TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT
**KHOA TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ VÀ QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI**

# HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC

## Công nghệ Địa không gian trong Khoa học Trái đất và Môi trường

National conference on Geospatial technology in Earth science and Environment

## NCGEE 2021





NXB TÀI NGUYÊN - MÔI TRƯỜNG VÀ BẢN ĐỒ VIỆT NAM

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT
**KHOA TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ VÀ QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI**

HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA

# CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN TRONG KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ MÔI TRƯỜNG

National Conference on Geospatial Technology in the Earth science and Environment (NCGEE 2021)

NHÀ XUẤT BẢNTÀI NGUYÊN - MÔI TRƯỜNG VÀ BẢN ĐỒ VIỆT NAM

# CÁC ĐƠN VỊ ĐỒNG TỔ CHỨC

Trường Đại học
Mỏ - Địa chất

Hội Trắc địa - Bản đồ
và Viễn thám Việt Nam

Cục Bản đồ,
Bộ Tổng tham mưu

Cục Đo đạc, Bản đồ
và Thông tin địa lý Việt Nam

Trường Đại học khoa học,
Đại học Huế

Cục Viễn thám Quốc gia,
Bộ Tài nguyên và Môi trường

Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ,
Bộ Tài nguyên và Môi Trường

Trung tâm Tư vấn Trắc địa và Xây dựng,
Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng,
Bộ Xây dựng

## CÁC ĐƠN VỊ TÀI TRỢ KIM CƯƠNG

Tổng công ty dầu Việt Nam PVOIL

Cục Bản đồ, Bộ Tổng tham mưu

Tổng công ty than Đông Bắc

Công ty cổ phần thiết bị SISC Việt Nam

Trung tâm Tư vấn Trắc địa và Xây dựng, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng

Trung tâm nghiên cứu ứng dụng công nghệ mới Trắc địa - Bản đồ, HUMG

Trung tâm Trắc địa và Bản đồ biển (SeaMap)

Trung tâm hỗ trợ phát triển khoa học kỹ thuật, HUMG

Công ty CP Dịch vụ Thương mại Khảo sát Hà Đông

## CÁC ĐƠN VỊ TÀI TRỢ VÀNG

Công ty TNHH công nghệ S.L.S

Công ty TNHH MTV máy trắc địa Nam Phương (South)

Công ty Cổ phần công nghệ Nguyễn Kim

Công ty CP Công nghệ hạ tầng cơ sở Aitogy

Đoàn Khảo sát các công trình điện - Công ty CP Tư vấn Xây dựng Điện 1 (PCCE1)

Công ty Cổ phần Xây dựng và thương mại QT Miền Bắc

## BAN TỔ CHỨC

1. GS.TS. Trần Thanh Hải, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Trưởng ban*
2. PGS.TS Lê Đức Tình, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
3. PGS.TS Bùi Ngọc Quý, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
4. TS Dương Thành Trung, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
5. PGS.TS Đỗ Quang Thiên, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế - *Phó Trưởng ban*
6. TS. Nguyễn Đại Đồng, Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam - *Ủy viên*
7. TS. Hoàng Minh Ngọc, Cục Bản đồ, Bộ Tổng tham mưu - *Ủy viên*
8. TS. Nguyễn Quốc Khánh, Cục Viễn Thám Quốc gia - *Ủy viên*
9. GS.TS. Võ Chí Mỹ, Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam - *Ủy viên*
10 TS. Diêm Công Huy, Viện khoa học Công nghệ xây dựng - *Ủy viên*
11. PGS.TS Trần Xuân Trường, Trường đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
12. PGS.TS Nguyễn Việt Hà, Trường đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
13. TS. Trần Thùy Dương, Trường đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
14. TS. Nguyễn Quốc Long, Trường đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
15. PGS.TS Nguyễn Văn Sáng, Trường đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*

## BAN KHOA HỌC

1. PGS.TS Lê Đức Tình, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Trưởng ban*
2. PGS.TS Bùi Ngọc Quý, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó trưởng ban*
3. TS. Dương Thành Trung, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó trưởng ban*
4. GS.TSKH. Hoàng Ngọc Hà, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
5. TS. Trần Thùy Dương, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
6. PGS.TS Trần Vân Anh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
7. PGS.TS Nguyễn Quang Minh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
8. PGS.TS Phạm Công Khải, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
9. PGS.TS Dương Vân Phong, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
10. PGS.TS Trần Khánh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
11. GS.TS Võ Chí Mỹ, Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam - *Ủy viên*
12. TS. Nguyễn Đại Đồng, Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam - *Ủy viên*
13. TS. Nghiêm Văn Tuấn, Cục viễn thám Quốc gia - *Ủy viên*
14. TS. Nguyễn Thị Thanh Hương, Viện khoa học đo đạc và Bản đồ - *Ủy viên*
15. PGS.TS Nguyễn Quang Tuấn, Đại học khoa học Huế - *Ủy viên*
16. TS. Trần Ngọc Đông, Viện khoa học Công nghệ xây dựng - *Ủy viên*

**BAN THƯ KÝ**

1. TS. Nguyễn Quốc Long, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Trưởng ban*
2. TS. Đinh Hải Nam, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
3. PGS.TS Nguyễn Văn Trung, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
4. TS. Phạm Trung Dũng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
5. ThS. Cao Xuân Cường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
6. ThS. Hoàng Thị Thủy, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*

**BAN BIÊN TẬP**

1. TS. Dương Thành Trung, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Trưởng ban*
2. TS. Phạm Quốc Khánh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
3. TS. Nguyễn Gia Trọng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
4. TS. Nguyễn Thị Kim Yến, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
5. TS. Trần Trung Anh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
6. TS. Phạm Văn Chung, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
7. TS. Lưu Anh Tuấn, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*
8. TS. Đỗ Thị Phương Thảo, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Ủy viên*

# LỜI NÓI ĐẦU

Cách mạng công nghiệp 4.0 đang là xu thế tất yếu và đã hiện hữu trong nhiều lĩnh vực của hoạt động sản xuất và đời sống kinh tế - xã hội. Công nghệ số, chuyển đổi số là những phát triển tất yếu là động lực tăng trưởng của nền kinh tế quốc gia trong đó lĩnh vực Địa không gian. Với mục tiêu chia sẻ cơ hội, phát huy tiềm năng ứng dụng của nghiên cứu khoa học trong đời sống số 4.0, Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất và một số đơn vị trong nước tổ chức Hội nghị khoa học toàn quốc về Công nghệ Địa không gian trong Khoa học Trái đất và Môi trường (National Conference on Geospatial Technology in the Earth science and Environment - NCGEE 2021). Hội nghị được tổ chức vào ngày 15 tháng 10 năm 2021 tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

Hội nghị là diễn đàn để các tổ chức, cá nhân đang hoạt động trong các lĩnh vực liên quan đến Công nghệ Địa không gian cùng nhau thảo luận, trao đổi học thuật và chia sẻ kinh nghiệm về chiến lược, kỹ thuật và khoa học công nghệ, để có những bước phát triển bền vững hiện đại nhất, hiệu quả nhất, đóng góp cho nền khoa học và kinh tế quốc gia. Hội nghị được tổ chức với sự phối hợp hiệu quả của các đơn vị: Hội Trắc địa - Bản đồ và Viễn thám Việt Nam; Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam; Cục Bản đồ, Bộ Tổng tham mưu; Cục Viễn thám Quốc gia, Bộ Tài nguyên và Môi trường; Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế; Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ, Bộ Tài nguyên và Môi Trường; Trung tâm Tư vấn Trắc địa và Xây dựng, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, Bộ Xây dựng và một số đơn vị khác.

Hội nghị được tổ chức thành 3 tiểu ban gồm: (1) Xử lý dữ liệu số trong quan trắc công trình, trái đất và môi trường; (2) Công nghệ mới trong viễn thám và địa tin học; (3) Quản lý địa không gian thông minh. Hội nghị đã nhận được trên 100 bài báo khoa học, trong đó 55 bài được lựa chọn đăng trong tuyển tập này. Ban tổ chức tin rằng Tuyển tập các công trình của Hội nghị khoa học toàn quốc về Công nghệ Địa không gian trong Khoa học Trái đất và Môi trường sẽ là một ấn phẩm khoa học có chất lượng, cập nhật tổng thể những tiến bộ gần đây trong lĩnh vực địa không gian.

Cuối cùng, thay mặt Ban tổ chức, tôi chân thành cảm ơn Đảng ủy, Hội đồng trường, Ban Giám hiệu Trường Đại học Mỏ - Địa chất và các đơn vị có liên quan đã tạo mọi điều kiện thuận lợi, góp phần vào thành công của Hội nghị. Đặc biệt, trân trọng cảm ơn các tác giả bài báo, các phản biện, các nhà khoa học và các nhà tài trợ đã có đóng góp quan trọng vì sự thành công chung của Hội nghị.

Thay mặt Ban tổ chức
Trưởng Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai

**PGS.TS Lê Đức Tình**

# MỤC LỤC

**TIỂU BAN 1: XỬ LÝ DỮ LIỆU SỐ TRONG QUAN TRẮC CÔNG TRÌNH, TRÁI ĐẤT VÀ MÔI TRƯỜNG** 1

BÌNH SAI HỖN HỢP LƯỚI MẶT ĐẤT VÀ GNSS PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG TỌA ĐỘ Ở VIỆT NAM 3
Hoàng Ngọc Hà

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP BÌNH SAI HÀM CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐO VÀ ỨNG DỤNG TRONG XỬ LÝ SỐ LIỆU TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH 17
Trần Khánh, Trần Thùy Linh

ỨNG DỤNG MẠNG LƯỚI TRẠM ĐỊNH VỊ VỆ TINH QUỐC GIA (VNGEONET) TRONG HOẠT ĐỘNG ĐO ĐẠC BẢN ĐỒ, NGHIÊN CỨU KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ MỘT SỐ LĨNH VỰC KHÁC TRONG THỜI KỲ CHUYỂN ĐỔI SỐ 25
Nguyễn Viết Quân, Vũ Đức Trung, Thân Văn Nam

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ SỐ LIỆU GNSS ỨNG DỤNG TRONG HỆ THỐNG QUAN TRẮC SHM CỦA CẦU DÂY VĂNG 33
Lê Văn Hiến, Lê Đức Tình

NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN MÁY THU GNSS ĐỘ CHÍNH XÁC CAO ỨNG DỤNG QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH CÔNG TRÌNH THEO THỜI GIAN THỰC 41
Phạm Công Khải

NGHIÊN CỨU SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC TRỊ ĐO MẶT ĐẤT ĐẾN ĐỘ CHÍNH XÁC BÌNH SAI LƯỚI GNSS 55
Nguyễn Đình Huy, Trần Đình Trọng, Lương Ngọc Dũng, Bùi Duy Quỳnh

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO BỘ ĐO BIẾN DẠNG CÔNG TRÌNH CẦU BẰNG THIẾT BỊ CẢM BIẾN VỊ TRÍ 61
Nguyễn Việt Hà, Nguyễn Hồng Ân

KHẢO SÁT ĐỘ CHÍNH XÁC ĐO GNSS CÓ ĐIỀU KIỆN ĐO BỊ CHE CHẮN BỞI CÁC LOẠI TÁN CÂY KHÁC NHAU 69
Nguyễn Gia Trọng, Nguyễn Viết Nghĩa, Đỗ Đình Thiên, Lý Lâm Hà, Phạm Ngọc Quang

THE INTEGRATION OF GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM KINEMATIC POSITIONING AND INERTIAL MEASUREMENT UNIT FOR HIGHLY DYNAMIC SURVEYING AND MAPPING APPLICATIONS 79
Duong Thanh Trung, Duong Van Tuan, Hoang Anh Tuan

ĐỀ XUẤT QUY TRÌNH QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH CÔNG TRÌNH SỬ DỤNG MÁY QUÉT LASER MẶT ĐẤT 87
Phạm Trung Dũng, Nguyễn Thị Kim Thanh, Trần Thùy Linh, Nguyễn Thị Hà, Nguyễn Thái Bình Dương

GIẢI PHÁP QUAN TRẮC ĐỘ NGHIÊNG CÁC BỒN CHỨA DẦU HÌNH TRỤ ĐỨNG 101
Trần Ngọc Đông

XÁC ĐỊNH HÀM HIỆP PHƯƠNG SAI TRONG TÍNH TOÁN DỊ THƯỜNG ĐỘ CAO TỪ SỐ LIỆU DỊ THƯỜNG TRỌNG LỰC 111
Nguyễn Thành Lê, Nguyễn Văn Sáng, Lê Thị Thanh Tâm

ĐỀ XUẤT MỘT PHƯƠNG PHÁP TÌM ĐIỂM LƯỚI CƠ SỞ KHÔNG ỔN ĐỊNH TRONG QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH CÔNG TRÌNH 119
Phạm Quốc Khánh, Trần Trung Anh, Nguyễn Thị Kim Thanh

GIẢI PHÁP XỬ LÝ SỐ LIỆU ĐO BẰNG MỘT SỐ THIẾT BỊ CẢM BIẾN TRONG QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH NGANG CÔNG TRÌNH 127
Lương Ngọc Dũng, Trần Đình Trọng, Nguyễn Đình Huy, Dương Công Hiếu, Bùi Duy Quỳnh, Vũ Đình Chiều, Hà Thị Hằng

BƯỚC ĐẦU XÁC ĐỊNH CHUYỂN DỊCH CHO MỘT SỐ TRẠM CORS KHU VỰC MIỀN BẮC VIỆT NAM SỬ DỤNG PHẦN MỀM GAMIT/GLOBK 137
Nguyễn Gia Trọng, Lương Thanh Thạch, Nguyễn Hà Thành, Nguyễn Văn Cương, Phạm Ngọc Quang

GIẢI PHÁP KẾT HỢP TRỊ ĐO GNSS/CORS VÀ TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ TRONG THÀNH LẬP BẢN ĐỒ TỶ LỆ LỚN 147
Hoàng Thị Thủy

XÁC ĐỊNH ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ CAO MỰC NƯỚC HỒ CHỨA TỚI ĐỘ LÚN TUYẾN ĐẬP CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN 151
Nguyễn Thị Kim Thanh, Trần Thùy Linh

MỘT SỐ ĐIỂM MỚI TRONG DỰ THẢO TCVN 9400:2021 159
Trần Ngọc Đông

QUAN TRẮC ĐỘ LÚN TRÊN CÁC TUYẾN ĐƯỜNG GIAO THÔNG 167
Ngô Văn Hợi

**TIỂU BAN 2: CÔNG NGHỆ MỚI TRONG VIỄN THÁM VÀ ĐỊA TIN HỌC** 177

CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN TRONG THAM MƯU VÀ BẢO ĐẢM ĐỊA HÌNH CHO CÁC HOẠT ĐỘNG CỦA QUÂN ĐỘI 179
Hoàng Minh Ngọc

ỨNG DỤNG GIS VÀ VIỄN THÁM THEO DÕI THỜI VỤ TRỒNG LÚA TẠI HUYỆN PHÚ VANG, TỈNH THỪA THIÊN HUẾ 183
Trương Đỗ Minh Phượng, Trịnh Ngân Hà, Nguyễn Văn Tiệp

XỬ LÝ TRANH CHẤP ĐẤT ĐAI DƯỚI SỰ TRỢ GIÚP CỦA ẢNH CHỤP TỪ MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI 189
Trần Trung Anh, Nguyễn Trường Khoa, Trần Trường Sinh

VAI TRÒ CỦA VỆ TINH TRỌNG LỰC GRACE TRONG THEO DÕI BIẾN ĐỘNG TÀI NGUYÊN NƯỚC TẠI KHU VỰC CÓ ĐỊA HÌNH ĐẶC TRƯNG Ở VIỆT NAM 197
Lê Tiến Duy, Lê Đức Tình, Nguyễn Dũng Dương, Lê Thị Liên

TÁI TẠO MÔ HÌNH VÀ KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG ĐƯỜNG HẦM BẰNG CÔNG 205

NGHỆ QUÉT LASER MẶT ĐẤT
Hoàng Thị Vân, Phạm Như Hách, Nguyễn Minh Hoàng, Lê Đình Hiển

GIẢI PHÁP PPK SỬ DỤNG TRẠM THAM CHIẾU ẢO CHO UAV 215
Lại Đức Trường, Dương Thành Trung, Hoàng Anh Tuấn

NGHIÊN CỨU TÍCH HỢP THIẾT BỊ PPK TEODRONE VỚI MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI TRONG CÔNG TÁC THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH TỶ LỆ LỚN 223
Nguyễn Việt Hà, Dương Anh Toàn, Nguyễn Hà

MỐI QUAN HỆ GIỮA HIỆN TƯỢNG ĐẢO NHIỆT ĐÔ THỊ VÀ MẬT ĐỘ DÂN SỐ CÁC QUẬN VÀ HUYỆN Ở THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH LẤY TỪ DỮ LIỆU ẢNH VỆ TINH HỒNG NGOẠI NHIỆT 231
Nguyễn Văn Trung, Phạm Văn Tùng, Nguyễn Thanh Bình, Phạm Ngọc Quân, Phan Văn Khoái, Đỗ Thanh Phong, Nguyễn Thanh Tuấn, Huỳnh Tấn Phước, Nguyễn Thị Thùy Linh

ỨNG DỤNG LANDSAT 8 VÀ GIS TRONG PHÂN TÍCH HIỆN TƯỢNG ĐẢO NHIỆT ĐÔ THỊ 241
Hà Thị Hằng, Khúc Thành Đông, Nguyễn Thu Huyền

XÂY DỰNG HỆ THỐNG THÔNG MINH QUẢN LÝ CHỦ ĐỘNG NỒNG ĐỘ KHÍ PHÁT THẢI TRONG KHÔNG KHÍ TẠI CÁC VÙNG CÔNG NGHIỆP 249
Lều Huy Nam, Lều Huy Đức

XÁC ĐỊNH DIỆN TÍCH NGẬP LỤT MIỀN TRUNG NĂM 2020 VÀ ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG ĐẾN LỚP PHỦ/SỬ DỤNG ĐẤT DỰA TRÊN NỀN TẢNG GOOGLE EARTH ENGINE 259
Trần Vân Anh, Trần Hồng Hạnh, Lê Thanh Nghị

XÁC ĐỊNH DẤU HIỆU KHAI THÁC KHOÁNG SẢN TẠI TỈNH YÊN BÁI TỪ ẢNH VỆ TINH SENTINEL-2 271
Lê Minh Huệ, Vũ Thị Thanh Hiên, Nguyễn Thị Phương Bắc, Trần Trường Giang, Đỗ Thị Phương Thảo, Trịnh Thị Thư

CÔNG TÁC TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ TRONG CÔNG NGHỆ MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI CÓ ĐỊNH VỊ TÂM CHỤP CHÍNH XÁC 281
Trần Trung Anh, Quách Mạnh Tuấn, Nguyễn Trung Hiếu, Đặng Thanh Tài

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG GIS VÀ NGÔN NGỮ LẬP TRÌNH PYTHON TRONG XÂY DỰNG BẢN ĐỒ DU LỊCH TRỰC TUYẾN QUẬN HOÀN KIẾM - HÀ NỘI 291
Hà Trung Khiên, Hà Thị Hằng, Vũ Thái Hà

TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐIỆN TOÁN ĐÁM MÂY GOOGLE EARTH ENGINE ĐỂ ĐÁNH GIÁ TÌNH TRẠNG HẠN HÁN TỪ DỮ LIỆU ẢNH VIỄN THÁM, THỬ NGHIỆM TẠI TỈNH BÌNH ĐỊNH 299
Phạm Thị Thanh Hòa, Nguyễn Minh Hải

KẾT HỢP ƯU ĐIỂM CỦA ẢNH VIỄN THÁM SIÊU CAO TẦN VÀ ẢNH QUANG HỌC TRONG THÀNH LẬP BẢN ĐỒ THỰC PHỦ/SỬ DỤNG ĐẤT 311
Trần Hồng Hạnh, Trần Vân Anh, Lê Thanh Nghị, Nguyễn Hữu Trung, Võ Thanh Bình, Nguyễn Minh Thuân

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐỊA TIN HỌC NGHIÊN CỨU TÁC ĐỘNG CỦA HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC THAN ĐẾN LỚP PHỦ BỀ MẶT KHU VỰC THÀNH PHỐ CẨM PHẢ, TỈNH QUẢNG NINH 319
Lê Thị Thu Hà, Nguyễn Văn Trung, Phan Văn Khoái, Nguyễn Giang Thọ, Nguyễn Ngọc Khoa, Nguyễn Đăng Phương, Võ Thị Tuyết, Nguyễn Hữu Trung

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG THÀNH LẬP BẢN ĐỒ TỶ LỆ LỚN TỪ ẢNH CHỤP BẰNG THIẾT BỊ BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI (UAV) CÓ XÁC ĐỊNH TỌA ĐỘ TÂM ẢNH 333
Phạm Xuân Hoàn, Lê Thị Kim Dung

**TIỂU BAN 3: QUẢN LÝ ĐỊA KHÔNG GIAN THÔNG MINH** 343

CÔNG TÁC ĐÀO TẠO NGUỒN NHÂN LỰC VỚI SỰ PHÁT TRIỂN NGÀNH ĐO ĐẠC VÀ BẢN ĐỒ VIỆT NAM 345
Hoàng Ngọc Lâm

ỨNG DỤNG GIS THÀNH LẬP BẢN ĐỒ NGẬP LỤT THỰC TẾ CHO THÀNH PHỐ ĐỒNG HỚI, HUYỆN QUẢNG NINH VÀ LỆ THỦY TỈNH QUẢNG BÌNH TRONG ĐỢT LŨ LỊCH SỬ THÁNG 10/2020 349
Lại Tuấn Anh, Trần Thanh Tùng, Lê Hải Trung, Nguyễn Quang Lương

CÔNG TÁC QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI NHỮNG YÊU CẦU TRONG THỜI KỲ CÔNG NGHIỆP HÓA, HIỆN ĐẠI HÓA ĐẤT NƯỚC 359
Nguyễn Thị Dung, Trần Xuân Miễn, Phạm Thị Kim Thoa

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG XÂY DỰNG HỆ THỐNG THÔNG TIN GIS TRONG QUẢN LÝ NGẬP LỤT, TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU CHO KHU VỰC LÕI THÀNH PHỐ CẦN THƠ 371
Trương Xuân Quang, Dương Anh Quân, Trương Vân Anh, Nguyễn Ngọc Hoan, Đỗ Đức Vinh, Phạm Thị Thanh Thủy, Đỗ Thị Thu Nga, Đặng Thị Khánh Linh, Trần Thị Hương

XÂY DỰNG CƠ SỞ DỮ LIỆU MÔI TRƯỜNG TRÊN NỀN WEBGIS: ỨNG DỤNG TẠI TỈNH BÀ RỊA - VŨNG TÀU 379
Trần Thanh Hà, Trần Thị Ngọc, Đoàn Thị Nam Phương, Đặng Xuân Trường, Hoàng Văn Thái, Trần Thị Chiến, Đinh Duy Kháng, Huỳnh Quốc Hùng

ỨNG DỤNG GIS ĐỂ XÂY DỰNG CƠ SỞ DỮ LIỆU DU LỊCH VÀ QUẢNG BÁ DU LỊCH ĐÔ THỊ DI SẢN THÀNH PHỐ HUẾ 387
Nguyễn Bích Ngọc, Trần Thị Phượng, Nguyễn Hoàng Khánh Linh

XÁC ĐỊNH NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT ĐẤT ĐÔ THỊ VÀ MỐI TƯƠNG QUAN CỦA NÓ VỚI CÁC CHỈ SỐ BỀ MẶT XÂY DỰNG (NDBI) VÀ CHỈ SỐ THỰC VẬT (NDVI) TRÊN CƠ SỞ SỬ DỤNG VỆ TINH LANDSAT 8 TẠI TỈNH HÀ NAM GIAI ĐOẠN 2017-2020 393
Lê Văn Ninh, Nguyễn Văn Thái, Nguyễn Thành Đô, Nguyễn Văn Dũng, Phạm Văn Giang, Nguyễn Thanh Hùng, Lại Tuấn Hiệp, Nguyễn Quốc Khuể, Hà Văn Thạch, Đỗ Đình Thắng, Nguyễn Văn Thanh, Bùi Thị Huyền Trang, Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Sơn, Trần Thanh Hà

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH ĐỊA CƠ NGHIÊN CỨU QUY LUẬT DỊCH CHUYỂN BIẾN DẠNG ĐỊA TẦNG ĐẤT ĐÁ VÀ BỀ MẶT ĐẤT DO ẢNH HƯỞNG KHAI THÁC LÒ CHỢ VỈA V7 MỎ THAN NAM MẪU QUẢNG NINH 399
Phạm Văn Chung, Vương Trọng Kha, Nguyễn Việt Hùng, Nguyễn Tiến Dũng, Huỳnh Trung Hiếu, Ngô Thành Trung, Đặng Anh Tuấn

LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY ASSESSMENT USING FREQUENCY RATIO: A CASE STUDY IN SON LA PROVINCE 409
Lai Tuan Anh, Quang Thanh Bui

NATURAL DISASTER RISK EXPOSURE MAPPING BY USING GIS - A CASE STUDY IN THE CORE CITY OF CAN THO 423
Tran Thi Mai Anh, Duong Anh Quan, Le Thi Nga, Nguyen Thanh Binh, Truong Xuan Quang, Truong Van Anh, Pham Van Hiep, Vu Thuy Duong, Hoang Van Huong

ỨNG DỤNG VIỄN THÁM PHÁT HIỆN VÀ PHÂN TÍCH THAY ĐỔI DIỆN TÍCH SỬ DỤNG ĐẤT/LỚP PHỦ ĐẤT TỈNH HÀ NAM GIAI ĐOẠN 2000-2020 431
Nguyễn Văn Thái, Lê Văn Ninh, Nguyễn Thành Đô, Nguyễn Văn Dũng, Phạm Văn Giang, Nguyễn Thanh Hùng, Lại Tuấn Hiệp, Nguyễn Quốc Khuể, Hà Văn Thạch, Đỗ Đình Thắng, Nguyễn Văn Thanh, Bùi Thị Huyền Trang, Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Sơn, Trần Thanh Hà

XU THẾ PHÂN BỐ NHIỆT ĐỘ NƯỚC BIỂN TẦNG MẶT VÙNG BIỂN ĐÔNG TỪ DỮ LIỆU VIỄN THÁM 437
Nguyễn Ngọc Tuấn, Đỗ Phương Thảo, Ninh Thị Kim Anh, Trần Thị Hương

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG TỔNG HỢP CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐỊA KỸ THUẬT TRONG ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ SẠT LỞ KHU VỰC NÚI VƯỜN GIÃ, XÃ TRƯỜNG YÊN, HUYỆN HOA LƯ, TỈNH NINH BÌNH 447
Lê Văn Cảnh, Cao Xuân Cường, Kiều Duy Thông, Phan Văn Bình, Nguyễn Quốc Long

TIỀM NĂNG VÀ ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN DU LỊCH SINH THÁI TÂM LINH GIAI ĐOẠN 2020-2030 TẠI HUYỆN GIA BÌNH, TỈNH BẮC NINH 457
Trần Xuân Miễn, Nguyễn Thị Huyền Trang, Đặng Thị Hoàng Nga

ỨNG DỤNG VIỄN THÁM VÀ GIS TRONG XÂY DỰNG CÁC BẢN ĐỒ THÀNH PHẦN HỖ TRỢ XÁC ĐỊNH NGUY CƠ BỆNH SỐT RÉT 467
Nguyễn Danh Đức, Lương Trung Hậu, Phạm Văn Hiệp

XÂY DỰNG CƠ SỞ DỮ LIỆU ĐỊA CHÍNH PHỤC VỤ CÔNG TÁC QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI TRÊN ĐỊA BÀN XÃ NGA MỸ HUYỆN PHÚ BÌNH (THÁI NGUYÊN) 477
Đỗ Thị Phương Thảo, Hoàng Xuân Nghiêm, Lương Trung Hậu, Nguyễn Trung Thành

XÂY DỰNG QUY TRÌNH TỰ ĐỘNG THÀNH LẬP MÔ HÌNH 3D TỪ DỮ LIỆU CỦA HỆ THỐNG CHỤP ẢNH & QUÉT LIDAR HÀNG KHÔNG 487
Lê Đình Hiển, Bùi Ngọc Quý, Hoàng Thị Vân, Nguyễn Minh Hoàng, Phạm Như Hách

THE GROUND BEHAVIOR MAP FOR CONSTRUCTION: A CASE STUDY IN THUA THIEN HUE PROVINCE, VIETNAM 497
Do Quang Thien, Nguyen Quang Tuan, DoThi Viet Huong, Tran Thanh Nhan, Nhan Nguyen Thi Thanh, Hoang Ngo Tu Do, Bui Thi Thu

ỨNG DỤNG MẠNG NƠ-RON HOPFIELD NHẰM TĂNG ĐỘ PHÂN GIẢI KHÔNG GIAN VÀ ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA MÔ HÌNH SỐ ĐỘ CAO DẠNG GRID 509
Nguyễn Thị Thu Hương, Nguyễn Quang Minh

ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC KẾT QUẢ PHÂN LOẠI ẢNH VỆ TINH QUANG HỌC KHU VỰC CÓ LỚP PHỦ HỖN HỢP ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN HỌC MÁY RANDOM FOREST 519
Phạm Minh Hải, Nguyễn Thị Ngọc Hồi, Hoàng Thị Thu Hà, Trần Hoàng Minh

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP ROBUST TRONG BÌNH SAI VÀ PHÂN TÍCH LƯỚI THỦY CHUẨN PHỤC VỤ CÔNG TÁC HIỆN ĐẠI HÓA HỆ THỐNG ĐỘ CAO Ở VIỆT NAM 527
Lưu Anh Tuấn, Hoàng Ngọc Hà

# TIỂU BAN 1

# XỬ LÝ DỮ LIỆU SỐ TRONG QUAN TRẮC CÔNG TRÌNH, TRÁI ĐẤT VÀ MÔI TRƯỜNG

# BÌNH SAI HỖN HỢP LƯỚI MẶT ĐẤT VÀ GNSS PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG TỌA ĐỘ Ở VIỆT NAM

**Hoàng Ngọc Hà**
*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*Tác giả liên hệ: hoanghakhcn@gmail.com*

**Tóm tắt:** Trong báo cáo trình bày quá trình xây dựng các mạng lưới trắc địa ở Việt Nam. Bắt đầu từ những năm 90 của thế kỷ 20 công nghệ GPS đã được đưa vào Việt Nam. Từ đó bài toán xử lý số liệu trắc địa không chỉ với các trị đo mặt đất truyền thống, mà phải tính toán kết hợp với kết quả xử lý GPS/ GNSS. Các kết quả này đã góp phần xây dựng hệ tọa độ Quốc gia VN 2000 và xây dựng luận cứ khoa học tính toán bình sai hệ độ cao ở Việt Nam. Trong báo cáo tập trung nghiên ứng dụng phương pháp chia khối Helmert để bình sai hỗn hợp lưới GNSS đo baseline và có dữ liệu CORS và lưới mặt đất. Thực hiện ví dụ tính toán với lưới trắc địa thực nghiệm để minh họa. Định hướng các vấn đề cần nghiên cứu trong tương lai để phát triển các hệ thống tọa độ phục vụ phát triển bền vững ở Việt Nam.

**Từ khóa**: GNSS, Hệ tọa độ, Bình sai, CORS.

## 1. Đặt vấn đề

### *1.1. Hình thành và phát triển Hệ thống tọa độ*

#### *1.1.1. Xây dựng và phát triển lưới mặt bằng ở nước ta*

Từ năm 1959 mạng lưới thiên văn-trắc địa ở miền Bắc được xây dựng là một mạng lưới tam giác dày đặc gồm 339 điểm hạng I và 696 điểm hạng II với 13 cạnh đáy, 13 phương vị Laplace và 13 điểm thiên văn. Cạnh lưới tam giác hạng I dài trung bình 25 km (dài nhất là 42 km, ngắn nhất là 9 km). Lưới tam giác hạng II phát triển dưới dạng chêm dày vào lưới tam giác hạng I. Chiều dài cạnh trung bình là 14 km, khoảng cách giữa các đường đáy khoảng 130 km. Mạng lưới hạng I được chia làm 3 khu (khu Đông, khu Tây I và khu Tây II) có độ gối phủ thành 2 hàng điểm để tính toán bình sai chia nhóm Pranhic-Pranhevich. Các cạnh đáy, góc phương vị được tính toán trước trên mặt phẳng chiếu Gauss để sử dụng làm số liệu khởi tính và coi không có sai số. Hệ thống tọa độ được tính chuyền từ điểm núi Ngũ Lĩnh (Trung Quốc). Lưới hạng II được bình sai theo phương pháp gián tiếp.

Từ 1977-1983 đã triển khai đo đạc lưới tam giác hạng I khu vực Bình-Trị-Thiên từ vĩ độ 16º10’ đến vĩ độ 17º10’ nối tiếp với lưới thiên văn-trắc địa miền Bắc. Mạng lưới gồm 25 điểm, trong đó có 3 điểm đo trùng với lưới thiên văn-trắc địa miền Bắc và 22 điểm mới được bố trí như khoá tam giác kép giữa hai cạnh mở rộng có xác định góc phương vị Laplace, Chiều dài cạnh trung bình từ 20 đến 25 km các góc đo bằng máy kinh vỹ Wild-T3. Sau bình sai, sai số trung phương trọng số đơn vị đạt: $\mu = \pm 0{,}50$”.

Năm 1983 đã triển khai xây dựng mạng lưới tam giác hạng II dày đặc ở khu vực miền

Trung gồm 351 điểm từ vĩ độ 10º30' đến 16º25' và từ kinh độ 107º50' đến 109º13'. Hai đầu cạnh đáy đo 26 điểm thiên văn và 13 phương vị, chiều dài cạnh trung bình từ 10-15 km. Các góc được đo với sai số trung phương đo góc tính theo công thức Pherero nhỏ hơn 1,00".

Lưới đường chuyền hạng II khu vực miền Tây Nam Bộ có 124 điểm, khu vực miền Đông có 50 điểm. Cứ khoảng 10-15 cạnh bố trí đo 1 phương vị thiên văn (tổng số có 8 cạnh đo phương vị thiên văn).

### *1.1.2. Xây dựng và phát triển lưới độ cao ở nước ta*

- Xây dựng mạng lưới ở miền Bắc (1959-1964), xác định mực nước biển trung bình với dãy số liệu nghiệm triều 10 năm (1955-1964) và gốc độ cao, sai số trung phương trên 1 km độ cao đạt: m = ± 1,84 mm, công bố hệ độ cao Hải Phòng-1972. Xây dựng mạng lưới ở miền Nam theo hệ độ cao Hà Tiên (trước năm 1975), sai số trung phương trên 1 km độ cao đạt: m = ± 2,2 mm.

- Xây dựng mạng lưới thống nhất trên cả nước (1981-1991), xác định mực nước biển trung bình với dãy số liệu nghiệm triều 43 năm (1950-1992), bình sai tổng thể mạng lưới hạng I, II (1996). Sai số trung phương trên 1 km độ cao đạt: m = ± 2,9 mm.

- Hoàn chỉnh mạng lưới độ cao quốc gia hạng I, II gồm khôi phục những mốc bị mất hoặc bị phá hủy, đo lưới độ cao gốc, đo toàn bộ mạng lưới (2001-2004), bình sai tổng thể mạng lưới hạng I, II và lưới gốc với độ cao khởi tính là độ cao của điểm gốc Đồ Sơn xác định năm 1992. Sai số trung phương trên 1 km độ cao hạng I đạt: m = ± 1,04 mm; sai số trung phương trên 1 km độ cao hạng II đạt: m = ± 2,6 mm.

Lưới độ cao hạng III, IV được xây dựng trên cơ sở lưới độ cao hạng I, II và được bình sai riêng. Từ năm 1995 khi xây dựng các mạng lưới địa chính cơ sở, một số điểm trong các lưới địa chính cơ sở (lưới tọa độ hạng III) được đo nối độ cao, xác định độ cao theo phương pháp GPS-thủy chuẩn sử dụng mô hình Geoid toàn cầu EGM-96, và bình sai tính toán độ cao cho tất cả các điểm địa chính cơ sở. Độ chính xác độ cao của các điểm địa chính cơ sở được đánh giá tương đương thủy chuẩn hạng IV ở khu vực đồng bằng và tương đương thủy chuẩn kỹ thuật ở vùng núi. Hiện nay Bộ Tài nguyên và môi trường đang triển khai dự án Hiên đại hóa Hệ độ cao ở nước ta.

### *1.1.3. Xây dựng và phát triển lưới không gian 3D ứng dụng công nghệ GPS/GNSS ở nước ta*

Lưới GPS cạnh ngắn đã được xây dựng tại các khu vực có điều kiện địa hình đặc biệt khó khăn (ở Minh Hải, Tây Nguyên, Sông Bé (cũ)) đã áp dụng công nghệ GPS để phủ lưới tọa độ ở các khu vực này. Khu đo Minh Hải gồm 15 điểm, trong đó có 5 điểm trùng với lưới đường chuyền hạng II miền Tây Nam bộ và 10 điểm mới được xây dựng dạng tam giác dày đặc, mỗi tam giác tạo thành từ 3 điểm đặt máy GPS. Chiều dài cạnh ngắn nhất là 10 km, dài nhất là 40 km (trung bình 25 km). Khu đo Sông Bé gồm 37 điểm được xây dựng dạng tam giác dày đặc.. Chiều dài cạnh ngắn nhất 13 km, dài nhất 42 km (trung bình 27 km). Khu đo Tây Nguyên gồm 65 điểm thiết kế cũng giống như hai mạng lưới trên.

Lưới GPS cạnh dài trên đất liền và trên biển, năm 1992 đã tiến hành xây dựng lưới trắc

địa biển bằng công nghệ GPS để đo nối tọa độ các điểm trên đảo với hệ tọa độ trên đất liền. Mạng lưới gồm 36 điểm, trong đó 9 điểm thuộc các mạng lưới tam giác, đường chuyền dọc theo bờ biển, 9 điểm trên các đảo lớn như Bạch Long Vỹ, Cô Tô, Hòn Ngư, Cồn Cỏ, Phú Quý, Côn Đảo, Hòn Khoai, Thổ Chu, Phú Quốc và 18 điểm trên quần đảo Trường Sa.

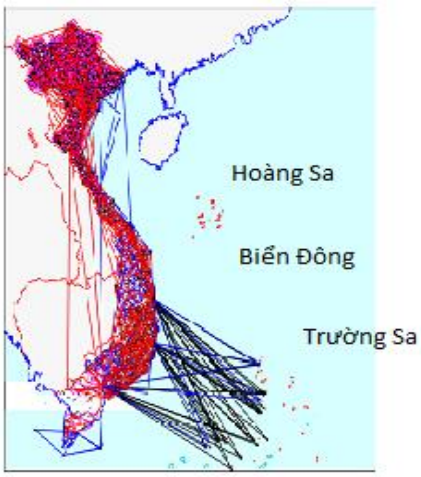
Năm 1993, đã tiến hành đo lưới GPS cạnh dài nhằm nối một số điểm trong các lưới tam giác, đường chuyền từ Bắc đến Nam để tăng cường tọa độ cho lưới tọa độ Nhà nước. Mạng lưới gồm 10 điểm trùng với các điểm trên mặt đất đã xây dựng. Toàn bộ lưới GPS cạnh dài trên đất liền và trên biển tạo thành một mạng lưới cạnh dài chung phủ trùm toàn bộ lãnh thổ cả nước. Lưới có cạnh dài nhất là 1200 km, ngắn nhất là 160 km.

Mạng lưới GPS cấp "0" được xây dựng nhằm kiểm tra chất lượng của các lưới hạng I và hạng II đã xây dựng, kết nối thống nhất và tăng cường độ chính xác cho các lưới này, xác định hệ quy chiếu quốc gia, xây dựng lưới điểm tọa độ Nhà nước, nghiên cứu biến động vỏ trái đất, chuyển dịch lục địa và để đo nối với lưới tọa độ khu vực và quốc tế.

Lưới thiết kế gồm 69 điểm, trong đó 68 điểm trùng với các điểm hạng I và hạng II đã đo, một điểm mới ở Hà Nội. Chiều dài cạnh trung bình là 70 km. Ngoài ra còn đo nối nhiều điểm quan trọng với nhau như: Hà Nội-Quảng Bình, Hà Nội-Đà Nẵng, Hà Nội-Nha Trang, Hà Nội-TP Hồ Chí Minh…, sơ đồ tổng thể lưới mặt bằng và lưới GPS/GNSS ở nước ta được thể hiện ở hình 1.

Các trạm CORS được xây dựng tới nay là 65 trạm, trong đó có 24 trạm Geodetic CORS phân bố đều trên toàn lãnh thổ Việt Nam với khoảng cách giữa các trạm từ 150 km đến 200 km và 41 trạm NRTK CORS tại các khu vực trọng điểm với mật độ từ 50 km đến 80 km/trạm. Trong đó Miền Bắc 14 trạm; Miền Trung 7 trạm; Tây Nguyên và Nam Bộ 20 trạm và 01 Trạm xử lý và điều khiển trung tâm tại Hà Nội. Giai đoạn tiếp theo sẽ từng bước chêm dày các trạm NRTK CORS tại các khu vực còn lại, tiến tới phủ trùm trên toàn lãnh thổ.

### 1.2. Ứng dụng và phát triển lý thuyết xử lý số liệu




*Hình 1. Sơ đồ tổng thể lưới mặt bằng và lưới GPS ở Việt Nam*

Bắt đầu từ những năm 60 của thế kỷ XX công tác bình sai tính toán lưới trắc địa trên phạm vi miền Bắc đã được triển khai. Lưới tam giác hạng I và II phủ trùm miền Bắc đã được tính toán, bình sai bằng phương pháp chia khu (3 khu). Năm 1972 lưới trắc địa miền Bắc được bình sai, trong đó có 68 điểm thiên văn và được công bố sử dụng Hệ tọa độ Hà nội -72 (HN-72). Năm 2000 Hệ tọa độ VN-2000 được công bố trên cơ sở định vị Ellipxoid WGS-84 phù hợp với lãnh thổ Việt Nam và bình sai tổng thể lưới hạng I, II và GPS …

Nhìn chung công tác xử lý số liệu trắc địa trong những năm qua ở nước ta phát triển nhanh chóng. Trong các trường đại học và viện nghiên cứu đã công bố nhiều bài báo, giáo trình, sách chuyên khảo về phát triển lý thuyết bình sai, dựa trên nguyên tắc số bình phương nhỏ nhất, cả lưới tự do và không tự do, ứng dụng các phương pháp địa thống kê, ví dụ [2, 4, 5, 8]...

Từ khi công nghệ vệ tinh được ứng dụng rộng rãi trong trắc địa, bài toán bình sai hỗn hợp lưới mặt đất và vệ tinh được sự quan tâm đặc biệt trong các công trình nghiên cứu ở Việt Nam. Và đây trở thành bài toán tổng quát trong lý thuyết bình sai trắc địa vì phải xử lý hỗn hợp các loại trị đo có bản chất khác nhau và trong các hệ quy chiếu và hệ tọa độ khác nhau [1, 2, 5, 6]...

Trên thế giới, các mô hình bình sai hỗn hợp lưới mặt đất và GPS/GNSS được đề cập trong một số công trình, ví dụ như [3, 9, 11].... Đáng chú ý là kinh nghiệm trong việc bình sai lại mạng lưới Quốc gia của Hoa Kỳ để thành lập hệ tọa độ NAD 83, trong đó sử dụng cả số liệu đo mặt đất và GPS [11].

Việc phát triển các trạm CORS ở Việt Nam trong những năm gần đây đặt ra bài toán mới cho công tác tính toán bình sai, đó là trong dữ liệu đầu vào cần đưa thêm thông tin từ các trạm CORS như tọa độ B, L, H trong hệ tọa độ động với độ chính xác cao nhằm kiểm tra kết quả tính toán bình sai, tăng độ chính xác bình sai lưới và có thể xác định được tọa độ các điểm lưới vào các thời điểm khác nhau. Trong bài báo này, chúng tôi tập trung nghiên cứu phương pháp bình sai với một mô hình mới của lưới trắc địa hiện đại, đó là lưới bao gồm trị đo mặt đất như đo góc, đo cạnh cà có các trị đo GNSS baseline và có số liệu B, L, H của các điểm trạm CORS. Để xử lý cả trường hợp lưới có số lượng điểm lớn, trong nghiên cứu đề xuất ứng dụng phương pháp bình sai chia khối Helmert kết hợp lý thuyết bình sai với sai số số liệu gốc.

## 2. Lý thuyết bình sai hỗn hợp lưới mặt đất và GNSS

### *2.1. Bình sai trong hệ tọa độ không gian đo $\Delta X$, $\Delta Y$, $\Delta Z$*

Nếu ký hiệu ΔrS = (... ΔXijS ΔYijS ΔZijS ... )T- - vector của gia số tọa độ các điểm GPS.

$$\Delta rS + C\Omega + V = \Delta r(.0) + A\,\delta r \qquad (1)$$

δr - vector các số hiệu chỉnh tọa độ các điểm trùng; Δr(.0) - vector của baseline tính theo tọa độ gần đúng, Ω - vectơ các tham số tính chuyển. ΩT= (ex ey ez m).

Ở đây ex, ey, ez là các góc xoay Euler, m là hệ số tỷ lệ.

Ma trận C được xác định từ các ma trận khối sau:

$$C_s = \begin{bmatrix} 0 & -\Delta Zs & Ys & \Delta Xs \\ \Delta Zs & 0 & -\Delta Xs & \Delta Ys \\ -\Delta Ys & \Delta Xs & 0 & \Delta Zs \end{bmatrix} \quad (2)$$

Ma trận A được xác định từ các khối:

$$AT = (\ A1T\ \ A2T...AnT\ )$$

$$Ai = (\ldots\text{-}E\ \ldots\ E\ldots)\ \ ;\ (i=1,2,...n).$$

với E3x3 - ma trận đơn vị.

Hệ phương trình các số hiệu chỉnh có dạng:

$$V = A\ \delta r - C\Omega + LS \quad (3)$$

$$LS = (.\Delta r(.0) - \Delta r)$$

Với ma trận trọng số là QΔr có được từ các trị đo baseline.

Thành lập hệ phương trình các số hiệu chỉnh với các điểm trùng:

$$V = \delta r + L;\ \text{với}\ Pt = Qt\text{-}1 \quad (4)$$

Giải hệ (3) và (4) với điều kiện:

$$VT.\ Q\text{-}1\Delta rs\ \ V + VT\ Pt\ V = \min \quad (5)$$

Chúng ta thành lập được hệ phương trình:

$$\begin{pmatrix} A^T P\Delta r^S A & -A^T P\Delta r^S C \\ & C^T P\Delta r^S C \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \delta r \\ \delta\Omega \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A^T P\Delta r^S L \\ -C^T P\Delta r^S L \end{pmatrix} = 0 \quad (6)$$

Ma trận PΔrs = Q.-1Δrs.

Cuối cùng chúng ta có hệ phương trình chuẩn như sau:

$$\begin{pmatrix} A^T P\Delta r^S A + R_t & -A^T P\Delta r^S C \\ & C^T P\Delta r^S C \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \delta r \\ \delta\Omega \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A^T P\Delta r^S L \\ -C^T P\Delta r^S L \end{pmatrix} = 0 \quad (7)$$

## 2.2. Bình sai trong hệ tọa độ phẳng

### *2.2.1. Tính chuyển baseline thành gia số tọa độ Δx, Δy*

Nếu ký hiệu ΔrS = (... ΔxijS  ΔyijS ... )T- - vector của gia số tọa độ phẳng của các điểm GPS.

$$\Delta rS + \Delta B\ U + V = \Delta r(12.0) + A\ \delta r \quad (8)$$

δr - vector các số hiệu chỉnh tọa độ x, y các điểm trùng;

Δr(12.0) - vector của gia số tọa độ tính theo tọa độ gần đúng.

$$U = (\ \alpha\ m\ )T \quad (9)$$

Ma trận C được xác định từ các ma trận khối sau:

$$C_i = \begin{pmatrix} \Delta Y & \Delta X \\ -\Delta X & \Delta Y \end{pmatrix} \quad (10)$$

Ma trận A được xác định từ các khối:

$$Ai = (\ldots\text{-}E \ldots E\ldots) \quad (11)$$

$E_{2\times2}$ - ma trận đơn vị.

$$V = A\,\delta r - C\,U + LS \quad (12)$$

$$LS = (\Delta r(0) - \Delta r) \quad (13)$$

với ma trận trọng số là $Q\Delta r$ có được từ các trị đo baseline.

Thành lập hệ phương trình các số hiệu chỉnh với các điểm trùng:

$$V = \delta r + l;\ \text{với}\ Pt = Qt \quad (14)$$

Giải hệ (12) và (13) với điều kiện:

$$VT.\ Q\text{-}1\Delta rV + VT\ Pt\ V = \min \quad (15)$$

Chúng ta thành lập được hệ phương trình:

$$\begin{pmatrix} A^T P\Delta rA & -A^T P\Delta rC \\ & C^T P\Delta rC \end{pmatrix}\begin{pmatrix}\delta r \\ \delta U\end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A^T P\Delta rL \\ -C^T P\Delta rL\end{pmatrix} = 0 \quad (16)$$

Ma trận $P\Delta r = Q\text{-}1\Delta r$.

Cuối cùng chúng ta có hệ phương trình chuẩn như sau:

$$\begin{pmatrix} A^T P\Delta rA + R_t & -A^T P\Delta rC \\ & C^T P\Delta rC \end{pmatrix}\begin{pmatrix}\delta r \\ \delta U\end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A^T P\Delta r\ L \\ -C^T P\Delta r\ L\end{pmatrix} = 0 \quad (17)$$

Trong trường hợp hệ tọa độ phẳng mặt đất và GPS song song và cùng tỷ lệ (ví dụ hệ VN-2000 với lưới chiếu UTM) chúng ta có hệ phương trình chuẩn như sau:

$$(AT\ \ P\Delta rA + Rt)\ \delta r + ATP\Delta r\ L = 0 \quad (18)$$

Trong trường hợp này dễ dàng nhận thấy để tính toán bình sai , ngoài phương trình các số hiệu chỉnh lưới mặt bằng (đối với các trị đo góc và đo cạnh) chúng ta ta có thêm các trị đo là các số gia tọa độ $\Delta x$, $\Delta y$ với ma trận trọng số $P\Delta r$ được tính từ ma trận trọng số đảo của các trị đo GPS $\Delta X$, $\Delta Y$, $\Delta Z$. Trong nhiều trường hợp chỉ cần xét các thành phần đường chéo của ma trận $P\Delta r$.

### *2.2.3. Phương pháp bình sai chia khối Helmert kết hợp công thức truy hồi để xử lý hỗn hợp với số liệu trạm CORS*

Mạng lưới được chia thành k khối có các vùng chung mà số hiệu điểm được đánh số cuối cùng. Chúng ta có hệ phương trình chuẩn:

$$\left.\begin{aligned} R_1x_1 + \ldots \quad + R_{1,k+1}x_{k+1} + b_1 = 0 \\ R_2x_2 + \ldots + R_{2,k+1}x_{k+1} + b_2 = 0 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ R_kx_k + R_{k1+k}x_{k+1} + b_k = 0 \\ R_{1.k+1}x_1 + R_{2.k+1}x_2 + \ldots + R_{k+1}x_{k+1} + b_{k+1} = 0 \end{aligned}\right\} \quad (19)$$

Ở đây vector $x_i$ (i = 1,2 ... k) vector của các ẩn số của các khối i, $x_{k+1}$ ẩn số của các điểm chung. Từ k phương trình đầu chúng ta có:

$$x_i = -R_i^{-1} R_{i1\,k+1}\, x_{k+1} - R_i^{-1} b_i \quad (20)$$

Thay thế biểu thức (20) vào phương trình cuối cùng của hệ (19) chúng ta có:

$$\mathbf{R}_0\, x_{k+1} + \mathbf{b}_0 = 0 \quad (21)$$

Ở đây ma trận $R_0$ có dạng như sau:

$$R_0 = R_{k+1} - \sum_{i=1}^{k} R_{i,k+1}^T R_i^{-1} R_{k+1} \quad (22)$$

Vec tơ $b_0$ :

$$b_0 = b_{k+1} - \sum_{i=1}^{k} R_{i,k+1}^T R_i^{-1} b_{k+1} \quad (23)$$

Kết quả giải hệ phương trình (21) chúng ta được vector ẩn số $x_{k+1}$ đối với các điểm ẩn số chung cũng như ma trận trọng số đảo.

$$Q_0 = R_0^{-1} \quad (24)$$

Các khối của ma trận trọng số đảo của các vector ẩn số $x_i$ sẽ là:

$$Q_i = R_i^{-1} + R_i^{-1} R_{i,k+1} Q_0 R^t_{i,k+1} R_i^{-1} \quad (25)$$

$$Q_{i,k+1} = -R_i^{-1} R_{i,k+1} Q_0 \quad (26)$$

$$Q_{i,j} = -R_{i-1} R_{i,k+1} Q_0 R_{i,k+1} R_j^{-1} \quad (27)$$

Vector ẩn số $x_i$ sau bình sai được tính theo công thức (20).

Đánh giá độ chính xác của ẩn số và hàm số sai số trung phương trọng số đơn vị μ được tính theo công thức:

$$\mu = \sqrt{\frac{\Phi}{n-k}} \quad (28)$$

ở đây: $\Phi = V^t P V$ (39)

n - số trị đo; k - số ẩn số.

Φ sẽ tính theo công thức

Chúng ta có công thức tính ma trận:

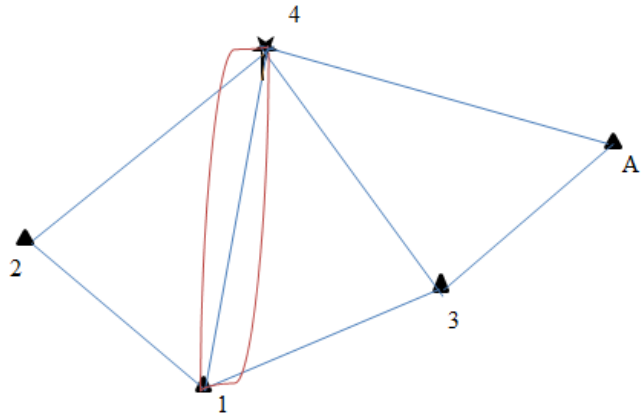
$$Q_i = R_i^{-1} + \bar{R}_{i,k+1}\, Q_0\, \bar{R}^t_{i,k+1} \quad (30)$$

Để tính trọng số đảo của hàm số chúng ta áp dụng công thức:

$$1/p_f = fQ_i f_i^T = fR_i^{-1} f + fR_i^{-1} R_{i,k+1}\, Q_0\, R^T_{i,k+1} R_i^{-1} f^T \quad (31)$$

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Để tính toán thực nghiệm minh họa lý thuyết, chúng ta sẽ xem xét một ví dụ bình sai lưới đo baseline GNSS kết hợp đo góc mặt đất và sử dụng dữ liệu trạm CORS ở mô hình 2D. Sơ đồ lưới thực nghiệm được trình bày ở hình 1. Trên hình vẽ điểm 4 là điểm có tọa độ x, y được tính từ B, L, H từ điểm trạm CORS. Các số liệu tọa độ điểm gốc A và giá trị gần đúng của các điểm cần xác định được cho ở bảng 1.




*Hình 2. Sơ đồ lưới hỗn hợp*

*Bảng 1.Toạ độ điểm gốc*

| Tên điểm | X(m) | Y(m) |
|---|---|---|
| A | 2346338,229 | 584158,755 |

*Bảng 2. Toạ độ gần đúng của các điểm 1,2,3,4.*

| TT | Tên điểm | X(m) | Y(m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2346656,797 | 583129,927 |
| 2 | 2 | 2347435,086 | 582126,314 |
| 3 | 3 | 2346874,288 | 582427,047 |
| 4 | 4 | 2347247,324 | 582868,946 |

*Bảng 3. Số liệu đo góc mặt đất*

| TT | Góc đo | Giá trị (° ′ ″) |
|---|---|---|
| 1 | 2 3 4 | 78 2 3,00 |
| 2 | 4 3 1 | 57 21 47,00 |
| 3 | 4 1 A | 131 2 54,00 |
| 4 | A 4 1 | 30 58 45,00 |
| 5 | 1 4 3 | 73 40 23,00 |
| 6 | 3 4 2 | 54 21 34,00 |
| 7 | 1 A 4 | 17 58 25,00 |

*Bảng 4. Số liệu đo Baseline lưới GNSS chuyển về DX, DY*

| TT | Baseline | DX(m) | DY(m) |
|---|---|---|---|
| 1 | A - 4 | 909,108 | -1289,791 |
| 2 | A - 1 | 318,572 | -1028,84 |
| 3 | 3 - 2 | 560,79 | -300,745 |
| 4 | 4 - 3 | -373,038 | -441,892 |
| 5 | 1 - 4 | 590,521 | -260,991 |
| 6 | 4 - 2 | 187,76 | -742,625 |
| 7 | 1 - 3 | 217,49 | -702,886 |

Trong ví dụ cụ thể này, chúng ta chia lưới thành 2 khối và 1 khối chung. Khối 1 bao gồm điểm gốc A và điểm 1. Khối 2 bao gồm điểm 2. Khối 3 là khối chung bao gồm điểm 3 và 4.

Trong phương pháp bình sai khối điều khiển [1 , 5] sử dụng để bình sai tổng thể lưới tọa độ Quốc gia Việt Nam (VN-2000), khối điều khiển bao gồm khối chung và các điểm GPS cạnh dài nối giữa các khối. Đã áp dụng phép khử các góc định hướng đối với các trị đo hướng trong các khối. Riêng đối với khối điều khiển vẫn thành lập hệ phương trình các số hiệu chỉnh theo trị đo hướng. Trong phương pháp khối điều khiển đã áp dụng kỹ thuật ma trận thưa để giải hệ phương trình và tính ma trận nghịch đảo trong từng khối. Chúng ta có các ma trận khối như sau:

$$R_{11} = \begin{pmatrix} 2278097 & -33064 \\ -33064 & 1762436 \end{pmatrix}$$

$$R_{13} = \begin{pmatrix} -455554{,}715 & -28500{,}144 & -1412255{,}6 & 1778{,}808536 \\ 19889{,}67945 & -337559{,}40 & -27770{,}1234 & -1051916{,}11 \end{pmatrix}$$

$$R_{22} = \begin{pmatrix} 737959{,}6913 & 70142{,}56444 \\ 70142{,}56444 & 332155{,}1717 \end{pmatrix}$$

$$R_{23} = \begin{pmatrix} -254325{,}136 & 371{,}381707 & -483634{,}55 & -70513{,}944 \\ -47416{,}927 & -103784{,}73 & -22725{,}636 & -228370{,}437 \end{pmatrix}$$

$$R_{33} = \begin{pmatrix} 1129936{,}289 & -6976{,}99113 & -420056{,}439 & 34504{,}23487 \\ -6976{,}99113 & 664917{,}7448 & 35105{,}75433 & -223573{,}604 \\ -420056{,}439 & 35105{,}75433 & 2787060{,}631 & -61879{,}4 \\ 34504{,}23487 & -223573{,}604 & -61879{,}4 & 1989035{,}495 \end{pmatrix}$$

Ma trận:

$$0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$E = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Ma trận $Q_g = Q_{x,y}$. $Q_g$ là ma trận trọng số đảo của của điểm gốc trong lý thuyết bình sai với sai số số liệu gốc. Ma trận $Q_{x,y}$ được xác định như sau:

Từ tọa độ trắc địa B, L, H và ma trận hiệp phương sai của điểm trạm CORS (trong ví dụ đang xem xet là điểm 4), chúng ta tính tọa độ phẳng x, y và ma trận trọng số đảo $Q_{x,y}$. Do ma trận trọng số đảo $Q_{x,y}$ đối với tọa độ điểm trạm CORS có các thành phần nhỏ, nên ma trận $P_{x,y} = Q_{x,y}^{-1}$ sẽ là ma trận có thành phần đường chéo lớn. Để thuận lợi cho việc tính toán chúng ta áp dụng công thức truy hồi [8] để tính ma trận đảo như sau:

$$(R_0 + B^T Q_{x,y} B)^{-1} = Q_0 - Q_0 B (Q_{x,y} + B Q_0 B^T)^{-1} B^T Q_0. \quad (32)$$

Tính toán theo công thức (33), chúng ta có ma trận khối $Q_{33}$ như sau:

$Q_{33}=10^{-7}$ .

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2,624220909 | 21,11475 | 2,001009 | 11,55226 |
| 16,68916015 | 2,001009 | 27,71968 | 1,669415 |
| 1,753176883 | 11,55226 | 1,669415 | 12,62114 |
| 12,59851462 | 1,913412 | 11,48816 | 1,904487 |

Ma trận trọng số đảo sau bình sai sẽ là:

$Q= 10^{-7}$.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13,03403891 | 1,749350566 | 10,59873288 | 1,966601269 | 11,43189236 | 1,950037487 | 10,17862223 | 1,8429447 |
| 1,749350566 | 14,06455025 | 1,639185166 | 10,75084519 | 1,683484592 | 12,20620382 | 1,715893422 | 10,072615 |
| 10,59873288 | 1,639185166 | 26,96554507 | -0,99883034 | 14,78020461 | 1,281173171 | 12,2672712 | 1,9577235 |
| 1,966601269 | 10,75084519 | -0,99883034 | 44,68858137 | 2,624220909 | 16,68916015 | 1,753176883 | 12,598515 |
| 11,43189236 | 1,683484592 | 14,78020461 | 2,624220909 | 21,11474955 | 2,001009102 | 11,55226429 | 1,9134118 |
| 1,950037487 | 12,20620382 | 1,281173171 | 16,68916015 | 2,001009102 | 27,71967522 | 1,669415035 | 11,488161 |
| 10,17862223 | 1,715893422 | 12,2672712 | 1,753176883 | 11,55226429 | 1,669415035 | 12,62114101 | 1,9044868 |
| 1,842944683 | 10,07261472 | 1,957723471 | 12,59851462 | 1,913411821 | 11,48816065 | 1,904486838 | 13,117622 |

Ve ctơ các ẩn số hiệu chỉnh tọa độ 4 điểm sẽ là:

$$dx= \begin{bmatrix} 0{,}011221 \\ 0{,}007953 \\ 0{,}004025 \\ 0{,}0047 \\ 0{,}009043 \\ 0{,}005373 \\ 0{,}007037 \\ 0{,}003289 \end{bmatrix}$$

Kết quả tính toán tọa độ và sai số trung phương của các điểm tương ứng sau bình sai được thể hiện ở bảng 5.

*Bảng 5. Toạ độ và sai số trung phương vị trí điểm sau bình sai*

| TT | Điểm | X(m) | Y(m) | MX(m) | My(m) | Mp(m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2346656,808 | 583129,935 | 0,006 | 0,006 | 0,008 |
| 2 | 2 | 2347435,090 | 582126,319 | 0,008 | 0,010 | 0,012 |
| 3 | 3 | 2346874,299 | 582427,055 | 0,007 | 0,008 | 0,010 |
| 4 | 4 | 2347247,331 | 582868,949 | 0,005 | 0,005 | 0,007 |

Như vậy chúng ta thấy mô hình tính toán bình sai trong ví dụ trên là mô hình tổng hợp đối với phương pháp xây dựng lưới trắc địa hiện đại. Kết quả bình sai cho thấy sự ưu việt của việc ứng dụng lý thuyết bình sai chia khối đối với các mạng lưới trắc địa, đặc biệt là mạng lưới lớn. Mô hình này còn cho phép sử dụng số liệu tọa độ của các trạm CORS ở các thời kỳ khác nhau và kết quả bình sai phù hợp với tọa độ động.

## 4. Kết luận và kiến nghị

Việc xây dựng và phát triển hệ thống tọa độ thống nhất ở nước ta gắn liền với lịch sử xây dựng các mạng lưới trắc địa mặt đất và vệ tinh. Cả hệ thống dữ liệu đo đạc là khối tài sản quý báu để sử dụng lâu dài. Ứng dụng các phương pháp hiện đại để xử lý số liệu là công việc quan trọng và đòi hỏi phải có các nghiên cứu liên tục để giải quyết kịp thời các yêu cầu của thực tiễn đặt ra. Kết quả nghiên cứu mới trong báo cáo là đã xây dựng cở sở lý thuyết cho thuật toán bình sai hỗn hợp lưới trắc địa mặt đất và GNSS và kết hợp với số liệu thu được từ các trạm CORS. Lý thuyết này được xây dựng trên cơ sở phát triển phương pháp chia khối Helmert, công thức truy hồi và phương pháp bình sai với sai số số liệu gốc. Như vậy có thể nói, chúng ta đã phát triển lý thuyết bình sai trắc địa từ các phương pháp bình sai kinh điển đối với các trị đo góc, đo cạnh và thêm trị đo GNSS và bước tiếp theo là kết hợp các số liệu động của hệ thống GNSS CORS.

Trong báo cáo đã đề cập về một định hướng mới đối với công tác trắc địa nói chung và công tác xử lý số liệu nói riêng đó là với sự phát triển nhanh chóng của các công nghệ mới có thể gắn hệ tọa độ đã được xây dựng theo các phương pháp kinh điển với hệ tọa độ động theo thời gian thực của các trạm CORS. Như vậy, chúng ta có thể xác định tọa độ bình sai của cả

một nhóm điểm trong thời điểm nhất định.Trong tương lai gần chúng ta cần hiện đại hóa hệ tọa độ độ cao ở nước ta gắn với việc chính xác hóa mô hình Geoid cục bộ cũng như trên toàn lãnh thổ trên cơ sở phát triển lưới thủy chuẩn, ứng dụng công nghệ GNSS, hiện đại hóa mạng lưới trọng lực và phát triển các phương pháp xử lý số liệu, trong đó có lý thuyết xử lý hỗn hợp lưới trắc địa mặt đất và GNSS. Ngoài ra chúng ta cần xây dựng các hệ tọa độ phục vụ yêu cầu đặc biệt của công tác an ninh-quốc phòng với độ chính xác đáp ứng yêu cầu đặt ra.

**Tài liệu tham khảo**

1. Báo cáo khoa học "Xây dựng hệ quy chiếu và hệ tọa độ quốc gia", Tổng cục Địa chính, 2000.
2. Đặng Nam Chinh, Bài giảng cao học: Địa thống kê, Đại học Mỏ địa chất Hà Nội, 2012.
3. Ghilani C.D, Wolf P.R., Adjustment Computations (2017), John Wiley & Soms, in, 6th Edition
4. Hoàng Ngọc Hà, Trương Quang Hiếu (2000), Cơ sở toán học xử lý số liệu trắc địa, NXB Giao thông vận tải, 2000.
5. Hoàng Ngọc Hà, Bình sai tính toán lưới Trắc địa và GPS/GNSS, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, 2020.
6. Hoang N.H. (2020) Modernization of Height System in Vietnam Using GNSS and Geoid Model. In: Tien Bui D., Tran H.T., Bui XN. (eds) Proceedings of the International Conference on Innovations for Sustainable and Responsible Mining. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 108. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60269-7_8, 10- 2020.
7. Kotsakis, C., Katsambalos, K., Ampatzidis, D. (2012): Estimation of the zeroheight geopotential level in a local vertical datum from inver sion of colocated GPS, levelling and geoid heights: a case study in the Hellenic islands. Journal of Geodesy, vol. 86, no. 6, pp. 423-439.
8. Markuze. Y.I (1990) Cơ sở bình sai tính toán bình sai. Nhà xuất bản Nhedra Moscow.
9. Markuze Y.I Hoàng Ngọc Hà (1991). Bình sai các mạng lưới không gian mặt đất và vệ tinh. NXB "Nhedra" Matxcơva. Sách chuyên khảo (tiếng Nga).
10. Markuze Y.I, Gôlubev V.V. (2010). Lý thuyết xử lý toán học lưới trắc địa. Alma Mater. (Tiếng Nga).
11. Rockville, MD, Dale G. Pursell,Mike Potterfield (2008). NAD83 (NSR2007) National Readjustment Final Report

# ABSTRACT

## COMBINED ADJUSTMENT OF TERRESTRIAL AND GNSS NETWORK FOR THE DEVELOPMENT OF GEODETIC DATUM IN VIETNAM

**Hoàng Ngọc Hà**
*Hanoi University of Mining and Geology*
*Corresponding author: hoanghakhcn@gmail.com*

The report presents the process of building geodetic networks in Vietnam. Starting in the 90s of the 20th centuries, GPS technology was introduced to Vietnam. Since then, the problem of processing geodetic data is not only with traditional ground measurements,but must be calculated in combination with the results of GPS/GNSS processing. These results have contributed to building the national coordinate system VN-2000 and building a scientific foundation to calculate the height difference system in Vietnam. In the report focus on applying the Helmert block method to correct the mixed network with terrestrial measurements and GNSS Baseline and CORS data. Mention issues that need future research to develop coordinate systems for sustainable development in Vietnam.

*Keywords:* GNSS, Adjustment computations, Geodetic Datum, CORS.

# NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP BÌNH SAI HÀM CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐO VÀ ỨNG DỤNG TRONG XỬ LÝ SỐ LIỆU TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH

***Trần Khánh, Trần Thùy Linh***
*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*Tác giả liên hệ: trankhanhtdct@gmail.com*

**Tóm tắt:** Bài báo có nội dung về phương pháp bình sai với tham số là hàm của các đại lượng đo trực tiếp, đã xác lập cơ sở lý thuyết và xây dựng thuật toán, quy trình xử lý số liệu theo phương pháp nêu trên. Phương pháp bình sai đề xuất trong bài báo có tính chặt chẽ và thuận tiện triển khai thông qua giải pháp lập trình tính toán. Trong bài báo đưa ra một số ứng dụng của phương pháp bình sai hàm các đại lượng đo như bình sai một mạng lưới trắc địa để xác định tọa độ tâm công trình dạng tháp trụ, xử lý số liệu kết quả quan trắc với mục đích xác định tham số lún công trình. Các ví dụ nêu trong bài báo đã minh chứng cho quy trình bình sai hàm các đại lượng đo và tính hiệu quả của phương pháp này để xử lý số liệu trắc địa công trình.

**Từ khóa:** Bình sai, ma trận hiệp phương sai, công trình tháp, quan trắc độ lún.

## 1. Đặt vấn đề

Hiện nay đa phần các thuật toán, quy trình giải bài toán bình sai cũng như một số nhiệm vụ liên quan đến áp dụng nguyên lý số bình phương nhỏ nhất để xử lý kết quả đo thực nghiệm được xây dựng trên cơ sở tham số đầu vào là các trị đo trực tiếp. Tuy nhiên đối với một số trường hợp thực tiễn, việc bình sai với tham số là hàm của các đại lượng đo sẽ giúp giải quyết bài toán một cách đơn giản và chặt chẽ hơn rất nhiều. Trong bài báo này sẽ xây dựng cơ sở lý luận và xác lập thuật toán, quy trình bình sai theo hướng nêu trên, đồng thời cũng đưa ra một số ví dụ thực tế để minh chứng cho quy trình xử lý số liệu theo phương pháp bình sai đề xuất trong bài báo.

## 2. Cơ sở lý thuyết xử lý số liệu với tham số là hàm các trị đo

Trong một số bài toán trắc địa, giả sử có m đại lượng đo trực tiếp $t_i$ (i=1÷m), khi đó có thể xác định được n đại lượng độc lập $z_i$ (i=1÷n) là hàm của các trị đo trực tiếp theo công thức (1).

$$\begin{cases} z_1 = f_1(t_1, t_2, \dots . t_m) \\ z_2 = f_2(t_1, t_2, \dots . t_m) \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ z_n = f_n(t_1, t_2, \dots . t_m) \end{cases} \quad (1)$$

Kí hiệu $T = (t_1, t_2, \dots . t_m)^T$, $Z = (z_1, z_2, \dots . z_n)^T$, thay vì sử dụng véc tơ trị đo trực tiếp T', có thể sử dụng véc tơ Z' là hàm các trị đo trực tiếp để giải quyết bài toán. Câu hỏi đặt ra là: cần phải chọn trọng số của véc tơ Z' như thế nào?. Vấn đề này được giải quyết trên cơ sở suy luận sau:

Triển khai tuyến tính biểu thức (1) theo các biến là các trị đo T' sẽ thu được:

$$\begin{aligned} z_1 &= a_{11}dt_1 + a_{12}dt_2 + \cdots + a_{1m}dt_m + f_1(t'_1, t'_2, \ldots t'_m) \\ z_2 &= a_{21}dt_1 + a_{22}dt_2 + \cdots + a_{2m}dt_m + f_2(t'_1, t'_2, \ldots t'_m) \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ z_n &= a_{n1}dt_1 + a_{n2}dt_2 + \cdots + a_{nm}dt_m + f_n(t'_1, t'_2, \ldots t'_m) \end{aligned} \quad (2)$$

trong đó: $a_{ij} = \frac{\partial z_i}{\partial t_j}$; $t'_1, t'_2, \ldots t'_m$ là giá trị các đại lượng đo trực tiếp .

Kí hiệu:

$$\begin{aligned} V_Z &= (v_{z_1}\ v_{z_2} \ldots v_{z_n})^T \\ V_T &= (v_{t_1}\ v_{t_2} \ldots v_{t_m})^T \\ F' &= \begin{bmatrix} f_1(t'_1, t'_2, \ldots t'_m) \\ f_2(t'_1, t'_2, \ldots t'_m) \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ f_n(t'_1, t'_2, \ldots t'_m) \end{bmatrix} \\ A &= \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{nm} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (3)$$

Hệ phương trình (2) được viết dưới dạng ma trận:

$$Z = AV_T + F' \quad (4)$$

Như vậy nếu $K_T$ là ma trận tương quan của véc tơ trị đo T thì ma trận tương quan của véc tơ Z sẽ được tính theo công thức [3]:

$$K_Z = AK_TA^T \quad (5)$$

Nếu khi tính trọng số các đại lượng của mạng lưới, chọn sai số trung phương đơn vị trọng số μ=1 thì trọng số của véc tơ trị đo T' sẽ được tính theo công thức:

$$P_T = K_T^{-1} \quad (6)$$

Chúng ta sẽ chứng minh rằng, nếu chọn trọng số của hàm các trị đo Z' theo công thức:

$$P_Z = K_Z^{-1} \quad (7)$$

thì bình sai với hàm các trị đo Z' theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất $V_Z{}^T P_Z V_Z = min$ cũng cho kết quả giống như khi bình sai chặt chẽ với các trị đo trực tiếp T'.

Véc tơ Z trong công thức (4) có thể được biểu diễn dưới dạng $Z=Z'+V_Z$, với $z'_i=f_i(t'_1,t'_2,\ldots,t'_n)$, khi đó sẽ có:

$$V_Z = AV_T \quad (8)$$

Giả sử khi thực hiện bình sai theo phương pháp điều kiện với véc tơ hàm các trị đo Z', trong mạng lưới xuất hiện hệ phương trình điều kiện dạng:

$$BV_Z + W = 0 \quad (9)$$

Với B là ma trận hệ số của hệ phương trình điều kiện sau khi đã triển khai tuyến tính các

phương trình điều kiện. Thay $V_Z$ từ công thức (8) thu được:

$$BAV_T + W = 0 \quad (10)$$

Khi bình sai với các trị đo trực tiếp theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất $V_T{}^T P_T V_T = min$ , từ hệ phương trình điều kiện (9) sẽ xác định được hệ phương trình chuẩn:

$$BAP_T^{-1}(BA)^T K + W = BAK_T(BA)^T K + W = 0 \quad (11)$$

Nếu bình sai thực hiện với véc tơ hàm các trị đo Z' theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất $V_Z{}^T P_Z V_Z = min$, từ phương trình điều kiện (8) sẽ lập được hệ phương trình chuẩn:

$$BP_Z^{-1}B^T K + W = BK_Z B^T K + W = 0 \quad (12)$$

Thay $K_Z$ từ công thức (5) vào công thức (12) thu được:

$$BAK_T A^T B^T K + W = BAK_T(BA)^T K + W = 0 \quad (13)$$

Công thức (13) trùng khớp với công thức (11), điều đó chứng tỏ bình sai với véc tơ trị đo trực tiếp và bình sai với véc tơ hàm các trị đo đều cho cùng một kết quả.

Nếu áp dụng phương pháp bình sai gián tiếp với trị đo là véc tơ Z' thì các bước tính tiếp theo được thực hiện theo trình tự sau:

- Chọn ẩn số là các (k) đại lượng cần xác định trong lưới (X), lập hệ phương trình số hiệu chỉnh trị đo:

$$V_Z = BX + L \quad (14)$$

- Lập hệ phương trình chuẩn:

$$B^T P_Z BX + B^T P_Z L = 0 \quad (15)$$

- Giải phương trình chuẩn, tính véc tơ nghiệm:

$$X = -(B^T P_Z B)^{-1} B^T P_Z L = 0 \quad (16)$$

- Đánh giá độ chính xác các yếu tố cần xác định:

$$m_F = \mu\sqrt{Q_F} \quad (17)$$

Trong đó:

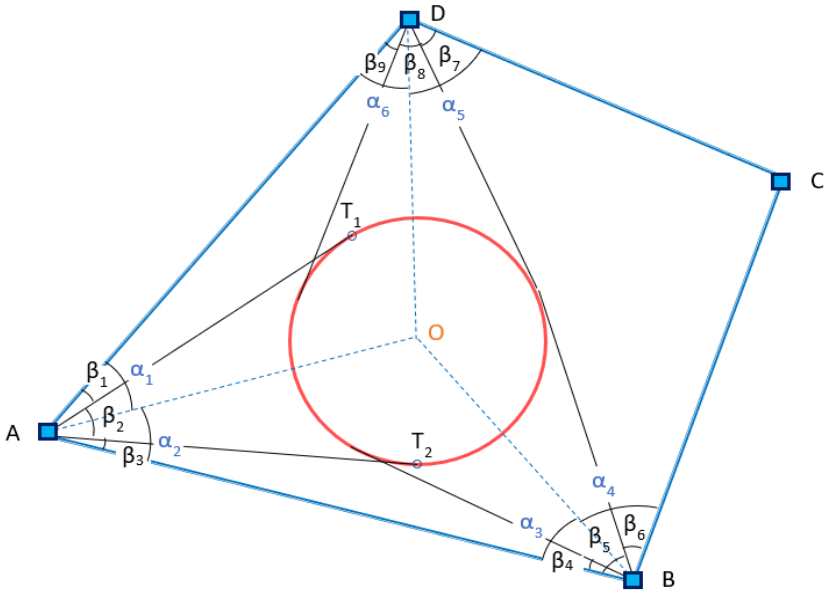
$$\mu = \sqrt{\frac{V_Z^T P_Z V_Z}{n-k}} \text{ và } Q_F = f^T Q f \quad (18)$$

**3. Ví dụ tính toán thực nghiệm**

***<u>Ví dụ 1:</u> Bình sai lưới trắc địa để xác định tọa độ tâm công trình dạng tháp trụ***

Đo độ nghiêng công trình tháp hình trụ có bản chất là công việc đo đạc, xác định tâm vòng tròn tháp ở các mức độ cao khác nhau, để thực hiện điều này trong tài liệu TCVN

9400:2012 [1] có đưa ra phương pháp giao hội góc thuận với nội dung như sau: Trên mặt đất lập một đường chuyền khép kín xung quanh đối tượng cần xác định độ nghiêng (ví dụ các điểm khống chế được kí hiệu là A, B, C, D như trên hình 1), xác định tọa độ và độ cao của các điểm lưới trong một hệ giả định. Tại mỗi điểm khống chế đo các góc kẹp giữa hướng gốc và hướng lên mép của tháp (ví dụ tại điểm A như trên hình 1 đo các góc $\beta_1$, $\beta_2$, $\beta_3$).




*Hình 1: Sơ đồ lưới đo tọa độ tâm tháp trụ*

Do hướng AO đến tâm vòng tròn trùng với đường phân giác của góc $\beta_2$ nên từ các góc đo tính được các góc dẫn xuất $\alpha_1$, $\alpha_2$ ($\alpha_1 = \beta_1 + 0{,}5\beta_2$ ; $\alpha_2 = \beta_3 + 0{,}5\beta_2$). Sử dụng các góc α tính được từ nhiều trạm đo khác nhau để tính tọa độ tâm O ($X_O$,$Y_O$) của vòng tròn tháp (ở mức độ cao quan sát) theo phương pháp giao hội góc thuận. Tuy nhiên, cách tính tọa độ như đưa ra trong tài liệu [1] là thiếu chặt chẽ vì không tận dụng hết kết quả đo, còn nếu sử dụng các trị đo góc trực tiếp (β) để bình sai thì bài toán sẽ trở nên phức tạp hơn rất nhiều, vì vậy giải pháp hợp lý trong trường hợp này là sử dụng các trị đo dẫn xuất (α) để bình sai dạng lưới này. Trình tự giải quyết bài toán bình sai đối với mạng lưới như ví dụ đưa ra trên hình 1 được triển khai như sau:

*1-Các dữ liệu đầu vào:* gồm có tọa độ phẳng của các điểm khống chế và vector góc đo (β).

Trong bảng 1 đưa ra số liệu tọa độ các điểm khống chế, bảng 2 đưa ra số liệu góc đo và góc dẫn xuất tính được từ các trị đo trực tiếp.

*Bảng 1: Tọa độ các điểm khống chế*

| TT | Tên điểm | Tọa độ | | TT | Tên điểm | Tọa độ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | X(m) | Y(m) | | | X(m) | Y(m) |
| 1 | A | 5721.2360 | 622.4120 | 3 | C | 6118.0860 | 582.1740 |
| 2 | B | 5904.3450 | 377.6420 | 4 | D | 5950.5680 | 826.5620 |

*Bảng 2: Trị góc đo và góc dẫn xuất*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Điểm Đo A | Góc đo | $\beta_1$ = 42° 56′ 45.7″ | $\beta_2$ = 05° 36′ 53.6″ | $\beta_3$ = 46° 18′ 53.0″ |
| | Góc dẫn xuất | $\alpha_1$ = 45° 45′ 12.5″ | $\alpha_2$ = 49° 07′ 19.8″ | |
| Điểm Đo B | Góc đo | $\beta_4$ = 36° 33′ 38.2″ | $\beta_5$ = 05° 25′ 20.8″ | $\beta_6$ = 41° 04′ 40.3″ |
| | Góc dẫn xuất | $\alpha_3$ = 39° 16′ 18.6″ | $\alpha_4$ = 43° 47′ 20.7″ | |
| Điểm Đo D | Góc đo | $\beta_7$ = 40° 56′ 16.8″ | $\beta_8$ = 05° 06′ 34.1″ | $\beta_9$ = 36° 42′ 22.6″ |
| | Góc dẫn xuất | $\alpha_5$ = 43° 29′ 33.8″ | $\alpha_6$ = 39° 15′ 39.6″ | |

Các bước tính tiếp theo được thực hiện theo quy trình đã nêu ở mục 2, từ công thức (5) đến công thức (18), với các kết quả như sau:

*2-Tính ma trận hiệp phương sai đối với vector góc dẫn xuất:* các góc dẫn xuất (α) được tính theo công thức:

$$\left.\begin{array}{l}\alpha_1 = \beta_1 + 0{,}5\beta_2;\ \alpha_2 = \beta_3 \\ \alpha_3 = \beta_4 + 0{,}5\beta_5;\ \alpha_4 = \beta_6 \\ \alpha_5 = \beta_7 + 0{,}5\beta_8;\ \alpha_6 = \beta_9\end{array}\right\} \begin{array}{l}+\ 0{,}5\beta_2 \\ +\ 0{,}5\beta_5 \\ +\ 0{,}5\beta_8\end{array} \quad (19)$$

Kí hiệu ma trận tương quan của các vector trị đo trực tiếp (β) và trị đo dẫn xuất tương ứng là $K_\beta$, $K_\alpha$ sẽ có: $K_\alpha = AK_\beta A^T$, trong đó:

$$A_{n\times m} = \begin{bmatrix} 1 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 1 \end{bmatrix}$$

$$K_\beta = \{\sigma_1^2\ \sigma_2^2\ \sigma_3^2\ \ldots.\sigma_9^2\}$$

Trong ví dụ đang khảo sát, giả định các góc đo trực tiếp (β) được đo cùng độ chính các với sai số $\sigma_1 = \sigma_2 = \ldots. \sigma_9 = 2$". Sẽ tính được:

$$K_\alpha = \begin{bmatrix} 5.00 & 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 1.00 & 5.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 5.00 & 1.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 1.00 & 5.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 5.00 & 1.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.00 & 5.00 \end{bmatrix}$$

3-*Bình sai lưới:* được thực hiện với vector góc dẫn xuất (α) với ma trận hiệp phương sai $K_\alpha$, triển khai các bước tính tiếp theo theo quy trình đã nêu ở mục 2 (từ công thức 5 đến công thức 18) với các kết quả tọa độ của tâm vòng tròn tháp:

$X_O$ = 5930.9921 m, ; $m_X$ = 0.0012 m

$Y_O$ = 594.9950 m ; $m_Y$ = 0.0016 m.

***Ví dụ 2:** Tính toán tham số hàm hồi quy trong dự dự báo độ lún công trình*

Để dự báo độ lún một số loại công trình theo chuỗi số liệu quan trắc thực địa, nhà khoa học Asaoka, A. đã đề xuất sử dụng hàm hồi quy [2]:

$$S_i = \beta_0 + \beta_1 S_{i-1};\ (i = \overline{1 \div n}) \tag{20}$$

trong đó: $S_{i-1}$, $S_i$ là số liệu độ lún đã quan trắc được ở thực địa trong n chu kỳ (thời gian đo trong các chu kỳ là như sau); $\beta_0$, $\beta_1$ là các tham số của hàm hồi quy.

Như vậy, khi số lượng các chu kỳ quan trắc đã thực hiện n>2 thì bài toán các định các tham số ($\beta_0$, $\beta_1$) cần được thực hiện (bình sai) theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất $[S^2]$=min với vector trị đo S. Nếu giải bài toán này theo phương pháp thông thường thì sẽ gặp trở ngại bởi vì trong mỗi công thức dạng (20) đều liên quan đến 2 trị đo ở 2 chu kỳ khác nhau. Vấn đề này có thể được thể giải quyết theo cách bình sai hàm các trị đo như sau:

Xác lập một loại đại lượng đo dẫn xuất Z theo công thức:

$$z_i = S_i - \beta_1 S_{i-1} \tag{21}$$

Vi phân biểu thức (21) theo các biến $S_{i-1}$ và $S_i$ thu được:

$$dz_i = dS_i - \beta_1 dS_{i-1} \tag{22}$$

Mặt khác từ công thức (20) cũng sẽ có:

$$dS_i - \beta_1 dS_{i-1} = d\beta_0 + S_{i-1} d\beta_1 + (\beta_0^{(0)} + \beta_1^{(0)} S_{i-1}) \tag{23}$$

Trên cơ sở các công thức (22), (23) và thay kí hiệu vi phân $dz_i$ bằng $v_{zi}$ sẽ thu được:

$$v_{z_i} = d\beta_0 + S_{i-1} d\beta_1 + (\beta_0^{(0)} + \beta_1^{(0)} S_{i-1} - z_i^{(0)}) \tag{24}$$

Để có thể thực hiện bình sai với vector trị đo phụ thuộc $Z = (z_1\ z_2 \dots z_n)^T$ trước hết cần tính ma trận hiệp phương sai của vector Z theo dạng công thức (5): $K_Z = AK_S A^T$. Nếu sai số xác định độ lún (S) trong các chu kỳ quan trắc là như nhau: $\sigma_{S1} = \sigma_{S2} = \dots = \sigma_{Sn} = \sigma$ sẽ tính được ma trận hiệp phương sai của vector Z:

$$K_Z = \begin{bmatrix} 1 & -\beta_1^{(0)} & 0 & .. & 0 \\ 0 & 1 & -\beta_1^{(0)} & .. & 0 \\ .. & .. & .. & .. & .. \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -\beta_1^{(0)} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \sigma & & & \\ & \sigma & & \\ & & & \sigma \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & -\beta_1^{(0)} & 0 & .. & 0 \\ 0 & 1 & -\beta_1^{(0)} & .. & 0 \\ .. & .. & .. & .. & .. \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -\beta_1^{(0)} \end{bmatrix}^T \tag{25}$$

Khi thực hiện bình sai theo phương pháp gián tiếp, hệ phương trình số hiệu chỉnh có dạng như sau:

$$\begin{bmatrix} v_{z_1} \\ v_{z_2} \\ \dots \\ v_{z_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & S_0 \\ 1 & S_1 \\ \dots & \dots \\ 1 & S_{n-1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} d\beta_0 \\ d\beta_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_0^{(0)} + & \beta_1^{(0)} S_0 - z_1^{(0)} \\ \beta_0^{(0)} + & \beta_1^{(0)} S_1 - z_2^{(0)} \\ & \dots \\ \beta_0^{(0)} + \beta_1^{(0)} S_{n-1} & - z_n^{(0)} \end{bmatrix} \quad (26)$$

Trong các công thức từ (23) đến (26): $\beta_0^{(0)}$ , $\beta_1^{(0)}$ là giá trị gần đúng của các tham số $\beta_0$, $\beta_1$ và sẽ được chính xác hóa dần bằng cách tính lặp trong quá trình bình sai.

Trên cơ sở hệ phương trình số hiệu chỉnh (26), và áp dụng nguyên lý số bình phương nhỏ nhất theo quy trình đưa ra từ các công thức (15÷18) ở mục 2 sẽ giải quyết được bài toán xác định các tham số độ lún $\beta_0$, $\beta_1$.

**4. Kết luận**

- Trong bài báo đã xác lập cơ sở lý thuyết cho phương pháp bình sai hàm các trị đo theo đúng nguyên lý số bình phương nhỏ nhất, phương pháp bình sai này giúp đơn giản hóa quá trình xử lý số liệu trong một số trường hợp ở thực tế.

- Đã xây dựng thuật toán và quy trình xử lý số liệu theo phương pháp bình sai hàm các trị đo. thuật toán và quy trình bình sai đề xuất có tính chặt chẽ, thuận lợi cho việc ứng dụng thông qua giải pháp lập trình tính toán.

**Tài liệu tham khảo**

1. TCVN 9400:2012 “Nhà và công trình xây dựng dạng tháp - Xác định độ nghiêng bằng phương pháp trắc địa”.

2. Asaoka A. (1978). *Observational procedure of settlement prediction*. Soils Found.18, No.4. Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engneering.

3. Маркузе М.Ю., Голубев В.В. (2010), Теория математической обработки геодезических измерений. *Изд-во «Академический Проект»*

# ABSTRACT

## RESEARCH METHOD OF ADJUSTING THE FUNCTION OF MEASURANDS AND APPLICATIONS IN SURVEYING DATA PROCESSING

***Tran Khanh, Tran Thuy Linh***

*Hanoi University of Mining and Geology*

*Corresponding author: trankhanhtdct@gmail.com*

The article has content on the problem of adjustment with parameters as functions of directly measured quantities, has established the theoretical basis and built the algorithm, the process of adjusting the function of the measurands. The proposed processing method in the paper is rigorous and convenient to deploy through computational programming solutions. In the article, some applications of the method of adjusting the function of measurands such as the adjustment of a geodetic network to determine the coordinates of the center of the cylindrical structure, processing the monitoring results for the purpose of determine the construction settlement parameters. The examples given in the article have demonstrated the process of adjusting the function of measurands and the effectiveness of this method for processing surveying data.

*Keywords:* adjustment, covariance matrix, tower structures, settlement monitoring.

# ỨNG DỤNG MẠNG LƯỚI TRẠM ĐỊNH VỊ VỆ TINH QUỐC GIA (VNGEONET) TRONG HOẠT ĐỘNG ĐO ĐẠC BẢN ĐỒ, NGHIÊN CỨU KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ MỘT SỐ LĨNH VỰC KHÁC TRONG THỜI KỲ CHUYỂN ĐỔI SỐ

**Nguyễn Viết Quân, Vũ Đức Trung, Thân Văn Nam**
*Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*
*Tác giả liên hệ: vngeonet@monre.gov.vn*

**Tóm tắt:** Mạng lưới trạm định vị vệ tinh quốc gia (VNGEONET) bắt đầu triển khai xây dựng từ năm 2016 và hoàn thành cuối năm 2019, bao gồm 65 trạm định vị vệ tinh quốc gia hoạt động liên tục (CORS) trải đều trên khắp lãnh thổ Việt Nam (trong đó bao gồm 24 trạm Geodetic CORS và 41 trạm NRTK CORS) và trạm điều khiển xử lý trung tâm được kết nối với nhau qua internet đảm bảo việc thu nhận dữ liệu liên tục, ổn định [4]. Mục đích chính của hệ thống VNGEONET là làm khung tham chiếu cho hệ tọa độ quốc gia và cung cấp số liệu phục vụ đo GNSS động thời gian thực độ chính xác cm trên phạm vi toàn quốc. Trong bài viết này, chúng tôi sẽ giới thiệu về cấu trúc mạng lưới, nguyên lý vận hành và các phương pháp khai thác mạng lưới VNGEONET trong các ứng dụng hoạt động Đo đạc, Bản đồ, giám sát chuyển dịch mảng, khí tượng thủy văn, giao thông vận tải, nông nghiệp thông minh và thành phố thông minh. Thông qua phương pháp thực nghiệm, thực tế đánh giá và phương pháp tổng hợp kế thừa để đưa ra kết quả về độ chính xác khi sử dụng dữ liệu mạng lưới VNGEONET và cũng như kế hoạch phát triển của hệ thống cũng sẽ được giới thiệu, đề cập trong bài báo này.

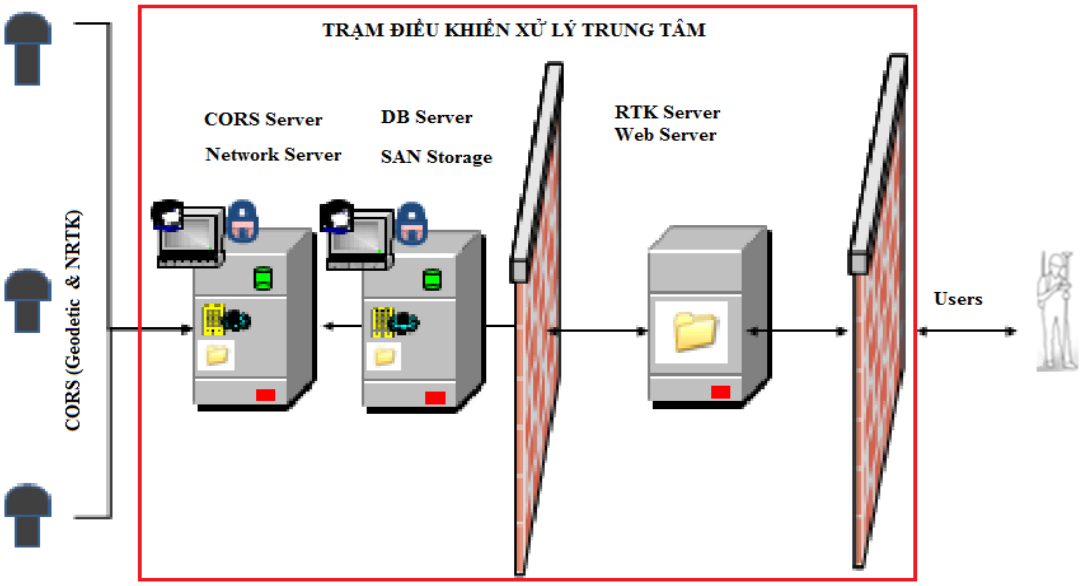
**Từ khóa:** VNGEONET, GNSS, CORS, NRTK, RTK

## 1. Đặt vấn đề

Với cuộc cách mạng Công nghiệp 4.0 đã và đang đến sẽ làm thay đổi căn bản cách chúng ta sống, làm việc và sản xuất. Trong ngành Đo đạc, Bản đồ trong thời gian qua cũng có nhiều thay đổi đáng kể, có nhiều công nghệ mới đã thay đổi cả ngành như: công nghệ 3S (GIS, GNSS, RS), trạm CORS…Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam trong thời gian từ năm 2016 đến cuối năm 2019 đã hoàn thành xây dựng giai đoạn I với 65 trạm CORS trải đều trên khắp lãnh thổ Việt Nam được gọi với tên mạng lưới trạm định vị vệ tinh quốc gia (VNGEONET), hiện nay mạng lưới VNGEONET đang cung cấp dữ liệu miễn phí cho các tổ chức (đến tháng 7/2021 đã cấp phép cho 1188 tổ chức [2]) và tất cả các ứng dụng xác định vị trí và dẫn đường trong chế độ thời gian thực dựa trên nền tảng truyền số liệu qua Internet. Ứng dụng của mạng lưới VNGEONET không chỉ trong lĩnh vực Đo đạc, Bản đồ mà còn được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, cung cấp dữ liệu nền cho đa ngành, lĩnh vực phát triển trong cuộc cách mạng Công nghiệp 4.0. Trong thời gian tới mạng lưới VNGEONET sẽ chêm dày thêm các trạm CORS tại những khu vực còn thưa để nâng cao chất lượng dịch vụ cung cấp và tiến hành thu phí (dự kiến đầu năm 2022 thu phí sử dụng dữ liệu của mạng lưới VNGEONET).

## 2. Cấu trúc, nguyên lý vận hành và các dịch vụ của mạng lưới VNGEONET

Cấu trúc mạng lưới VNGEONET gồm 03 thành phần chính: Hệ thống các trạm định vị vệ tinh quốc gia (CORS), trạm điều khiển xử lý trung tâm và người sử dụng [5].




*Hình 1. Sơ đồ cấu trúc mạng lưới VNGEONET*

### *2.1. Hệ thống các trạm định vị vệ tinh quốc gia (CORS)*

Mạng lưới VNGEONET bắt đầu triển khai xây dựng từ năm 2016 và hoàn thành cuối năm 2019, bao gồm 65 trạm CORS trải đều trên khắp lãnh thổ Việt Nam, trong đó bao gồm:

- 24 trạm Geodetic CORS được thiết kế mốc bê tông khoan sâu đến tầng ổn định phân bố đều trên phạm vi cả nước với mật độ khoảng 200km/trạm được sử dụng làm khung tham chiếu cho hệ tọa độ quốc gia [4].

- 41 trạm NRTK CORS chêm dày kết hợp với 24 trạm Geodetic CORS dùng để cung cấp số liệu phục vụ đo GNSS động thời gian thực độ chính xác cỡ cm phân bố với mật độ 50km-80km/trạm bố trí tại các khu vực đồng bằng Bắc bộ, ven biển Trung bộ, Nam bộ [4].




*Hình 2. Sơ đồ vị trí 65 trạm CORS lắp đặt trải đều trên khắp lãnh thổ Việt Nam*

### *2.2. Thiết bị và hệ thống phần mềm mạng lưới VNGEONET sử dụng*

Mạng lưới VNGEONET bao gồm 65 trạm CORS và một trạm điều khiển xử lý trung tâm đặt tại Hà Nội [4].

*a. Tại 65 trạm CORS*

Các thiết bị tại trạm CORS được thiết kế dành riêng cho các trạm CORS của hãng Leica (Ăng ten AR25 và máy thu GNSS GR50) và thiết bị cảm biến khí tượng Met 4A.

*b. Tại trạm điều khiển xử lý trung tâm*

Trạm điều khiển xử lý trung tâm được thiết kế theo tiêu chuẩn quốc gia về hệ thống máy chủ và hạ tầng phòng máy. Bao gồm các máy chủ Dell, các thiết bị của hãng CISCO, hệ thống lưu trữ dữ liệu và backup dữ liệu hỗ trợ lên đến 100TB, có hệ thống bảo mật nhiều lớp (bằng tài khoản, phần mềm, phần cứng). Trạm điều khiển xử lý trung tâm có nguồn điện lưới ổn định và đường truyền internet tốc độ cao đảm bảo tính liên tục của mạng lưới. Trạm điều khiển xử lý trung tâm là nơi tính toán, xử lý, cung cấp các dịch vụ của mạng lưới VNGEONET.

Hệ thống phần mềm bao gồm:

- Hệ thống phần mềm Spider Net của hãng Leica;
- Phần mềm xử lý lưới cạnh dài đạt độ chính xác cỡ mm Bernese;
- Phần mềm RTMon GPS Solution.

### *2.3. Các dịch vụ của mạng lưới VNGEONET cung cấp*

*a. Dịch vụ đo động thời gian thực trong hệ tọa độ quốc gia VN-2000, hệ độ cao quốc gia (VRS, iMAX, Single base) [4].*

Giải pháp đo động thời gian thực (RTK) mạng lưới VNGEONET cung cấp bao gồm: Network RTK (VRS, iMAX) và Single base RTK. Trong đó giải pháp Network RTK có tính ổn định và độ tin cậy cao hơn hơn giải pháp Single base RTK truyền thống do được tính toán từ một mạng lưới điểm trạm CORS (tối thiểu từ 3 trạm CORS), giải pháp Network RTK được khuyên dùng khi sử dụng.

*b. Dịch vụ dữ liệu GNSS thu nhận từ các trạm CORS ở định dạng RINEX có giãn cách thu tín hiệu 30 giây, 15 giây, 1 giây [4]*

Dịch vụ cung cấp dữ liệu GNSS thu nhận từ các trạm CORS phục vụ trong việc xử lý, tính toán sau.

*c. Dịch vụ tự động xử lý, tính toán trị đo GNSS cho người sử dụng [4]*

Dịch vụ tự động xử lý, tính toán trị đo GNSS cho người sử dụng dưới hình thức trực tuyến theo yêu cầu riêng trên hệ thống phần mềm Spider Net

## 3. Thực nghiệm đánh giá độ chính xác của mạng lưới VNGEONET trong hoạt động đo đạc bản đồ và các ứng dụng khác của dịch vụ mạng lưới VNGEONET

### *3.1. Thực nghiệm đánh giá độ chính xác trong hoạt động đo đạc bản đồ*

Dịch vụ đo động thời gian thực trong hệ tọa độ quốc gia VN-2000, hệ độ cao quốc gia là dịch vụ quan trọng và được sử dụng nhiều nhất trong các dịch vụ mạng lưới VNGEONET cung cấp. Dịch vụ này sử dụng mô hình Geoid do Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý xây dựng năm 2012 để xác định độ cao [4].

*Bảng 1. Kết quả đo thực nghiệm vào các mốc địa chính cơ sở [1]*

| TT | Tên điểm | Tọa độ VN-2000 gốc | | | Đo NRTK/RTK VNGEONET | | | Độ lệch (m) | | | | | | | Ghi chú |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x (m) | y (m) | h (m) | x (m) | y (m) | h (m) | dx | dy | dh | mp | [dd]x | [dd]y | [dd]h | |
| 1 | 096430 | 2363125.018 | 766456.939 | 36.576 | 2363125.030 | 766456.912 | 36.527 | -0.012 | 0.027 | 0.049 | 0.030 | 0.00014 | 0.00073 | 0.00240 | Trong vùng NRTK |
| 2 | 10756 | 2324947.294 | 709208.167 | 2.687 | 2324947.276 | 709208.182 | 2.701 | 0.018 | -0.015 | -0.014 | 0.024 | 0.00032 | 0.00023 | 0.00020 | Trong vùng NRTK |
| 3 | 115436 | 2304802.792 | 547513.283 | 47.296 | 2304802.762 | 547513.300 | 47.261 | 0.030 | -0.017 | 0.035 | 0.034 | 0.00090 | 0.00029 | 0.00123 | Trong vùng NRTK |
| 4 | 103517 | 2332942.026 | 545718.623 | 37.685 | 2332942.018 | 545718.630 | 37.759 | 0.008 | -0.007 | -0.074 | 0.011 | 0.00006 | 0.00005 | 0.00548 | Trong vùng NRTK |
| 5 | 094443 | 2368039.386 | 704406.595 | 110.036 | 2368039.380 | 704406.584 | 110.066 | 0.006 | 0.011 | -0.030 | 0.013 | 0.00004 | 0.00012 | 0.00090 | Trong vùng NRTK |
| 6 | 094451 | 2365208.609 | 670020.124 | 41.400 | 2365208.603 | 670020.134 | 41.317 | 0.006 | -0.010 | 0.083 | 0.012 | 0.00004 | 0.00010 | 0.00689 | Trong vùng NRTK |
| 7 | 104552 | 2328132.077 | 583638.386 | 7.406 | 2328132.056 | 583638.385 | 7.279 | 0.021 | 0.002 | 0.126 | 0.021 | 0.00044 | 0.00000 | 0.01588 | Trong vùng NRTK |
| 8 | 116437 | 2321252.457 | 579963.379 | 6.636 | 2321252.420 | 579963.373 | 6.560 | 0.037 | 0.006 | 0.076 | 0.038 | 0.00137 | 0.00004 | 0.00578 | Trong vùng NRTK |
| 9 | 096438 | 2386000.712 | 803795.258 | 29.977 | 2386000.740 | 803795.268 | 30.024 | -0.028 | -0.010 | -0.047 | 0.030 | 0.00078 | 0.00010 | 0.00221 | Ngoài vùng NRTK |
| 10 | 045439 | 2509836.153 | 620763.886 | 193.122 | 2509836.146 | 620763.836 | 193.230 | 0.007 | 0.050 | -0.106 | 0.050 | 0.00005 | 0.00250 | 0.01124 | Ngoài vùng NRTK |
| 11 | 104552 | 2328132.077 | 583638.386 | 7.406 | 2328132.056 | 583638.385 | 7.280 | 0.021 | 0.002 | 0.126 | 0.021 | 0.00044 | 0.00000 | 0.01588 | Trong vùng NRTK |
| 12 | 116437 | 2321252.457 | 579963.379 | 6.636 | 2321252.420 | 579963.373 | 6.560 | 0.037 | 0.006 | 0.076 | 0.038 | 0.00137 | 0.00004 | 0.00578 | Trong vùng NRTK |
| 13 | 331480 | 1810081.445 | 764325.298 | 46.431 | 1810081.419 | 764325.274 | 46.431 | 0.027 | 0.024 | 0.000 | 0.036 | 0.00073 | 0.00058 | 0.00000 | Trong vùng NRTK |
| 14 | 332443 | 1815339.259 | 786841.111 | 13.163 | 1815339.233 | 786841.119 | 13.230 | 0.026 | -0.008 | -0.067 | 0.028 | 0.00068 | 0.00006 | 0.00449 | Trong vùng NRTK |
| 15 | 433415 | 1773312.492 | 841357.000 | 35.861 | 1773312.468 | 841356.981 | 36.001 | 0.024 | 0.019 | -0.140 | 0.031 | 0.00058 | 0.00036 | 0.01960 | Trong vùng NRTK |
| 16 | 412441 | 1744964.507 | 803047.553 | 46.424 | 1744964.493 | 803047.545 | 46.499 | 0.014 | 0.008 | -0.076 | 0.016 | 0.00020 | 0.00006 | 0.00578 | Trong vùng NRTK |
| 17 | 801502 | 1751426.756 | 864378.878 | 9.974 | 1751426.752 | 864378.884 | 10.126 | 0.004 | -0.006 | -0.151 | 0.008 | 0.00002 | 0.00004 | 0.02280 | Trong vùng NRTK |
| 18 | 801464 | 1750836.784 | 865362.491 | 15.345 | 1750836.790 | 865362.484 | 15.446 | -0.006 | 0.008 | -0.101 | 0.010 | 0.00004 | 0.00006 | 0.01020 | Trong vùng NRTK |
| 19 | 319445 | 1844196.560 | 741703.766 | 10.725 | 1844196.558 | 741703.745 | 10.762 | 0.002 | 0.021 | -0.037 | 0.022 | 0.00000 | 0.00044 | 0.00137 | Trong vùng NRTK |
| 20 | 330402 | 1841226.105 | 685161.735 | 450.058 | 1841226.110 | 685161.740 | 450.090 | -0.005 | -0.005 | -0.036 | 0.007 | 0.00003 | 0.00003 | 0.00130 | Trong vùng NRTK |
| 21 | 269422 | 1997545.578 | 633899.824 | 17.755 | 1997545.538 | 633899.810 | 17.731 | 0.040 | 0.014 | 0.024 | 0.043 | 0.00160 | 0.00020 | 0.00058 | Ngoài vùng NRTK |
| 22 | 244426 | 2065297.250 | 573084.660 | 5.061 | 2065297.233 | 573084.682 | 4.974 | 0.017 | -0.021 | 0.087 | 0.028 | 0.00029 | 0.00044 | 0.00757 | Ngoài vùng NRTK |
| 23 | 659487 | 1150021.024 | 734897.902 | 2.165 | 1150021.019 | 734897.900 | 2.152 | 0.005 | 0.002 | 0.013 | 0.005 | 0.00003 | 0.00000 | 0.00017 | Trong vùng NRTK |
| 24 | 670436 | 1106288.552 | 676440.995 | 1.667 | 1106288.523 | 676441.038 | 1.566 | 0.029 | -0.043 | 0.101 | 0.052 | 0.00084 | 0.00185 | 0.01020 | Ngoài vùng NRTK |
| 25 | 669558 | 1114651.382 | 630442.833 | 2.100 | 1114651.347 | 630442.849 | 2.100 | 0.035 | -0.016 | 0.001 | 0.039 | 0.00123 | 0.00026 | 0.00000 | Trong vùng NRTK |
| 26 | 668411 | 1135413.263 | 600055.831 | 2.191 | 1135413.284 | 600055.828 | 2.218 | -0.021 | 0.003 | -0.027 | 0.021 | 0.00044 | 0.00001 | 0.00073 | Trong vùng NRTK |
| 27 | 668437 | 1112819.585 | 584629.839 | 1.273 | 1112819.584 | 584629.820 | 1.169 | 0.001 | 0.019 | 0.104 | 0.019 | 0.00000 | 0.00036 | 0.01082 | Trong vùng NRTK |
| 28 | 610454 | 1308959.862 | 715914.766 | 203.569 | 1308959.853 | 715914.748 | 203.421 | 0.009 | 0.018 | 0.148 | 0.020 | 0.00008 | 0.00032 | 0.02190 | Trong vùng NRTK |
| 29 | 544430 | 1330621.629 | 792334.273 | 630.157 | 1330621.692 | 792334.296 | 630.127 | -0.063 | -0.023 | 0.030 | 0.067 | 0.00397 | 0.00053 | 0.00090 | Ngoài vùng NRTK |
| | | | | | | | | | | | **Độ lệch trung phương** | **0.024** | **0.018** | **0.081** | |
| | | | | | | | | | | | | **Mx** | **My** | **Mh** | |

*Bảng 2. Kết quả đo thực nghiệm vào các mốc độ cao quốc gia [1]*

| STT | Tên điểm | Đo NRTK/RTK VNGEONET | | | h gốc (m) | Độ lệch (m) | | Ghi chú |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x (m) | y (m) | h (m) | | dh | [dd]h | |
| 1 | I(HN-VL)04-1 | 2305856.460 | 591006.936 | 3.902 | 3.894 | -0.007 | 0.0001 | Trong vùng NRTK |
| 2 | II(XM-HNO)04 | 2314820.573 | 567510.462 | 5.871 | 5.906 | 0.035 | 0.0013 | Trong vùng NRTK |
| 3 | III(XM-HD)13 | 2332531.902 | 576298.208 | 6.546 | 6.622 | 0.076 | 0.0058 | Trong vùng NRTK |
| 4 | I(BH-HN)47 | 2340970.985 | 587619.761 | 10.747 | 10.768 | 0.020 | 0.0004 | Trong vùng NRTK |
| 5 | I(BH-HN)48 | 2337163.554 | 587407.644 | 7.889 | 7.913 | 0.025 | 0.0006 | Trong vùng NRTK |
| 6 | I(LS-HN)36 | 2333767.039 | 596244.916 | 6.995 | 6.978 | -0.017 | 0.0003 | Trong vùng NRTK |
| 7 | I(HN-HP)1 | 2328373.614 | 589797.053 | 11.942 | 12.012 | 0.069 | 0.0048 | Trong vùng NRTK |
| 8 | I(HN-HP)04 | 2325574.227 | 597570.088 | 5.353 | 5.381 | 0.028 | 0.0008 | Trong vùng NRTK |
| 9 | I(HP-MC)14 | 2319348.859 | 712982.021 | 38.329 | 38.311 | -0.018 | 0.0003 | Trong vùng NRTK |
| **Độ lệch trung phương (Mh)** | | | | | | | **0.038** | |

Bảng 1 và bảng 2 ở trên làm rõ thêm về độ chính xác khi sử dụng dịch vụ đo động thời gian thực được cung cấp từ mạng lưới VNGEONET được ban hành tại thông tư số 03/2020/TT-BTNMT (tại khoản 2, điều 21 của thông tư số 03/2020/TT-BTNMT quy định kỹ thuật về mạng lưới trạm định vị vệ tinh quốc gia ban hành ngày 29 tháng 5 năm 2020). Vậy có thể sử dụng dịch vụ này của mạng lưới VNGEONET để đo đạc thành lập bản đồ tỷ lệ lớn 1/500 trong vùng NTRK.

### *3.2. Ứng dụng trong giám sát chuyển dịch mảng tại Việt Nam*

Trái đất đang luôn luôn chuyển dịch, việc giám sát chuyển dịch mảng tại nước ta là rất quan trọng và cần thiết. Để có thể đưa ra những cảnh báo sớm về sự đứt gãy hoặc động đất [3]. Mạng lưới VNGEONET có lợi thế các trạm CORS thu thập dữ liệu liên tục và được xử lý, tính toán tọa độ và vận tốc chuyển dịch tự động hàng ngày bằng phần mềm Bernese trong hệ quy chiếu trắc địa quốc tế ITRF14 với độ chính xác mm.

*Bảng 3. Vận tốc chuyển dịch tuyệt đối tại các trạm CORS, thời gian xác định từ 26/8/2019 - 26/7/2021:*

| STT | Trạm | VUp (m/year) | VN (m/year) | VE (m/year) | Mặt phẳng (m/year) | STT | Trạm | VUp (m/year) | VN (m/year) | VE (m/year) | Mặt phẳng (m/year) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ALUO | 0.0124 | -0.0106 | 0.0290 | 0.0309 | 33 | LAGI | 0.0006 | -0.0103 | 0.0294 | 0.0312 |
| 2 | ANHO | -0.0017 | -0.0104 | 0.0291 | 0.0309 | 34 | LCAI | 0.0026 | -0.0142 | 0.0380 | 0.0406 |
| 3 | BAVI | 0.0023 | -0.0091 | 0.0331 | 0.0343 | 35 | LKHA | 0.0006 | -0.0100 | 0.0291 | 0.0308 |
| 4 | BGIA | 0.0005 | -0.0102 | 0.0319 | 0.0334 | 36 | MCAI | 0.0002 | -0.0132 | 0.0327 | 0.0353 |
| 5 | BLOC | -0.0008 | -0.0097 | 0.0291 | 0.0306 | 37 | MCHA | 0.0021 | -0.0044 | 0.0321 | 0.0324 |
| 6 | BTHU | 0.0166 | -0.0082 | 0.0267 | 0.0279 | 38 | MGTE | 0.0019 | -0.0091 | 0.0340 | 0.0352 |
| 7 | BTRI | -0.0048 | -0.0089 | 0.0294 | 0.0307 | 39 | MHOA | -0.0038 | -0.0091 | 0.0261 | 0.0276 |
| 8 | CAOL | -0.0266 | -0.0092 | 0.0257 | 0.0273 | 40 | MTHO | -0.0010 | -0.0097 | 0.0291 | 0.0306 |
| 9 | CBAN | 0.0036 | -0.0116 | 0.0337 | 0.0356 | 41 | NDON | 0.0036 | -0.0108 | 0.0297 | 0.0316 |
| 10 | CCHI | -0.0003 | -0.0097 | 0.0287 | 0.0303 | 42 | PGIA | -0.0006 | -0.0089 | 0.0296 | 0.0309 |
| 11 | CLON | -0.0163 | -0.0062 | 0.0370 | 0.0376 | 43 | PHRI | -0.0030 | -0.0096 | 0.0286 | 0.0302 |

| STT | Trạm | VUp (m/year) | VN (m/year) | VE (m/year) | Mặt phẳng (m/year) | STT | Trạm | VUp (m/year) | VN (m/year) | VE (m/year) | Mặt phẳng (m/year) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | CPHU | -0.0038 | -0.0147 | 0.0314 | 0.0347 | 44 | PLON | -0.0005 | -0.0084 | 0.0274 | 0.0287 |
| 13 | CRKH | 0.0015 | -0.0116 | 0.0289 | 0.0311 | 45 | PRAN | -0.0022 | -0.0097 | 0.0287 | 0.0303 |
| 14 | CTHO | -0.0100 | -0.0069 | 0.0298 | 0.0306 | 46 | QNAM | -0.0012 | -0.0102 | 0.0309 | 0.0325 |
| 15 | DIEB | 0.0021 | -0.0093 | 0.0338 | 0.0351 | 47 | QNIN | 0.0005 | -0.0098 | 0.0337 | 0.0351 |
| 16 | DLAP | 0.0017 | -0.0101 | 0.0329 | 0.0344 | 48 | SDON | 0.0019 | -0.0132 | 0.0327 | 0.0352 |
| 17 | DLAT | 0.0006 | -0.0079 | 0.0296 | 0.0306 | 49 | TDUO | 0.0024 | -0.0090 | 0.0322 | 0.0334 |
| 18 | DNAN | -0.0010 | -0.0089 | 0.0301 | 0.0313 | 50 | THMY | -0.0038 | -0.0138 | 0.0318 | 0.0347 |
| 19 | DNON | -0.0003 | -0.0094 | 0.0286 | 0.0301 | 51 | THOA | 0.0009 | -0.0099 | 0.0311 | 0.0326 |
| 20 | DOHA | 0.0005 | -0.0084 | 0.0337 | 0.0347 | 52 | TLAI | 0.0003 | -0.0094 | 0.0288 | 0.0303 |
| 21 | DSON | 0.0016 | -0.0100 | 0.0328 | 0.0343 | 53 | TNGU | 0.0047 | -0.0105 | 0.0324 | 0.0340 |
| 22 | EAHL | -0.0035 | -0.0092 | 0.0294 | 0.0307 | 54 | TNIN | 0.0017 | -0.0090 | 0.0283 | 0.0297 |
| 23 | HDUO | -0.0014 | -0.0099 | 0.0331 | 0.0345 | 55 | TPAO | -0.0069 | -0.0061 | 0.0282 | 0.0289 |
| 24 | HGIA | 0.0046 | -0.0084 | 0.0345 | 0.0355 | 56 | TPHU | 0.0007 | -0.0092 | 0.0302 | 0.0316 |
| 25 | HNOI | 0.0025 | -0.0106 | 0.0358 | 0.0373 | 57 | TQUA | 0.0041 | -0.0101 | 0.0337 | 0.0352 |
| 26 | HOCM | 0.0015 | -0.0094 | 0.0285 | 0.0300 | 58 | TRMY | 0.0050 | -0.0076 | 0.0308 | 0.0317 |
| 27 | HTIE | -0.0016 | -0.0085 | 0.0275 | 0.0288 | 59 | TYEN | 0.0005 | -0.0099 | 0.0333 | 0.0347 |
| 28 | HYEN | -0.0107 | -0.0060 | 0.0329 | 0.0334 | 60 | VANL | -0.0087 | -0.0088 | 0.0339 | 0.0350 |
| 29 | KANH | 0.0030 | -0.0099 | 0.0314 | 0.0330 | 61 | VINH | 0.0015 | -0.0099 | 0.0315 | 0.0330 |
| 30 | KBOI | 0.0027 | -0.0091 | 0.0329 | 0.0341 | 62 | VLON | -0.0065 | -0.0083 | 0.0294 | 0.0306 |
| 31 | KSAN | 0.0001 | -0.0071 | 0.0318 | 0.0326 | 63 | VNIN | -0.0062 | -0.0111 | 0.0341 | 0.0359 |
| 32 | KTUM | -0.0009 | -0.0113 | 0.0310 | 0.0330 | 64 | VUNT | -0.0005 | -0.0112 | 0.0295 | 0.0315 |

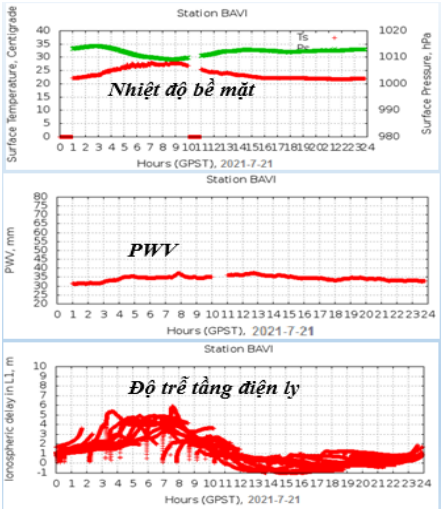
Bảng 3 cho ta thấy chuyển dịch bề mặt các trạm là theo hướng Đông Nam giá trị từ 2.7cm-4cm/năm (theo hướng Đông lớn hơn hướng Nam), trạm trồi lên lớn nhất BTHU là 1.6cm/năm, trạm lún lớn nhất CAOL 2.6cm/năm. Bảng 2 ở trên không thống kế tại trạm BLIE do trạm này có chuyển dịch bất thường sau khi kiểm tra tại thực địa xác định trụ mốc bị lún, mạng lưới VNGEONET đã tiến hành gia cố lại trụ mốc và tính toán lại tọa độ và hiện tại BLIE đã ổn định. Đây là bước đầu để VNGEONET có thể giám sát chuyển dịch mảng tại Việt Nam, để xác định vận tốc chuyển dịch chính xác nhất thì cần phải tính toán liên tục trong một thời gian đủ dài.

### *3.3. Tham gia vào các mạng lưới GNSS trên thế giới*

Tham gia vào các mạng lưới GNSS trên thế giới để đóng góp dữ liệu giúp việc xây dựng các mô hình toàn cầu, khung tham chiếu tại Việt Nam được chính xác hơn và phục vụ nghiên cứu khoa học. Hiện tại mạng lưới VNGEONET đã tham gia 08 trạm CORS vào mạng lưới địa động lực châu Á-Thái Bình Dương (APRGP). Trong thời gian tới mạng lưới VNGEONET sẽ tham gia 02 trạm CORS vào mạng lưới IGS.

### *3.4. Ứng dụng trong khí tượng*

Dữ liệu GNSS đo liên tục của các trạm CORS có khả năng nghiên cứu tầng khí quyển căn cứ vào độ trễ của tín hiệu khi di chuyển qua tầng đối lưu và tầng điện ly, xây dựng bản đồ hiện trạng tầng khí quyển phục vụ cho nghiên cứu khoa học. Khi kết hợp dữ liệu GNSS với dữ liệu khí tượng Met 4A tích hợp tại trạm còn được sử dụng để tính lượng ngưng tụ của hơi nước trong không khí (PWV) [2].




*Hình 3. Các phân tích trên phần mềm RTMon GPS Solution ứng dụng trong khí tượng*

### *3.5. Ứng dụng trong nông nghiệp công nghệ cao*

Theo thống kê của các mạng lưới trạm CORS trên thế giới hiện đang cung cấp dịch vụ cho khoảng 80% mục đích vào trong nông nghiệp công nghệ cao. Hiện nay tại Việt Nam có một số công ty đã nghiên cứu và thương mại hóa thiết bị Drone sử dụng dữ liệu NRTK/RTK của mạng lưới VNGEONET nâng cao độ chính xác đến cỡ cm, nhằm tránh các rủi ro về các vật cản trong cánh đồng như cột điện, trạm cao thế và tưới, phun thuốc chính xác nâng cao hiệu quả.

Ứng dụng dữ liệu mạng lưới VNGEONET vào trong nông nghiệp công nghệ cao là rất tiềm năng cần được khai thác trong thời gian tới, việc ứng dụng trong tự động hóa sử dụng máy móc trong nông nghiệp để đất nước ta theo kịp cuộc cách mạng Công nghiệp 4.0

### *3.6. Ứng dụng trong giao thông vận tải, thành phố thông minh*

Dịch vụ của mạng lưới VNGEONET cung cấp có lợi thế xác định tọa độ tức thời nhanh chóng cùng với độ chính xác cỡ cm, khi kết hợp với Big Data, tốc độ xử lý của siêu máy tính và công nghệ mạng 5G thì có thể ứng dụng vào rất nhiều lĩnh vực ngay cả những ứng dụng đòi hỏi cơ sở hạ tầng rất lớn như giao thông vận tải và thành phố thông minh…

## 4. Kết luận

Mạng lưới VNGEONET đã hoàn thành xây dựng giai đoạn I và đã dần ứng dụng vào nhiều lĩnh vực trong thực tế. Mạng lưới VNGEONET cung cấp dịch vụ với ưu điểm có độ chính xác cao, thời gian định vị nhanh hơn so với phương pháp truyền thống, công nghệ mạng lưới VNGEONET sẽ dần thay thế các công nghệ đo đạc truyền thống trong tương lai.

Ngoài lĩnh vực Đo đạc, Bản đồ, công nghệ mạng lưới VNGEONET còn được ứng dụng trong phân tích chuyển dịch mảng tại Việt Nam, có thể đưa ra những cảnh báo sớm về sự đứt gãy hoặc động đất [3]; phân tích tầng khí quyển ứng dụng trong khí tượng; công nghệ này còn được ứng dụng hiệu quả trong công tác định vị, dẫn đường, giao thông, xây dựng, nông nghiệp, quản lý phương tiện, thiết bị, du lịch và là một thành phần không thể thiếu trong việc xây dựng các thành phố thông minh, vận tải hàng hóa đáp ứng yêu cầu của cuộc cách mạng Công nghiệp 4.0

Từ những lợi ích to lớn mà mạng lưới VNGEONET có thể mang lại thì trong tương lai nó là tiền đề và động lực để mạng lưới ngày càng hoàn thiện và phát triển hơn để dịch vụ của mạng lưới VNGEONET được ứng dụng vào trong mọi lĩnh vực, mọi ngành nghề phát huy hết khả năng của mạng lưới VNGEONET có thể làm được.

**Tài liệu tham khảo**

1. Báo cáo đo thử nghiệm vào các mốc tọa độ, độ cao quốc gia - VNGEONET - Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam.
2. Báo cáo quản lý, vận hành mạng lưới trạm định vị vệ tinh quốc gia - VNGEONET - Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam.
3. Diêm Công Huy (2019), Ứng dụng công nghệ trạm GNSS/CORS trong quan trắc chuyển dịch phục vụ đánh giá tai biến công trình do biến đổi khí hậu ở Việt Nam, Viện KHCN Xây dựng, Tạp chí KHCN Xây dựng - số 3/2019, tr 55-58.
4. Thông tư số 03/2020/TT-BTNMT quy định kỹ thuật về mạng lưới trạm định vị vệ tinh quốc gia - Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam - Bộ Tài nguyên và Môi trường.
5. GNSS Spider Guide, Leica Geosystems.

## ABSTRACT

## APPLICATION OF VNGEONET SYSTEM IN SURVEYING, MAPPING, EARTH SCIENCE AND OTHER FIELDS IN DIGITAL TRANSFORMATION

**Nguyen Viet Quan, Vu Đuc Trung, Than Van Nam**
*Department of Survey, Mapping and Geoinformation Viet Nam*
*Corresponding author: vngeonet@monre.gov.vn*

The Vietnamese national continuously operating reference stations network (VNGEONET) have been constructed from 2016 and completed by the end of 2019, including 65 continuously operating national satellite positioning stations (CORS) spread throughout the territory of Vietnam (including 24 Geodetic CORS stations and 41 NRTK CORS stations). A processing control central are connected via the internet to ensure continuous and stable data acquisition. The main purpose of the VNGEONET system is to build the national terrestrial reference frame and provides real-time kinematic (RTK) GNSS measurement with cm accuracy nationwide. In this article, we will introduce the network structure, operating principles and methods of exploiting the VNGEONET network for applications of Geodesy, Mapping, plate displacement monitoring, hydrometeorology, transportation, smart agriculture and smart city. By experimental method, the evaluation and the inherited synthesis method to give the results of accuracy when using VNGEONET network data. In addition, the development plan of the system will also be mentioned in this paper.

*Keywords:* VNGEONET, GNSS, CORS, NRTK, RTK

# NGHIÊN CỨU XỬ LÝ SỐ LIỆU GNSS ỨNG DỤNG TRONG HỆ THỐNG QUAN TRẮC SHM CỦA CẦU DÂY VĂNG

**Lê Văn Hiến[1], Lê Đức Tình[2]**
*[1] Trường Đại học Giao thông Vận tải*
*[2] Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*Tác giả liên hệ: hienlv@utc.edu.vn*

**Tóm tắt:** Hệ thống quan trắc sức khỏe kết cấu (Structural Health Monitoring - SHM) có vai trò rất quan trọng trong quan trắc cầu dây văng nhịp lớn. Trong hệ thống SHM, công nghệ định vị GNSS là phương pháp hiệu quả giúp quan trắc được chuyển vị của các điểm đặc trưng trên cầu, từ đó đánh giá được chuyển vị tổng thể của cầu, phân tích tình trạng kết cấu cầu trong quá trình vận hành. Bài báo này nghiên cứu đề xuất giải pháp xử lý số liệu quan trắc GNSS trong hệ thống SHM của cầu dây văng ở Việt Nam. Phương pháp xử lý số liệu được thực hiện qua hai nội dung là tiền xử lý số liệu quan trắc từ đó phân tích chuyển vị tổng thể và trích xuất các tham số đặc trưng dùng để đánh giá tình trạng sức khỏe của kết cấu cầu trong quá trình vận hành. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, tiền xử lý số liệu GNSS là rất quan trọng để tăng độ chính xác phân tích kết quả quan trắc chuyển vị, và mô hình toán học thống kê theo chuỗi thời gian là phù hợp để ứng dụng trích xuất các tham số đặc trưng dùng trong lưu trữ và phân tích sức khỏe của kết cấu cầu dây văng.

**Từ khóa:** Quan trắc sức khỏe kết cấu, cầu dây văng, phân tích chuỗi thời gian.

## 1. Đặt vấn đề

Hệ thống quan trắc sức khỏe kết cấu - SHM (Structural Health Monitoring) đã và đang được ứng dụng phổ biến để quan trắc các công trình cầu nhịp lớn trên thế giới. Một hệ thống quan trắc SHM bao gồm nhiều loại cảm biến (sensor) lắp đặt tại các vị trí đặc trưng của kết cấu, có mục tiêu quan trắc các đại lượng khác nhau như chuyển vị, môi trường (gió, nhiệt độ, độ ẩm, lượng mưa…), gia tốc, tải trọng… Tất cả các cảm biến được kết nối chung vào một hệ thống thông qua hệ thống cáp quang, truyền dẫn dữ liệu quan trắc thời gian thực (real-time) của các đối tượng quan trắc, từ dữ liệu quan trắc có thể phân tích, đánh giá tình trạng sức khỏe của kết cấu theo thời gian.

Một công trình nói chung hay công trình cầu nói riêng thường có hai loại biến dạng: biến dạng trong một thời gian dài (tổng thể) và biến dạng trong thời gian ngắn (cục bộ). Biến dạng trong thời gian dài thường không thể phục hồi hoặc có tính chu kỳ, chúng bị gây nên bởi các nguyên nhân như nền móng, hệ thống neo giữ, và các yếu tố môi trường như nhiệt độ. Biến dạng cục bộ thường bị gây nên bởi các yếu tố động như gió, dòng chảy thủy triều hay động đất, tải trọng phương tiện giao thông. Mục tiêu của quan trắc là xác định các biến dạng từ đó nhận diện được sự thay đổi của kết cấu.

Công nghệ định vị vệ tinh GNSS đã và đang được ứng dụng để quan trắc chuyển vị cầu

nhịp lớn trên thế giới, điển hình như cầu dây văng Ting-Kau ở Hồng Kông, có 7 cảm biến GPS lắp đặt chuyển vị từ năm 1998. Tuy nhiên, các nghiên cứu trên thế giới về chuyển vị của cầu nhịp lớn dựa trên dữ liệu quan trắc GPS còn rất hạn chế. Một số nghiên cứu chỉ ra rằng, công nghệ GPS có khả năng ứng dụng hiệu quả trong đo chuyển vị của cầu hệ dây nhịp lớn (Celebi M, 2000; Fujino và nnk, 2000; Cheng P và nnk, 2002). Tiêu biểu có Kaloop và cộng sự (2009) đi sâu phân tích chuyển vị, biến dạng của cầu dây văng dựa trên dữ liệu quan trắc cục bộ thời gian ngắn, hay sử dụng dữ liệu quan trắc GPS để phân tích độ nhạy, phát hiện hỏng hóc trong quan trắc cầu dây văng (Kaloop và nnk, 2011).

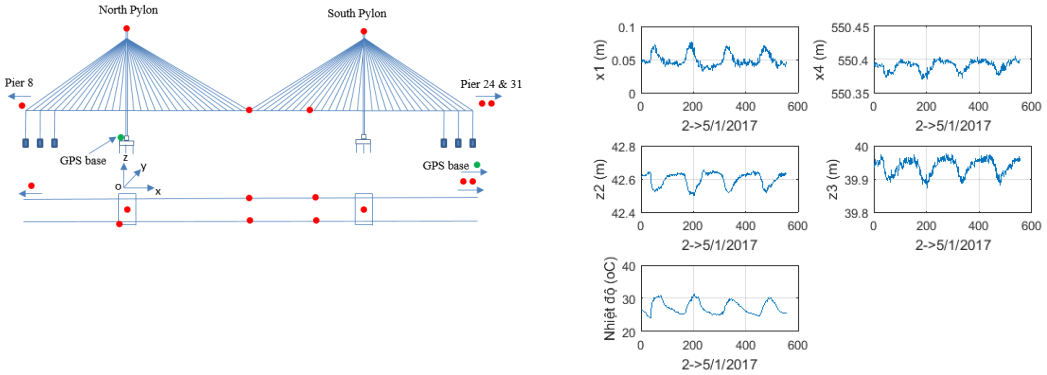
Ở Việt Nam, hệ thống quan trắc SHM đầy đủ bắt đầu được sử dụng cho quan trắc cầu Cần Thơ - cầu dây văng có nhịp chính dài nhất Đông Nam Á (tính đến năm 2015). Hệ thống SHM cầu Cần Thơ có lắp đặt 9 cảm biến GPS để quan trắc chuyển vị tại các vị trí đặc trưng. Tiếp sau đó, cầu dây văng Nhật Tân có một hệ thống SHM đầy đủ các loại cảm biến khác nhau, trong đó có các cảm biến GPS lắp đặt tại các đỉnh tháp và giữa các nhịp vượt sông của cầu. Tuy nhiên, việc nghiên cứu phân tích dữ liệu quan trắc cầu dây ở Việt Nam chưa được quan tâm đúng mực. Hien Van Le & Mayuko Nishio (2015, 2019) đã nghiên cứu xử lý số liệu quan trắc GPS của cầu Cần Thơ, trích xuất các tham số đặc trưng để phân tích các điều kiện của kết cấu cầu trong quá trình vận hành sử dụng. Một số nghiên cứu khác (Lan Huong Ho và nnk, 2016, 2017) nghiên cứu phân tích độ chính xác dữ liệu GPS của cầu Cần Thơ và xây dựng mô hình hồi quy dự báo chuyển vị theo phương đứng của điểm giữa nhịp chính của cầu. Bài báo này phân tích tổng hợp các nghiên cứu của tác giả từ đó đưa ra trình tự xử lý số liệu quan trắc chuyển vị GPS (GNSS) của cầu dây văng ở Việt Nam phục vụ cho quá trình lưu trữ và đánh giá sức khỏe của kết cấu cầu trong quá trình sử dụng. Dữ liệu quan trắc sử dụng trong nghiên cứu này là dữ liệu quan trắc SHM của cầu dây văng Cần Thơ.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### *2.1. Dữ liệu nghiên cứu*

Cầu dây văng dùng nghiên cứu trong bài báo này là cầu Cần Thơ, đây là cầu dây văng hai mặt phẳng dây tiêu biểu của Việt Nam với chiều dài nhịp chính lớn nhất Đông Nam Á (550m). Cầu có kết cấu chính là bê tông cốt thép với chiều cao tháp tính từ bệ trụ là 171.3m; nhịp chính dài 550m, trong đó 210m chính giữa nhịp có kết cấu dạng thép; bề rộng mặt cầu là 26m. Cầu Cần Thơ được lắp đặt hệ thống quan trắc liên tục với nhiều loại cảm biến (sensor) phục vụ cho các mục đích quan trắc khác nhau và đưa vào vận hành năm 2010. Trong hệ thống quan trắc cầu Cần Thơ, công nghệ GPS được ứng dụng với 09 cảm biến được phân bố lắp đặt tại các điểm đặc trưng trên cầu như đỉnh tháp, giữa dầm nhịp chính, 1/4 nhịp chính và tại một số trụ. Hệ tọa độ cục bộ cài đặt cho hệ thống quan trắc GPS của cầu gồm các trục như sau: phương *x* là phương dọc cầu; phương *y* là phương ngang cầu; phương *z* là phương thẳng đứng (hướng thiên đỉnh). Sơ đồ hình 1a thể hiện vị trí các cảm biến GPS đặt trên cầu Cần Thơ. Trong phạm vi nghiên cứu này, các điểm đặc trưng cho chuyển vị tổng thể của cầu dây văng được lựa chọn

để nghiên cứu như: điểm đỉnh hai tháp, hai điểm trên dầm chính (chính giữa và điểm 1/4). Biểu đồ hình 1b thể hiện trích xuất một đoạn dữ liệu quan trắc GPS thời gian dài của các điểm đặc trưng như đỉnh hai tháp, điểm chính giữa nhịp chính và điểm 1/4 nhịp chính.




*a) Sơ đồ bố trí cảm biến GPS trên cầu Cần Thơ [5]*

*b) Dữ liệu chuyển vị và nhiệt độ trích xuất trong 4 ngày*

*Hình 1. Công nghệ GPS ứng dụng trong quan trắc cầu Cần Thơ*

### *2.2. Phương pháp nghiên cứu*

Quy trình xử lý số liệu quan trắc nói chung hay dữ liệu GPS/GNSS nói riêng bao gồm hai bước chính: (1) tiền xử lý số liệu (pre-processing) để nội suy các dữ liệu bị mất (missing data), loại bỏ dữ liệu nhiễu để làm sạch dữ liệu; (2) phân tích chuỗi dữ liệu quan trắc để trích xuất các tham số đặc trưng sử dụng đánh giá các điều kiện kết cấu trong quá trình vận hành, hoặc sử dụng trong lưu trữ.

#### *2.1.1. Tiền xử lý số liệu quan trắc*

Các cảm biến GPS/GNSS ứng dụng trong hệ thống SHM thường được cài đặt thu nhận dữ liệu ở tần số 1-2Hz, do vậy chuỗi dữ liệu quan trắc GPS mang đặc điểm là chuỗi dữ liệu theo thời gian (time-series). Do ảnh hưởng của các yếu tố như các nguồn sai số do phương pháp định vị, sai số gây nhiễu do hệ thống điện phục vụ vận hành, chuỗi dữ liệu thu được có thể chứa các dữ liệu bất thường. Loại dữ liệu bất thường phổ biến nhất là dữ liệu bị mất.

Phân tích một số tệp dữ liệu quan trắc từ thực tế, nhóm tác giả thấy rằng, có hai loại dữ liệu bị mất là các dữ liệu đơn lẻ, rời rạc (1 đến 3 dữ liệu liên tục) và đoạn dữ liệu bị mất liên tục. Với cầu dây văng Cần Thơ, tần suất xuất hiện các dữ liệu đơn lẻ chiếm đến 90% tệp dữ liệu quan trắc. Các dữ liệu bị mất cần được xử lý trước khi tệp dữ liệu quan trắc được dùng để phân tích sâu hơn để không gây ảnh hưởng đến tính chính xác của chuỗi dữ liệu.

Phương pháp xử lý số liệu bị mất là sử dụng các mô hình toán học để nội suy dữ liệu bị mất từ các dữ liệu trước đó mà không làm mất đi các đặc điểm đặc trưng của dữ liệu như tính chu kỳ, xu hướng của dữ liệu. Đối với loại dữ liệu bị mất dạng đơn lẻ, mô hình toán học dạng đa thức thường được sử dụng như sau:

$$y = a_0 + a_1 t_1 + a_2 t_2^2 + \cdots + a_n t_n^m \qquad (1)$$

Theo nghiên cứu của nhóm tác giả H. V. Le, 2015, hàm đa thức (1) phù hợp để nội suy các dữ liệu đơn lẻ (1 đến 3 dữ liệu liên tục) cho tệp dữ liệu quan trắc GPS của cầu Cần Thơ.

Những năm gần đây, với sự phát triển của công nghệ số, các thuật toán học máy, học sâu hay mạng nơ-ron nhân tạo được nghiên cứu ứng dụng rộng rãi trong thực tiễn. Do đó, các thuật toán của trí tuệ nhân tạo đã và đang được nghiên cứu ứng dụng trong nội suy dữ liệu quan trắc bị mất. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả nghiên cứu ứng dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) để nội suy dữ liệu bị mất.

*2.1.2. Trích xuất các tham số đặc trưng đánh giá điều kiện kết cấu của cầu*

Các tham số đặc trưng trích xuất từ chuỗi dữ liệu sử dụng để phân tích sức khỏe của kết cấu và lưu trữ trong quá trình vận hành. Với đặc điểm dữ liệu cầu Cần Thơ là có tính chu kỳ nên theo lý thuyết phân tích thống kê thì mô hình phù hợp là Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) xác định bởi các hệ số (*p, d, q*), và biểu diễn như sau:

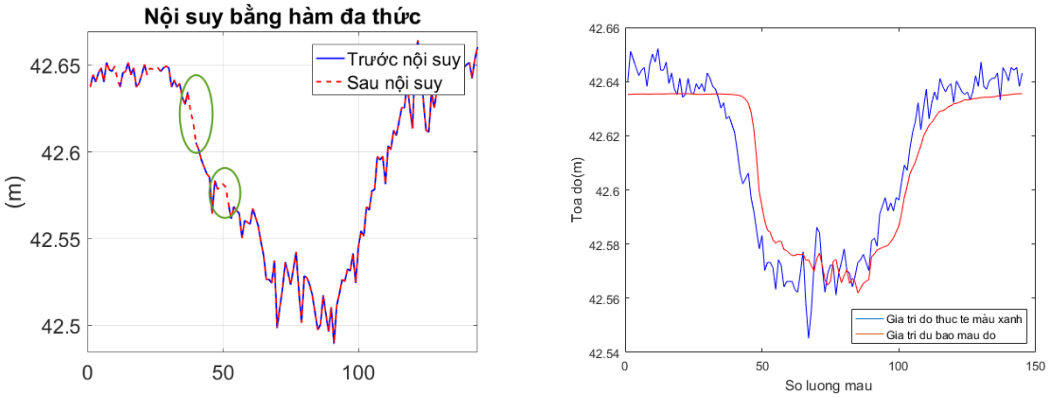
$$\left(1-\phi_1 B-\phi_2 B^2-\cdots-\phi_p B^p\right)(1-B)^d\, y_t = c+\left(1-\psi_1 B-\psi_2 B^2-\cdots-\psi_q B^q\right)\varepsilon_t \qquad (2)$$

Trong đó: $\phi_i$ và $\psi_j$ gọi là các hệ số AR và MA là các tham số cần trích xuất; các hệ số (*p, d, q*) được xác định thông qua phân tích các hàm Autocorrelation Function (ACF) và Partial Autocorrelation Function (PACF).

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### *3.1. Kết quả nội suy dữ liệu bị mất*

Hình 2 mô tả kết quả nội suy dữ liệu bị mất ứng dụng hai phương pháp là hàm đa thức và mạng nơ-ron nhân tạo (ANN). Theo Hien Van Le (2015), hàm đa thức đã được khảo sát độ chính xác ứng dụng trong nội suy các dữ liệu bị mất đơn lẻ, kết quả cho thấy hàm đa thức bậc 3 theo công thức (1) là phù hợp để tự động hóa để nội suy các trường hợp dữ liệu bị mất đơn lẻ. Trong khi đó, mạng nơ-ron nhân tạo sử dụng để nội suy cho 1 ngày dữ liệu bị mất liên tục.




*a) Nội suy bằng hàm đa thức* *b) Nội suy bằng ANN*

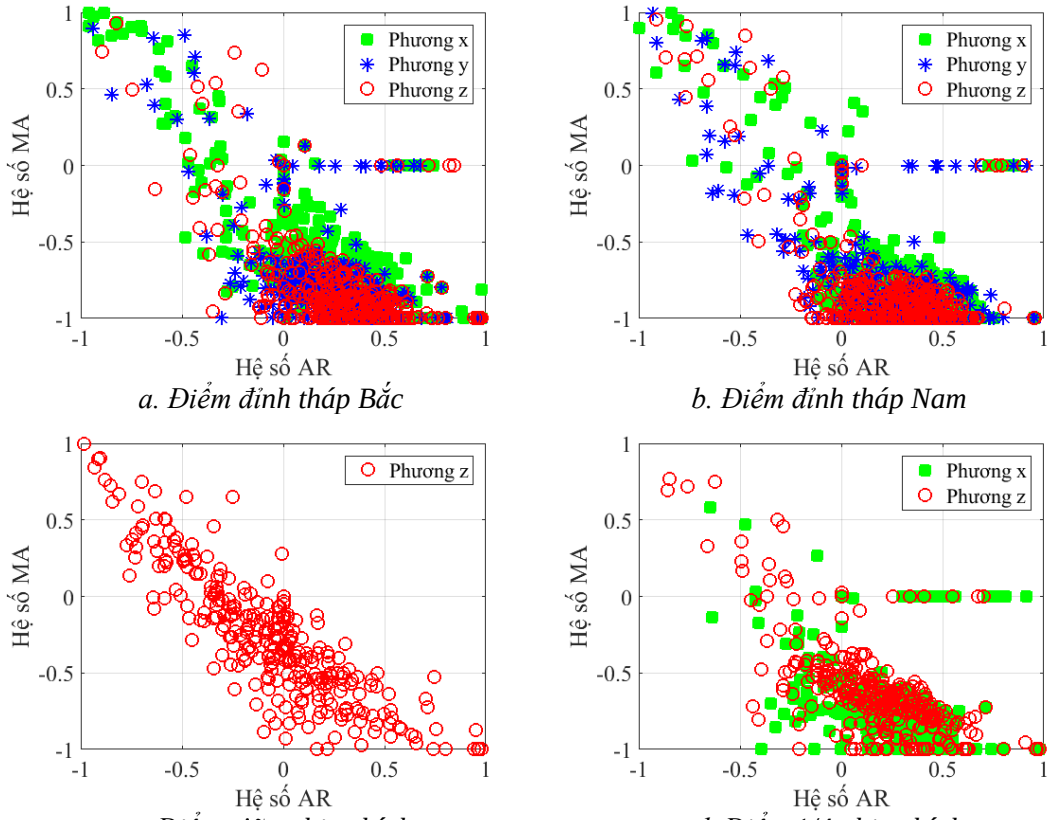
*Hình 2. Nội suy dữ liệu bị mất*

Hàm đa thức nội suy dữ liệu bị mất cho kết quả với độ sai lệch cỡ milimet, phù hợp để nội suy các dữ liệu bị mất dạng đơn lẻ, rời rạc. Mạng nơ-ron nhân tạo được ứng dụng cho 3 ngày dữ liệu huấn luyện có xét đến ảnh hưởng của yếu tố nhiệt độ, sau đó mô hình nội suy cho

một ngày dữ liệu bị mất liên tục. Kết quả nội suy từ mạng nơ-ron phù hợp tính chu kỳ của dữ liệu, tuy nhiên độ lệch giá trị nội suy còn tương đối lớn, cần được nghiên cứu sâu hơn về khả năng ứng dụng.

### *3.2. Trích xuất các tham số đặc trưng*

Mô hình phân tích chuỗi thời gian ARIMA theo công thức (2) được ứng dụng cho dữ liệu quan trắc thời gian dài (11 tháng) sau khi được tiền xử lý. Các phân tích ACF và PACF cho dữ liệu cầu Cần Thơ xác định được mô hình phù hợp là ARIMA(1, 1, 1). Các tham số trích xuất AR và MA của các điểm đặc trưng được vẽ biểu đồ thể hiện sự phân bố như hình 3.




*a. Điểm đỉnh tháp Bắc* *b. Điểm đỉnh tháp Nam*

*c. Điểm giữa nhịp chính* *d. Điểm 1/4 nhịp chính*

*Hình 3. Phân bố của hệ số AR-MA*

Từ biểu đồ hình 3 có thể thấy rằng, các hệ số AR, MA thể hiện xu hướng phân bố như: hai điểm đỉnh tháp có các hệ số phân bố với xu hướng giống nhau; phương z (phương thẳng đứng) của hai điểm trên dầm chủ cũng có xu hướng phân bố của các hệ số giống nhau. Sự thay đổi về phân bố của các tham số theo thời gian phản ánh sự thay đổi về các điều kiện của kết cấu cầu. Các tham số AR và MA có thể sử dụng để lưu trữ và phân tích sâu hơn về sức khỏe của kết cấu cầu theo thời gian.

## 4. Kết luận

Bài báo nghiên cứu phương pháp xử lý số liệu quan trắc GPS/GNSS trong hệ thống quan trắc SHM của cầu dây văng ở Việt Nam. Trình tự các bước xử lý số liệu gồm hai bước là tiền xử lý số liệu và trích xuất các tham số đặc trưng để đánh giá các điều kiện kết cấu. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng:

- Nội suy dữ liệu bị mất là một nhiệm vụ quan trọng của tiền xử lý số liệu quan trắc GNSS. Phương pháp hàm đa thức bậc 3 phù hợp cho nội suy các dữ liệu bị mất đơn lẻ (từ 1 đến 3 dữ liệu liên tục), độ chính xác cao, dễ dàng tự động hóa. Trong khi đó, mạng nơ-ron nhân tạo ANN cho thấy khả năng nội suy nhiều dữ liệu bị mất liên tục, nội suy được tính chu kỳ của dữ liệu, tuy nhiên độ chính xác còn thấp, cần được nghiên cứu thêm.

- Trích xuất các tham số đặc trưng từ dữ liệu quan trắc là cần thiết dùng để phân tích sâu hơn về các điều kiện kết cấu cầu. Mô hình phân tích chuỗi thời gian ARIMA là phù hợp để ứng dụng cho các chuỗi dữ liệu quan trắc GNSS có tính chu kỳ.

**Tài liệu tham khảo**

1. Celebi M (2000), *GPS in dynamic monitoring of long-period structures*, Soil Dynamic Earthquake Engineering 20(5), pp477-483

2. Cheng P et al (2002), *Large structures health dynamic monitoring using GPS technology*, FIG XXII International Congress, Washington DC

3. Fujino Y et al (2000), *Monitoring system of the Akashi Kaikyo Bridge and displacement measurement using GPS*, SPIE's 5th Annual International Symposium on Nondestructive Evaluation and Health Monitoring of Aging Infrastructure, pp229-236.

3. Hồ Thị Lan Hương, Lê Văn Hiến, (2016), *Nghiên cứu sự tương quan giữa gió, nhiệt độ và chuyển vị của một số vị trí trên cầu Cần Thơ*. Tạp chí khoa học Giao thông vận tải, số 54, pp39-44.

4. Hồ Thị Lan Hương, Lê Văn Hiến, (2017), *Thành lập mô hình dự báo chuyển vị điểm giữa nhịp chính cầu Cần Thơ sử dụng dữ liệu quan trắc và phân tích hồi quy*. Tạp chí khoa học Giao thông vận tải, số 55, pp3-7.

5. Kaloop M. R, Li H (2009), *Monitoring of bridge deformation using GPS technique*, KSCE Journal Civil Engineering 13(6), pp423-431.

6. Kaloop M. R, Li H (2009), *Sensitivity and analysis GPS signals based bridge damage using GPS observations and wavelet transform*, Measurement 44(5), pp927-937.

7. Hien Van Le, Mayuko Nishio (2015), *Time-series analysis of GPS monitoring data from a long-span bridge considering the global deformation due to air temperature changes*, Journal of Civil Structural Health Monitoring 5, pp415-425.

8. Hien Van Le, Mayuko Nishio (2019), *Structural change monitoring of a cable-stayed bridge by time-series modeling of the global thermal deformation acquired by GPS*, Journal of Civil Structural Health Monitoring 9, pp689-701.

# ABSTRACT

## STUDY GNSS DATA PROCESSING APPLIED IN SHM SYSTEM OF CABLE-STAYED BRIDGE

**Van Hien Le[1], Duc Tinh Le[2]**

[1] *University of Transport and Communications*

[2] *Hanoi University of Mining and Geology*

*Corresponding author: hienlv@utc.edu.vn*

Structural Health Monitoring system has a vital role in monitoring long-span bridges such as cable-stayed bridges. In a SHM system, GNSS technology is an effective method to monitor displacements of feature points on bridges, then GNSS data could be used to assess the global deformation of structures as well as analysing structural conditions under operation. This paper studies to propose method of GNSS data processing in a SHM system in Vietnam. Data processing method includes pre-processing and extracting parameters used for structural condition assessment. The results showed that pre-processing is an important step to get high precision of data analysis, and time-series analysis models are appropriate to apply for extracting feature parameters.

*Keywords*: SHM, cable-stayed bridges, time-series analysis.

# NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN MÁY THU GNSS ĐỘ CHÍNH XÁC CAO ỨNG DỤNG QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH CÔNG TRÌNH THEO THỜI GIAN THỰC

**Phạm Công Khải**
*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*Tác giả liên hệ: phamcongkhai@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Ngày nay có nhiều phương pháp trắc địa để quan trắc chuyển dịch công trình, dựa trên những công nghệ và thiết bị khác nhau. Xu hướng quan trắc liên tục chuyển dịch biến dạng công trình theo thời gian thực ngày càng trở nên phổ biến nhằm cung cấp những thông tin về sự chuyển dịch bến dạng công trình một cách tức thời. Yêu cầu đối với quan trắc chuyển dịch công trình theo thời gian là quá trình thu nhận, truyền dẫn, xử lý số liệu và cảnh báo phải được diễn ra một cách liên tục, tức thời trong thời gian thực. Với sự phát triển của hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu GNSS đã cung cấp cho người sử dụng dịch vụ định vị đáp ứng cho những lĩnh vực đòi hỏi có độ chính xác cao trong thời gian thực. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu phát triển máy định vị GNSS có độ chính xác cao sử dụng để quan trắc chuyển dịch công trình theo thời gian thực. Máy thu GNSS được thiết kế chế tạo dựa trên nền tảng công nghệ của hãng Trimble (Mỹ). Máy thu GNSS được thiết kế phát triển hoạt động liên tục từ thu nhận, truyền dẫn, xử lý số liệu trong thời gian thực. Trạm CORS có vai trò truyền số liệu cải chính theo định dạng RTCM cho trạm quan trắc trên nền mạng IP theo giao thức NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol). Kết quả thực nghiệm mô phỏng và quan trắc thực nghiệm công trình tòa nhà cao tầng Leadvisors Tower cho thấy máy thu GNSS được thiết kế phát triển có thể đạt độ chính xác đến mm, đáp ứng được cho việc quan trắc chuyển dịch công trình theo thời gian thực.

**Từ khóa:** Trimble BD970; NTRIP; KX-WDM100-R; RTCM; NMEA-0183.

## 1. Đặt vấn đề

Ngày nay hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu GNSS được ứng dụng rộng rãi trong trắc địa bản đồ. Nhu cầu sử dụng máy thu hai tần số ngày càng nhiều, nhất là sau khi mạng lưới trạm CORS được xây dựng thay thế cho mạng lưới trắc địa truyền thống. Trong thời gian gần đây ở trên thế giới người ta ngày càng quan tâm tới việc phát triển máy thu GNSS có độ chính xác cao và giá thành thấp. Chẳng hạn như, nghiên cứu của các tác giả (T. Takasu, A. Yasuda, 2008) đã phát triển một máy thu GPS với ăng ten đơn tần số chi phí thấp và kết luận rằng máy thu GPS này có thể sử dụng để đo RTK. Việc nghiên cứu phát triển thiết bị định vị bằng cảm biến có độ nhạy cao trong điều kiện đo không thuận lợi đã được các tác giả (Trajkovski and et al., 2010) thực hiện thành công. Việc tích hợp định vị GPS với cảm biến INS đã được tác giả (Lee, H.K, 2010) thực hiện để đo RTK chính xác với cạnh cơ sở dài. Một nghiên cứu của (Jinsang Hwang and et al., 2012) đã phát triển thành công máy thu GPS-RTK cả về phần cứng và phần mềm cài đặt trong điện thoại thông minh, cung cấp giao tiếp không dây, truyền dữ liệu qua giao thức NTRIP. Các phương pháp tối ưu tích hợp GPS-RTK với gia tốc kế đã được các tác giả (Hwang and et al., 2012) phát triển để xác định sự dịch chuyển của các công trình. Trong nghiên cứu của các tác giả (B. Wisniewski, K. Bruniecki, M. Moszynski, 2013) đã tập trung

vào việc so sánh các phương pháp định vị khác nhau dựa trên phần mềm mã nguồn mở miễn phí RTKLIB với máy thu GNSS được phát triển dựa trên module thu tín hiệu vệ tinh GNSS LEA-6T của U-blox. Hiệu quả của phương pháp định vị Network Real Time Kinematic (NTRK) với việc sử dụng bảng mạch định vị RTK giá rẻ cho môi trường Arduino, ứng dụng phần mềm mã nguồn mở chạy trong môi trường Android của điện thoại thông minh và nhận số liệu cải chính từ dịch vụ CORS được phân tích bởi (M. Pepe, 2018). Một nghiên cứu gần đây, các tác giả (Parluhutan Manurung and et al., 2019) đã nghiên cứu phát triển một bộ thu GNSS cho máy thu di động (Rover), đo được theo kỹ thuật CORS-RTK với giá thành hợp lý. Việc phát triển máy thu GNSS dựa trên bo mạch thu tín hiệu vệ tinh của Ublox có giá chỉ vài trăm đô la thu được tần số L1 của hệ thống GPS và tần số B1 của hệ thống Bắc Đẩu (Beidou) đã được thực hiện. Kết quả so sánh được thực hiện với máy thu GPS L1+L2 có giá vài nghìn đô la cho thấy rằng máy thu GNSS có giá thành rẻ có hiệu suất định vị tương đương với máy định vị GNSS có giá thành cao (R. Odolinski, P. Teunissen, 2016, 2017, 2018). Những thử nghiệm và đánh giá máy thu GNSS được phát triển dựa trên module NEO-P7 của U-blox và ăng ten Tallysman TW2410 giá thành thấp cho thấy khi đo RTK cho kết quả độ chính xác đến cm (A. Sioulis, M. Tsakiri, D. Stathas, 2015). Các tác giả (M. Tsakiri, A. Sioulis, G. Piniotis, 2017) đã phát triển hai loại máy thu chi phí thấp là LEA-6T và NEO-7P của U-blox đáp ứng được các tiêu chuẩn đã được công bố của Tổ chức Quốc tế. Việc đánh giá độ chính xác của máy thu GNSS giá thành thấp đã được (María S. Garrido-Carretero et al., 2019) thực hiện bằng cách tiến hành với hai loại máy thu GNSS, đó là máy thu GNSS Leica GS10 với ăng ten AS10 và máy thu giá thành thấp được phát triển dựa trên nền tảng của U-blox NEO-M8P. Kết quả đánh giá độ chính xác của hai loại máy thu GNSS cho thấy, đối với máy thu GNSS Leica GS10 có độ chính xác mặt bằng là ±2.5mm và độ chính xác độ cao là ±4.5mm, còn đối với máy thu U-blox NEO-M8P có độ chính xác mặt bằng là ±5.5mm và độ chính xác độ cao là ±11mm.

Ở Việt Nam, trong thời gian gần đây cũng đã có một số công trình nghiên cứu phát triển bộ thu GNSS sử dụng trong quan trắc liên tục chuyển dịch biến dạng công trình theo thời gian thực (Phạm Công Khải và nnk., 2018). Việc thiết kế phát triển thiết bị định vị GNSS ứng dụng trong trắc địa bản đồ cũng đã được một số tổ chức, công ty thực hiện như Trung tâm NAVIS của Đại học Bách khoa Hà Nội thực hiện một số đề tài nghiên cứu chế tạo hệ thống định vị vệ tinh GPS độ chính xác centimet trong thời gian thực cho các lĩnh vực đòi hỏi độ chính xác cao (Tạ Hải Tùng và nnk., 2016). Trường Đại học Bách khoa thành phố Hồ Chí Minh kết hợp với Công ty Đại Nam đã nghiên cứu phát triển một loại máy định vị P2 Elite GNSS hai tần số có độ chính xác cao. Công ty Cổ phần công nghệ hạ tầng cơ cở Aitogy đã phát triển một máy định vị Ainav-RTK-R được sử dụng để đo RTK theo công nghệ trạm CORS độ chính xác đến centimet.

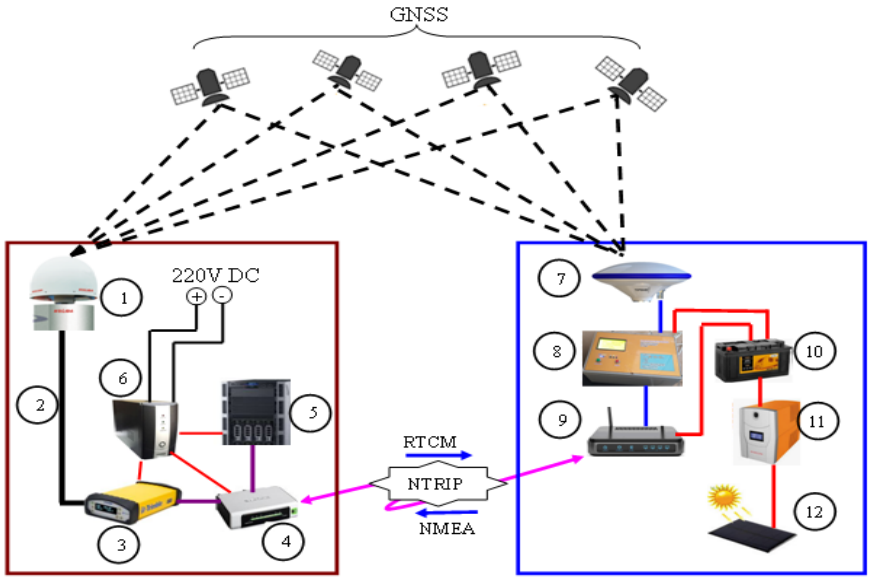
Trong bài báo này trình bày một nghiên cứu thiết kế phát triển máy thu GNSS có độ chính xác cao, giá thành thấp, thu nhận và truyền dẫn số liệu theo thời gian thực ứng dụng trong quan trắc chuyển dịch công trình theo thời gian thực.

## 2. Nghiên cứu phát triển máy thu GNSS cho hệ thống quan trắc chuyển dịch theo thời gian thực

### *2.1. Các thành phần của hệ thống quan trắc chuyển dịch theo thời gian thực*

Hệ thống quan trắc chuyển dịch theo thời gian thực hoạt động dựa trên công nghệ GNSS/CORS gồm có hai phần chính đó là hệ thống trạm CORS (Continuously Operating Reference Station) và hệ thống trạm quan trắc (Continuously Monitoring Station System (CMSS). Hệ thống trạm CORS gồm có ăng ten thu tín hiệu vệ tinh (CORS GNSS antenna) (1), cáp truyền số liệu (2), bộ thu CORS GNSS Receiver (3), modem wifi (4), máy tính chủ có cài phần mềm chuyên dụng (5), nguồn điện (6).

Hệ thống trạm quan trắc bao gồm: GNSS antenna (7), bộ thu GNSS (8), bộ truyền số liệu (9), bộ lưu điện (10), bộ chuyển đổi nguồn điện (11), tấm pin năng lượng mặt trời (12) (Cong Khai PHAM and et al., 2020). Các thành phần của hệ thống quan trắc được thể hiện như ở (hình 1).



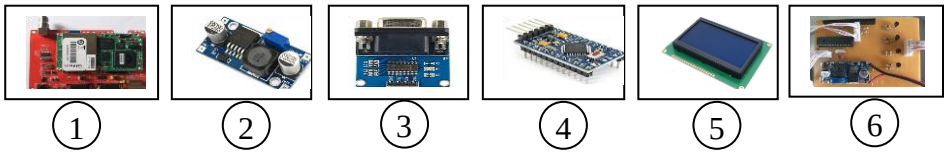

*a) Hệ thống trạm - CORS* *b) Hệ thống trạm quan trắc - CMSS*

*Hình 1. Các thành phần và nguyên lý hoạt động của hệ thống quan trắc chuyển dịch công trình theo thời gian thực*

Trạm CORS có nhiệm vụ xử lý số liệu để xác định số hiệu chỉnh cho trạm quan trắc theo chuẩn định dạng RTCM. Trạm quan trắc nhận được số hiệu chỉnh từ trạm CORS gửi tới sẽ tính toán để xác định tọa độ chính xác. Số liệu trạm quan trắc nhận được theo chuẩn định dạng NMEA-0183. Số hiệu chỉnh RTCM từ trạm CORS gửi tới trạm quan trắc và số liệu đo ở trạm quan trắc theo chuẩn định dạng NMEA gửi về máy chủ được thực hiện theo giao thức NTRIP (Network Transport of RTCM via Internet Protocol).

### *2.2. Nghiên cứu phát triển bộ thu GNSS cho trạm quan trắc*

Thu nhận và truyền dẫn số liệu từ trạm quan trắc về trạm CORS phải đảm bảo hoạt động liên tục và cung cấp vị trí không gian của trạm quan trắc theo thời gian thực. Bộ thu GNSS được thiết kế phát triển gồm có các module chính như ở (hình 2).



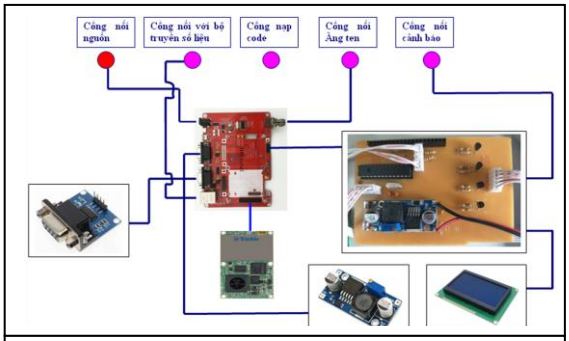

*Hình 2. Một số module để phát triển máy thu GNSS cho trạm quan trắc*

Tên các module chính của bộ thu số liệu GNSS được thể hiện như ở bảng 1.

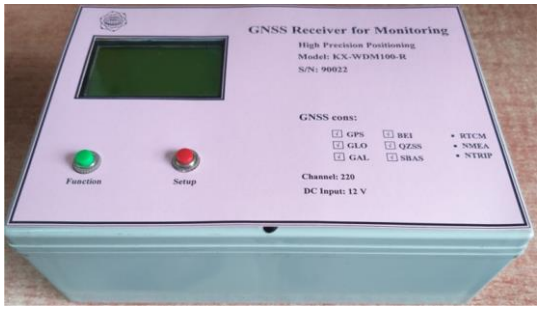
*Bảng 1. Các module của bộ thu GNSS cho trạm quan trắc*

| TT | Tên module | Mô tả |
|---|---|---|
| 1 | Module BD970 Trimble | Thu được 220 kênh của các hệ thống vệ tinh GNSS gồm: GPS L2C/ L5; GLONASS L1/L2; BeiDou B1/B2; Galileo L1/E5A/E5B/E5C1. Độ chính xác định vị về mặt bằng là 0.008m+1ppm, về độ cao là 0.015m+1ppm. |
| 2 | Module thay đổi điện áp DC-DC LM2596 | Module này dùng để hạ điện áp đầu ra từ 1.23V đến 30V, nó được sử dụng trong các mạch biến đổi nguồn DC - DC hay mạch cần giảm điện áp |
| 3 | Module RS232 to TTL | Module này được sử dụng Chip MAX 232 để chuyển mức dữ liệu giữa chuẩn RS232 và TTL. Nó giúp cho việc kết nối truyền thông với vi điều khiển mà không cần thêm các ngoại vi nào khác. |
| 4 | Module Atmega328P | Đây là module điều khiển trung tâm có nhiệm vụ điều khiển các module khác hoạt động, mọi mã code được nạp trực tiếp lên vi xử lý ATmega 328. Trong các giao thức truyền dẫn tín hiệu, module ATmega328 có nhiệm vụ nhận dữ liệu tính toán và trả về cho các module kết nối khác. |
| 5 | Màn hình hiển thị LCD12864 | Nó được sử dụng để hiện thi các thông tin, các dòng thông báo về tình trạng của máy thu GNSS |
| 6 | Module cảnh báo | Module này được tự thiết kế phát triển cho trạm quan trắc để cảnh báo bằng âm thanh và ánh sáng khi có chuyển dịch xảy ra vượt mức giới hạn |

Các module của bộ thu GNSS được kết nối với nhau theo sơ đồ thiết kế như ở hình 3.




*Hình 3. Sơ đồ kết nối các thành phần của bộ thu GNSS cho trạm quan trắc*

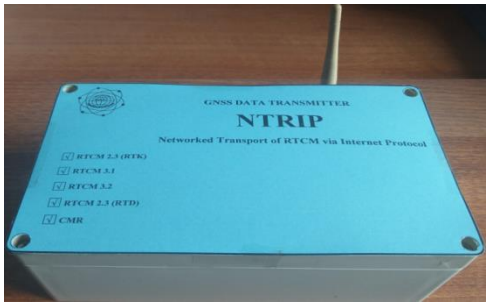



*Hình 4. Bộ thu GNSS cho trạm quan trắc theo thời gian thực*

Bộ thu GNSS sau khi lắp đặt hoàn chỉnh như ở (hình 4), một chương trình máy tính đã được thành lập để điều khiển hoạt động thu nhận và truyền dẫn số liệu của hệ thống. Chương trình được viết theo định dạng chuẩn dữ liệu NMEA, sử dụng công cụ lập trình Arduino và ngôn ngữ lập trình C#. Mã nguồn chương trình sau khi viết và kiểm tra lỗi, được nạp (upload) vào bộ thu GNSS thông qua cổng kết nối USB với máy tính

### *2.3. Nghiên cứu phát triển bộ truyền dữ liệu GNSS cho trạm quan trắc*

Việc truyền số liệu cải chính RTCM và dữ liệu quan trắc theo chuẩn định dạng NMEA được thực hiện qua Internet theo giao thức NTRIP bằng bộ truyền số liệu đã được thiết phát triển như ở (hình 5). Bộ truyền số liệu GNSS được phát triển dựa trên bo mạch chủ UNTB của TP-Link có công suất cao, sử dụng chip của Qualcomm để nhận, giải mã và xử lý tín hiệu ra vào, phát sóng wifi, truyền tín hiệu cổng LAN, ăng ten nhận và phát tín hiệu. Bo mạch chủ còn được tích hợp với USB Dcom có sim 4G để sử dụng dịch vụ viễn thông. Bộ truyền số liệu sử dụng nguồn DC 12V nhờ module thay đổi điện áp DC-DC LM2596 khi nguồn đầu vào lớn hơn 12V.




*Hình 5. Bộ truyền số liệu GNSS theo giao thức NTRIP*

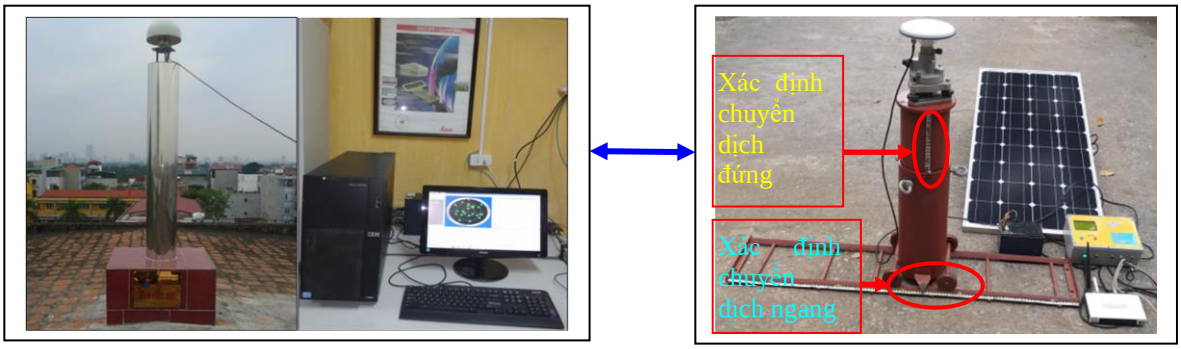
Với bộ thu và bộ truyền số liệu GNSS đã được thiết kế phát triển, kết hợp với ăng ten GNSS giá thành thấp của TOPGNSS có model là GN-GGB0710 có khả năng thu tín hiệu của các hệ thống vệ tinh GPS, GLONASS, Beidou, Galileo tạo thành máy thu GNSS có mã sản phẩm là KX-WDM100-R. Máy thu này kết hợp với các thiết bị phụ trợ khác như bộ lưu điện, tấm panel năng lượng mặt trời, bộ chuyển đổi điện năng, thiết bị cảnh báo tạo thành hệ thống trạm quan trắc chuyển dịch công trình theo thời gian thực như (hình 6b).

## 3. Thực nghiệm mô phỏng quan trắc chuyển dịch bằng máy thu GNSS KX-WDM100-R

Để đánh giá độ tin cậy của máy thu GNSS KX-WDM100-R trong quan trắc chuyển dịch công trình theo thời gian thực, một thực nghiệm mô phỏng dựa trên một hệ thống thiết bị đã được thiết kế, chế tạo gồm một đường ray nằm ngang có gắn một thước thép để xác định chuyển dịch ngang và một thước thép gắn vào mốc hình trụ thẳng đứng để xác định dịch chuyển đứng. Phía dưới của mốc quan trắc có gắn 4 bánh xe, có thể chuyển dịch trên đường ray. Thiết bị quan trắc gồm một ăng ten thu tín hiệu vệ tinh GNSS, một bộ thu và truyền dẫn số liệu GNSS đã được phát triển, acquy, tấm pin năng lượng mặt trời và các phụ kiện kèm theo. Ăng ten GNSS được đặt cố định lên mốc quan trắc và  nối với bộ thu nhận bằng cáp chuyên dụng. Sử dụng trạm CORS-N001 lắp đặt ở Trường đại học Mỏ - Địa chất để thực nghiệm. (hình 6a).

Máy thu GNSS KX-WDM100-R ở trạm quan trắc (hình 6b) được kết nối đến trạm CORS

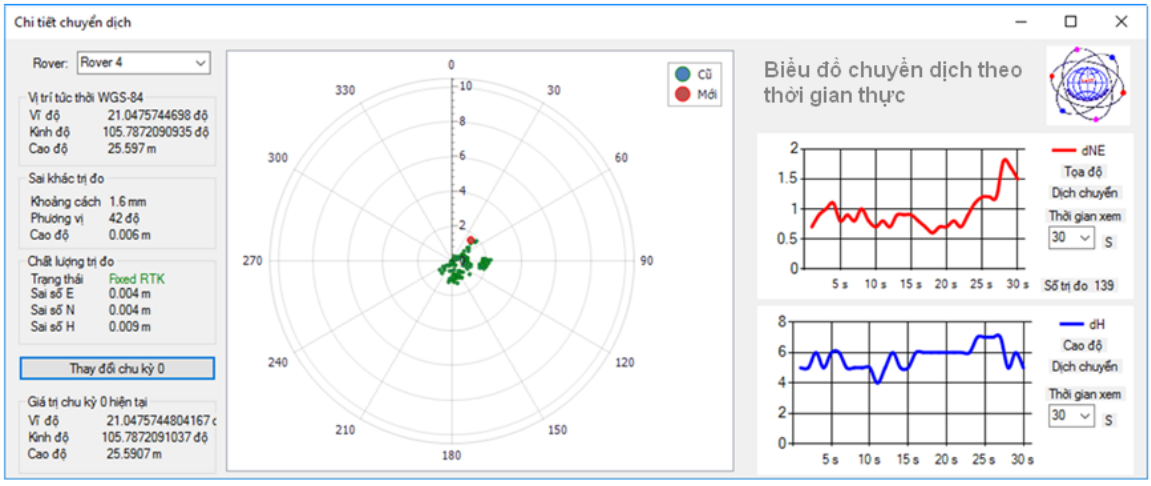
thông qua địa chỉ IP 118.70.171.179 và cổng truyền số liệu cải chính RTCM cho máy thu là 8001.




*a) Hệ thống trạm CORS-N001* *b) Hệ thống trạm quan trắc*

*Hình 6. Hệ thống thực nghiệm mô phỏng quan trắc chuyển dịch theo thời gian thực*

Ăng ten của máy thu KX-WDM100-R sẽ thu tín hiệu vệ tinh GNSS rồi truyền đến bộ thu Dữ liệu máy thu GNSS nhận được theo tiêu chuẩn định dạng NMEA và truyền về máy chủ của trạm CORS theo cổng 3004. Kết quả định vị cho thấy sai số theo trục X là 0.004m và sai số theo trục Y là 0.004m, sai số về độ cao là 0.009m. Sai số định vị của máy thu GNSS KX-WDM100-R và biểu đồ thay đổi vị trí theo thời gian quan trắc được thể hiện trên phần mềm theo dõi chi tiết chuyển dịch như (hình 7).




*Hình 7. Sai số định vị của máy thu KX-WDM100-R*

Với sai số như vậy máy thu GNSS KX-WDM100-R đáp ứng được cho việc quan trắc chuyển dịch công trình theo thời gian thực.

Số liệu từ máy thu GNSS ở trạm quan trắc truyền về máy chủ trung tâm trạm CORS theo chuẩn định dạng NMEA-0183 với tần suất thấp nhất là 1Hz và cao nhất là 50Hz tùy vào yêu cầu công trình quan trắc mà người sử dụng cài đặt trong phần mềm đã được xây dựng. Ở bảng 2 là một đoạn số liệu thu được ở trạm quan trắc bằng máy thu GNSS KX-WDM100-R.

*Bảng 1. Một đoạn số liệu quan trắc bằng máy thu GNSS KX-WDM100-R*

| |
|---|
| $GNGGA,070309.00,2104.29999960,N,10546.41406609,E,4,22,0.7,23.698,M,-28.333,M,1.0,4095*4C |
| $GNGGA,070310.00,2104.30000020,N,10546.41406564,E,4,22,0.7,23.699,M,-28.333,M,1.0,4095*41 |
| $GNGGA,070311.00,2104.29999998,N,10546.41406593,E,4,22,0.7,23.703,M,-28.333,M,1.0,4095*41 |
| $GNGGA,070312.00,2104.29999893,N,10546.41406725,E,4,22,0.7,23.700,M,-28.333,M,1.0,4095*44 |
| $GNGGA,070313.00,2104.29999942,N,10546.41406699,E,4,22,0.7,23.701,M,-28.333,M,1.0,4095*4F |
| $GNGGA,070314.00,2104.29999894,N,10546.41406737,E,4,22,0.7,23.701,M,-28.333,M,1.0,4095*47 |
| $GNGGA,070315.00,2104.30000032,N,10546.41406652,E,4,22,0.7,23.689,M,-28.333,M,1.0,4095*40 |
| $GNGGA,070316.00,2104.29999938,N,10546.41406966,E,4,22,0.7,23.699,M,-28.333,M,1.0,4095*48 |
| $GNGGA,070317.00,2104.29999921,N,10546.41406725,E,4,22,0.7,23.698,M,-28.333,M,1.0,4095*49 |
| $GNGGA,070318.00,2104.29999947,N,10546.41406839,E,4,22,0.7,23.701,M,-28.333,M,1.0,4095*45 |
| $GNGGA,070319.00,2104.29999955,N,10546.41406849,E,4,22,0.7,23.696,M,-28.333,M,1.0,4095*4F |
| $GNGGA,070320.00,2104.29999779,N,10546.41406726,E,4,22,0.7,23.699,M,-28.333,M,1.0,4095*4C |
| ..... |

Từ số liệu quan trắc như ở bảng 1, lọc ra để lấy các giá trị tọa độ đã được cải chính từ trạm CORS. Từ các giá trị tọa độ đó trong hệ tọa độ WGS84, tính đổi sang tọa độ VN 2000 theo công thức (1), (Phạm Hoàng Lân, Đặng Nam Chinh, Dương Vân Phong, Vũ Văn Trí, 2017).

$$\left.\begin{aligned} X &= \Delta X_o + k.(X' + \varepsilon_o.Y' - \psi_o.Z') \\ Y &= \Delta Y_o + k.(-\varepsilon_o.X' + Y' + \omega_o.Z') \\ Z &= \Delta Z_o + k.(\psi_o.X' - \omega_o.Y' + Z') \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Trong đó:

- X, Y, Z là tọa độ vuông góc không gian trong hệ tọa độ VN-2000, (m)
- X', Y',Z' là tọa độ vuông góc không gian trong hệ tọa độ WGS- 84, (m)
- $\Delta X_o$ , $\Delta Y_o$ , $\Delta Z_o$ là các tham số dịch chuyển gốc tọa độ (m)
- $\omega_o$ , $\psi_o$ , $\varepsilon_o$ là 3 góc xoay trục tọa độ tương ứng với các trục X, Y, Z, ( radian)
- k là hệ số tỷ lệ chiều dài giữa 2 hệ.

Các tham số tính đổi tọa độ từ hệ WGS-84 sang hệ tọa độ VN-2000 do Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố, (Quyết định 05/2007/QĐ-BTNMT).

Giá trị tọa độ của trạm quan trắc sau khi tính đổi sang hệ tọa độ VN-2000, tính ra giá trị trung bình cho từng thời điểm quan trắc. Độ dịch chuyển theo trục X, theo trục Y và dịch chuyển toàn phần được xác định bằng hiệu tọa độ giữa hai thời điểm quan trắc, được xác định theo các công thức sau:

- Chuyển dịch theo trục OX:

$$Qx = X^{i+1} - X^i \quad (2)$$

- Chuyển dịch theo trục OY:

$$Qy = Y^{i+1} - Y^i \quad (3)$$

- Chuyển dịch toàn phần:

$$Q = \sqrt{Q_X^2 + Q_Y^2} \quad (4)$$

Trong bảng 2 thể hiện giá trị chuyển dịch ngang xác định bằng thiết bị quan trắc và được đo trực tiếp bằng thước thép gắn trên mốc quan trắc, độ chênh lệch về chuyển dịch ngang lớn nhất là 3.3 mm, nhỏ nhất là 2.2 mm.

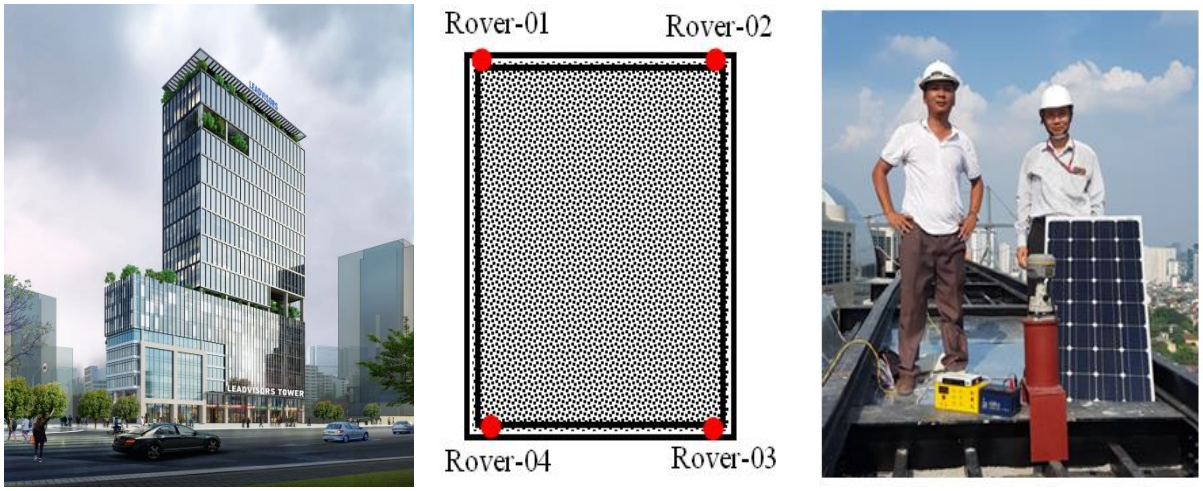
*Bảng 2. Kết quả quan trắc thực nghiệm mô phỏng bằng máy thu GNSS KX-WDM100-R*

| Lần quan trắc | Tọa độ (m) | | Chuyển dịch (mm) | | | Chuyển dịch đo trực tiếp (mm) | Chênh lệch (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | Theo trục X | Theo trục Y | Toàn phần | | |
| 1 | 2330873.1892 | 580572.4845 | 1.9 | 19.6 | 19.7 | 23.0 | 3.3 |
| 2 | 2330873.1911 | 580572.5041 | 3.4 | 34.2 | 34.4 | 31.5 | 2.9 |
| 3 | 2330873.1945 | 580572.5383 | 3.3 | 42.9 | 43.0 | 40.0 | 3.0 |
| 4 | 2330873.1978 | 580572.5812 | 3.2 | 54.4 | 54.5 | 57.0 | 2.5 |
| 5 | 2330873.2010 | 580572.6356 | 4.2 | 59.7 | 59.8 | 62.0 | 2.2 |
| 6 | 2330873.2052 | 580572.6953 | | | | | |

Như vậy với máy thu GNSS KX-WDM100-R đã được nghiên cứu phát triển hoàn toàn có thể ứng dụng vào trong công tác quan trắc chuyển dịch công trình xây dựng trên mặt đất, quan trắc trượt lở đất đá theo thời gian thực.

**4. Thực nghiệm quan trắc chuyển dịch công trình nhà cao tầng**

Để đánh giá khả năng ứng dụng của máy thu GNSS KX-WDM100-R đã được nghiên cứu phát triển, một thực nghiệm quan trắc chuyển dịch công trình nhà cao tầng đã được tiến hành. Công trình được lựa chọn quan trắc là tòa nhà Leadvisors Tower xây dựng trên thửa đất có diện tích 3.067 $m^2$ tại số 643 đường Phạm Văn Đồng, phường Cổ Nhuế 1, Quận Bắc Từ Liêm, thành phố Hà Nội (hình 8). Công trình có quy mô bao gồm khối nhà 25 tầng nổi và 03 tầng hầm và tầng kỹ thuật, sàn mái với tổng chiều cao công trình là 94,8m tính từ độ cao +0.000 đến đỉnh tum thang máy.




*Hình 8. Tòa nhà quan trắc thực nghiệm*

Tòa nhà này đã được xây dựng và đưa vào hoàn thiện và cũng được quan trắc trắc lún (dịch chuyển đứng) bằng máy thủy chuẩn theo chu kỳ. Việc quan trắc bằng máy thu GNSS được tiến hành song song với quá trình quan trắc lún, do đó có điều kiện kiểm chứng. Trên mái đỉnh tháp của tòa nhà bố trí 04 trạm quan trắc bằng máy thu GNSS. Sử dụng trạm CORS-N001 lắp đặt ở Trường Đại học Mỏ - Địa chất để cung cấp số số cải chính và lưu trữ số liệu quan trắc từ các trạm quan trắc truyền tới thông qua phần mềm NTRIP tự nghiên cứu thành lập có tên là Server GNSS CORS WDM (hình 9). Số liệu quan trắc được truyền liên tục về máy chủ với tần

suất 1Hz theo tiêu chuẩn định dạng NMEA.

Ở bảng 3 là một đoạn số liệu thu được ở trạm quan trắc tòa nhà Leadvisors Tower.

*Bảng 3. Một đoạn số liệu quan trắc tòa nhà Leadvisors Tower*

```
$GPGGA,084250.00,2102.9885801,N,10546.9298977,E,4,20,1.3,79.3235,M,0.000,M,01,0000*5B
$GNGSA,M,3,29,15,05,02,13,,,,,,,,1.3,1.3,0.0*2A
$GNGSA,M,3,153,150,146,141,148,142,151,149,143,145,144,154,1.3,1.3,0.0*20
$GNGSA,M,3,54,41,40,,,,,,,,,,1.3,1.3,0.0*20
$GPGST,084250.00,0.28,0.00,0.00,-7.8625,0.0033,0.0033,0.0048*49
$GPZDA,084250.00,12,08,2019,,*6C
$GPGGA,084251.00,2102.9885801,N,10546.9298972,E,4,20,1.3,79.3249,M,0.000,M,02,0000*57
$GNGSA,M,3,29,15,05,02,13,,,,,,,,1.3,1.3,0.0*2A
$GNGSA,M,3,153,150,146,141,148,142,151,149,143,145,144,154,1.3,1.3,0.0*20
$GNGSA,M,3,54,41,40,,,,,,,,,,1.3,1.3,0.0*20
$GPGST,084251.00,0.28,0.00,0.00,-7.8791,0.0035,0.0035,0.0051*4E
$GPZDA,084251.00,12,08,2019,,*6D
$GPGGA,084252.00,2102.9885798,N,10546.9298959,E,4,20,1.3,79.3248,M,0.000,M,03,0000*52
……
```

Quá trình xử lý được tiến hành qua hai bước sau:

*1. Kiểm tra tính toàn vẹn của các thông tin trong chuỗi trị đo*

Việc kiểm tra tính toàn vẹn của dữ liệu được thực hiện bằng cách phân tích tất cả các ký tự trong khoảng từ $ đến * của chuỗi tin nhắn NMEA thành một chuỗi mới. Sau đó, chỉ cần thực hiện thuật toán thao tác bit XOR từ ký tự đầu tiên với ký tự tiếp theo, cho đến khi kết thúc chuỗi.

*2. Lọc thông tin trị đo đã được hiệu chỉnh vị trí*

Trong chuỗi tin nhắn GNGGA hoặc GPGGA, nếu sau ký tự "E" là số 4 thì trị đo này đã được được hiệu chỉnh và lọc ra giá trị đó. Nếu sau ký tự "E" là số 0, 1, 2, 3 hay 5 thì không lấy trị đo này. Việc lọc ra tọa độ có sai số nhỏ được thực hiện bằng cách phân tích chuỗi tin nhắn GPGST hoặc GNGST.

3. *Tính đổi tọa độ và lập báo cáo kết quả quan trắc*

Sau khi xử lý số liệu bước 1 và 2, đã tạo được tệp trị đo đã được hiệu chỉnh vị trí chính xác nhất dạng GGA. Từ tệp số liệu này lọc ra tọa độ của các điểm trong hệ tọa độ WGS84 sau đó tính đổi sang tọa độ VN-2000 theo công tức (1). Từ tọa độ của điểm quan trắc trong hệ tọa độ VN-2000, sẽ tính trung bình theo thời gian 1h, rồi 1 ngày sẽ được một tọa độ chính xác. So sánh tọa độ giữa những khoảng thời gian khác nhau sẽ xác định được độ dịch chuyển ngang và đứng của công trình. Dựa trên độ dịch chuyển của các trạm quan trắc sẽ đánh giá được độ ổn định của công trình.

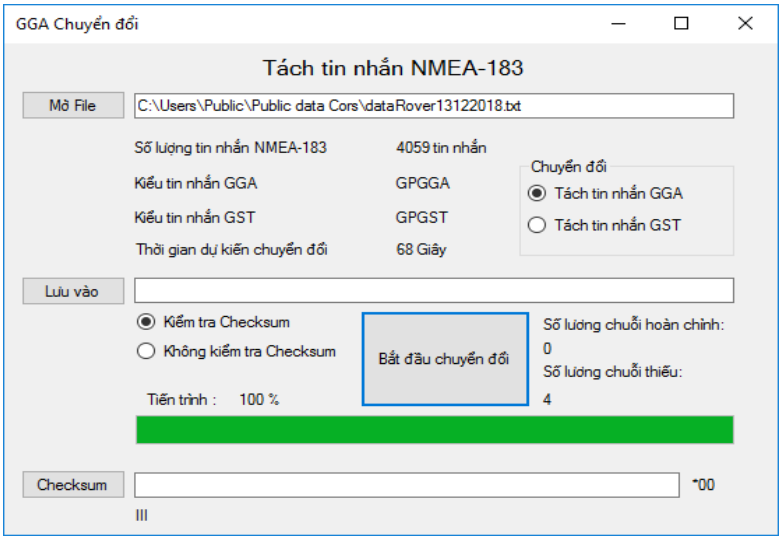
Việc xử lý số liệu bước 1 và bước 2 được thực hiện bằng một module của phần mềm **Server GNSS CORS WDM** đã được thành lập (hình 9) và được kết quả như ở bảng 4.

Kết quả xử lý bước 3 được thể hiện như ở bảng 5

Từ kết quả ở bảng 5 sẽ xác định độ dịch chuyển của công trình theo công thức (2), (3), (4).

Sau khi xử lý xác định được tọa độ cho trạm quan trắc tiến hành tính trung bình giá trị tọa

độ theo từng ngày, từng tháng, từ đó xác định được độ chuyển dịch ngang và đứng. Bảng 6 thể hiện kết quả tính chuyển dịch tòa nhà Leadvisors Tower.




*Hình 9. Module phần mềm xử lý thông tin trị đo theo định dạng tiêu chuẩn NMEA*

*Bảng 4. Kết quả xử lý số liệu quan trắc bước 1 và 2 tòa nhà Leadvisors Tower*

```
$GPGGA,170001.000,2102.8538700,N,10547.2309401,E,4,12,0.8,22.058,M,-24.800,M,,0000*41
$GPGGA,170004.000,2102.8538716,N,10547.2309414,E,4,12,0.8,22.059,M,-24.800,M,,0000*46
$GPGGA,170007.000,2102.8538710,N,10547.2309395,E,4,12,0.8,22.046,M,-24.800,M,,0000*43
$GPGGA,170010.000,2102.8538701,N,10547.2309399,E,4,12,0.8,22.040,M,-24.800,M,,0000*4F
$GPGGA,170013.000,2102.8538722,N,10547.2309397,E,4,12,0.8,22.050,M,-24.800,M,,0000*42
$GPGGA,170016.000,2102.8538724,N,10547.2309392,E,4,12,0.8,22.061,M,-24.800,M,,0000*46
$GPGGA,170019.000,2102.8538745,N,10547.2309389,E,4,12,0.8,22.058,M,-24.800,M,,0000*4E
$GPGGA,170022.000,2102.8538712,N,10547.2309395,E,4,12,0.8,22.056,M,-24.800,M,,0000*47
$GPGGA,170025.000,2102.8538723,N,10547.2309378,E,4,12,0.8,22.047,M,-24.800,M,,0000*41
$GPGGA,170028.000,2102.8538722,N,10547.2309381,E,4,12,0.8,22.043,M,-24.800,M,,0000*4F
$GPGGA,170031.000,2102.8538708,N,10547.2309396,E,4,12,0.8,22.050,M,-24.800,M,,0000*4B
$GPGGA,170034.000,2102.8538727,N,10547.2309356,E,4,12,0.8,22.052,M,-24.800,M,,0000*4D
$GPGGA,170037.000,2102.8538718,N,10547.2309390,E,4,12,0.8,22.049,M,-24.800,M,,0000*42
$GPGGA,170039.000,2102.8538708,N,10547.2309385,E,4,12,0.8,22.044,M,-24.800,M,,0000*44
$GPGGA,170040.000,2102.8538714,N,10547.2309380,E,4,12,0.8,22.055,M,-24.800,M,,0000*42
$GPGGA,170043.000,2102.8538701,N,10547.2309373,E,4,12,0.8,22.052,M,-24.800,M,,0000*4E
$GPGGA,170046.000,2102.8538701,N,10547.2309395,E,4,12,0.8,22.052,M,-24.800,M,,0000*43
.....
```

*Bảng 5. Kết quả tính đổi tọa độ quan trắc tòa nhà Leadvisors Tower*

| No | B<br>o ′ ″ | L<br>o ′ ″ | h<br>(m) | X<br>(m) | Y<br>(m) | H<br>(m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 21 4 11.158440 | 105 46 38.154462 | 68.407 | 2330873.187 | 580572.482 | 93.469 |
| 2 | 21 4 11.158470 | 105 46 38.154516 | 68.410 | 2330873.188 | 580572.484 | 93.472 |
| 3 | 21 4 11.158440 | 105 46 38.154558 | 68.409 | 2330873.187 | 580572.485 | 93.471 |
| 4 | 21 4 11.158554 | 105 46 38.154456 | 68.402 | 2330873.190 | 580572.482 | 93.464 |
| 5 | 21 4 11.158434 | 105 46 38.154552 | 68.405 | 2330873.186 | 580572.485 | 93.467 |
| 6 | 21 4 11.158530 | 105 46 38.154486 | 68.409 | 2330873.189 | 580572.483 | 93.471 |
| 7 | 21 4 11.158554 | 105 46 38.154522 | 68.410 | 2330873.190 | 580572.484 | 93.472 |
| 8 | 21 4 11.158440 | 105 46 38.154468 | 68.402 | 2330873.187 | 580572.482 | 93.464 |
| 9 | 21 4 11.158422 | 105 46 38.154492 | 68.405 | 2330873.186 | 580572.483 | 93.467 |
| 10 | 21 4 11.158464 | 105 46 38.154450 | 68.407 | 2330873.187 | 580572.482 | 93.469 |
| … | ……... | ……... | ……. | ……... | …… | …… |

*Bảng 6. Kết quả tính chuyển dịch biến dạng tòa nhà Leadvisors Tower*

| Thời gian quan trắc | X (m) | Y (m) | H (m) | dX (mm) | dY (mm) | dP (mm) | Dh (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/7/2019 | 2330873.189 | 580572.484 | 93.479 | | | | |
| | | | | -2.0 | 3.0 | 3.6 | -4.0 |
| 10/7/2019 | 2330873.191 | 580572.487 | 93.475 | | | | |
| | | | | 2.0 | 2.0 | 2.8 | -4.0 |
| 20/7/2019 | 2330873.194 | 580572.489 | 93.471 | | | | |
| | | | | -2.0 | -3.0 | 3.6 | -3.0 |
| 30/7/2019 | 2330873.193 | 580572.485 | 93.468 | | | | |
| | | | | | | | |
| …… | ……. | …….. | …….. | …… | …… | ….. | ….. |
| | | | | | | | |

So với kết quả quan trắc độ lún của tòa nhà bằng máy thủy chuẩn trong một chu kỳ (một tháng) nhận thấy rằng kết quả độ lún từ 1 đến 3 mm. Như vậy có thể thấy rằng máy thu GNSS KX-WDM100-R được thiết kế phát triển có thể quan trắc được chuyển dịch biến dạng công trình nhà cao tầng.

Ngoài việc thực nghiệm quan trắc công trình nhà cao tầng, máy thu GNSS KX-WDM100-R còn được thực hiện để quan trắc công trình cầu (hình 10). Tuy nhiên do giới hạn của bài báo nên tác giả không trình bày chi tiết ở đây.



*Hình 10. Quan trắc công trình cầu Thăng Long*

## 5. Kết luận

Hiện nay máy thu GNSS hai tần số được sử dụng rộng rãi cho nhiều mục đích khác nhau đặc biệt là đáp ứng cho các yêu cầu có độ chính xác cao theo thời gian thực. Tuy nhiên, các máy thu hai tần số có độ chính xác cao thường có giá khá cao, cho nên làm hạn chế khả năng ứng dụng của nó. Trong nghiên cứu này đã tập trung vào thiết kế phát triển máy thu GNSS KX-WDM100-R dựa trên nền tảng công nghệ của hãng Trimble. Độ chính xác định vị của máy thu GNSS đạt được ở mức mm. Bộ truyền dẫn số liệu cải chính RTCM và số liệu quan trắc NMEA qua nền mạng IP theo giao thức NTRIP đã được thiết kế phát triển có thể truyền số liệu theo thời gian thực. Bộ thu GNSS và bộ truyền số liệu được thiết kế phát triển kết hợp với ăng ten GNSS giá thành thấp tạo thành máy thu GNSS đáp ứng được cho công tác quan trắc liên tục chuyển dịch công trình theo thời gian thực. Với máy thu GNSS GNSS KX-WDM100-R đã

được phát triển cùng với phần mềm NTRIP Server GNSS CORS WDM tạo nên một trạm quan trắc hoạt động hoàn toàn tự động từ thu nhận, truyền dẫn, xử lý số liệu và cảnh báo đều diễn ra trong thời gian thực.

**Lời cảm ơn**

Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ Hà Nội thuộc đề tài mã số 01C-01/02-2020-3. Các tác giả xin chân thành cảm ơn Sở Khoa học và Công nghệ, UBND nhân dân thành phố Hà Nội và Trường Đại học Mỏ - Địa chất đã tạo mọi điều kiện để thực hiện nghiên cứu này.

**Tài liệu tham khảo**

1. Phạm Công Khải và nnk (2019). Nghiên cứu phương pháp quan trắc liên tục sự dịch chuyển và biến dạng công trình trên địa bàn thành phố Hà Nội. Báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu đề tài cấp thành phố, mã số 01C-04/08-2016-3, Sở Khoa học và Công nghệ Hà Nội.

2. Phạm Hoàng Lân, Đặng Nam Chinh, Dương Vân Phong, Vũ Văn Trí, 2017. Trắc địa cao cấp đại cương, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội.

3. Tạ Hải Tùng và nnk (2016). Nghiên cứu chế tạo hệ thống cung cấp dịch vụ định vị GPS độ chính xác cm trong thời gian thực cho các lĩnh vực đòi hỏi độ chính xác cao. Báo cáo kết quả nghiên cứu đề tài, mã số VT/CN-02/13-15.

4. Phạm Hoàng Lân, Đặng Nam Chinh, Dương Vân Phong, Vũ Văn Trí, 2017. Trắc địa cao cấp đại cương, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội.

5. T. Takasu, A. Yasuda (2008). Evaluation of RTK-GPS Performance with Low-cost Single-frequency GPS Receivers, in: Proc. 13th GPS/GNSS Symposium 2008, Nov. 11-14, Tokyo, Japan

6. Trajkovski, K.K.; Sterle, O.; Stopar, B (2010). Study positioning with high sensitivity GPS sensors under adverse conditions. *Sensors 10*, 8332-8347.

7. Jinsang Hwang, Hongsik Yun, Yongcheol Suh, Jeongho Cho and Dongha Lee (2012). Development of an RTK-GPS Positioning Application with an Improved Position Error Model for Smartphones. *Sensors* 12, 12988-13001; doi:10.3390/s121012988.

8. Lee, H.K (2010). An integration of GPS with INS sensors for precise long-baseline kinematic positioning. *Sensors 10*, 9424-9438.

9. Hwang, J.; Yun, H.; Park, S.-K.; Lee, D.; Hong, S (2012). Optimal methods of RTK-GPS/Accelerometer integration to monitor the displacement of structures. *Sensors 12*, 1014-1034.

10. B. Wisniewski, K. Bruniecki, M. Moszynski (2013). Evaluation of RTKLIB's positioning accuracy using low-cost GNSS receiver and ASG-EUPOS, TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation 7 (1) 79-85, https://doi.org/10.12716/1001.07.01.10.

11. M. Pepe (2018). CORS architecture and evaluation of positioning by low-cost GNSS

receiver, Geod. Cartography 44 (2) 36-44.
12. Parluhutan Manurung, Hari Pramujo, Joshua BP Manurung (2019). Development of GNSS Receiver for Mobile CORS with RTK Correction Services Using Cloud Server. *E3S Web of Conferences* 94, 01010.
13. R. Odolinski, P. Teunissen (2016). Single-frequency, dual-GNSS versus dual-frequency, single-GNSS: a low-cost and high-grade receivers GPS-BDS RTK analysis, J. Geod. 90 (11) 1255-1278.
14. R. Odolinski, P. Teunissen (2017). Low-cost, high-precision, single-frequency GPS-BDS RTK Positioning, GPS Solutions 21, 1315-1330.
15. R. Odolinski, P. Teunissen (2018). An assessment of smartphone and low-cost multi-GNSS single-frequency RTK positioning for low, medium and high ionosphericdisturbance periods, J. Geod. https://doi.org/10.1007/s00190-018-1192-5.
16. A. Sioulis, M. Tsakiri, D. Stathas (2015). Evaluation of low cost, high sensitivity GNSS receivers based on the ISO RTK standards, Int. J. Geomatics Geosci. 6 (2) 1597-1606.
17. M. Tsakiri, A. Sioulis, G. Piniotis (2017). Compliance of low-cost, single-frequency GNSS receivers to standards consistent with ISO for control surveying, Int. J. Metrol. Qual. Eng. 8 (11) 1-12.
18. María S. Garrido-Carretero, María C. de Lacy-Pérez de los Cobos, María J. Borque-Arancón, Antonio M. Ruiz-Armenteros, Rubén Moreno-Guerrero, Antonio J. Gil-Cruz (2019). Low-cost GNSS receiver in RTK positioning under the standard ISO-17123-8: A feasible option in geomatics. Measurement 137, 168-178.
19. Cong Khai PHAM, Dinh Trong TRAN, Van Hai NGUYEN (2020). GNSS/CORS-Based Technology for Real-Time Monitoring of Landslides on Waste Dump - A Case Study at the Deo Nai South Dump, Vietnam. *Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, No 2(46), part 1, p. 181-192.

## ABSTRACT

## RESEARCH AND DEVELOPMENT OF HIGH ACCURACY GNSS RECEIVERS FOR REAL-TIME WORKS DISPLACEMENT MONITORING

**Pham Cong Khai**
*Ha Noi University of mining and Geology*
*Corresponding author: phamcongkhai@humg.edu.vn*

Today, there are many geodetic methods for works displacement monitoring, based on different technologies and equipment. With the development of the global navigation satellite system - GNSS has provided users with positioning services to meet the requirements of high accuracy in real time. This paper presents the results of research and development of a high-

precision GNSS receivers for real-time works displacement monitoring. The GNSS receiver is designed and developed based on Trimble's technology. The GNSS receivers is designed for continuous operation from data acquisition, transmission, and processing in real time. The continuously operation reference station (CORS) was used to correct position for monitoring station in the RTCM format. A data transmitter from the monitoring station to the server has been designed and developed besed on Networked Transport of RTCM via Internet Protocol. Experimental results show that the GNSS receiver is designed and developed can achieve an accuracy of mm, which is suitable for real-time works displacement monitoring.

*Keywords*: Trimble BD970; NTRIP; KX-WDM100-R; RTCM; NMEA-0183

# NGHIÊN CỨU SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC TRỊ ĐO MẶT ĐẤT ĐẾN ĐỘ CHÍNH XÁC BÌNH SAI LƯỚI GNSS

**Nguyễn Đình Huy, Trần Đình Trọng, Lương Ngọc Dũng, Bùi Duy Quỳnh**
*Trường Đại học Xây dựng Hà Nội*
*Tác giả liên hệ: huynd@nuce.edu.vn*

**Tóm tắt:** Trong công tác xây dựng lưới, phương pháp đo GNSS tĩnh được ứng dụng rất phổ biến và hiệu quả. Tuy nhiên, lưới GNSS cũng khó đáp ứng được độ chính xác trong các khu vực bị hạn chế tầm thông hướng mặt đất lên vệ tinh như các khu đô thị có mật độ xây dựng dầy đặc, khu vực hẻm núi,... Trong các trường hợp đó, lưới GNSS cần thiết phải kết hợp cùng các trị đo mặt đất để đảm bảo khả năng định vị và độ chính xác. Bài báo tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của các trị đo mặt đất bao gồm khoảng cách, góc bằng và góc đứng đối với độ chính xác bình sai lưới GNSS thông qua xử lý mạng lưới hỗn hợp. Kết quả nghiên cứu cho thấy độ chính xác mặt bằng của lưới GNSS được tăng lên 12,9%, 14,9% và 18,8% khi thêm khoảng cách, góc bằng và hai trị đo tương ứng. Trong khi đó, độ chính xác độ cao lưới GNSS tăng 22,1% nếu GNSS kết hợp cùng với góc nghiêng.

**Từ khóa:** Hệ thống định vị toàn cầu GNSS, lưới GNSS kết hợp trị đo mặt đất, bình sai hỗn hợp, độ chính xác.

## 1. Đặt vấn đề

Hệ thống định vị vệ tinh GNSS (Global Navigation Satellite System) đang được sử dụng như là một công nghệ đa mục đích bởi độ chính xác và hiệu quả hơn các công nghệ đo đạc truyền thống mặt đất khác. Đặc biệt trong công tác xây dựng lưới khống chế trắc địa, GNSS được ứng dụng rất phổ biến do độ chính xác đạt được, do tính linh hoạt của đồ hình lưới... Tuy nhiên, nhược điểm lớn nhất của GNSS là yêu cầu thông hướng giữa máy thu trên mặt đất và các vệ tinh; do đó công tác định vị sẽ gặp khó khăn và thậm chí là không thể thực hiện tại những khu vực tín hiệu vệ tinh bị hạn chế hoặc bị cản trở như khu đô thị, thung lũng, hẻm...

Mạng lưới hỗn hợp bao gồm trị đo GNSS và trị đo trên mặt đất bởi máy toàn đạc điện tử (Total Station - TS) như khoảng cách và góc có thể khắc phục được các nhược điểm của GNSS trong trường hợp xây dựng lưới ở những khu vực bị hạn chế tầm thông hướng lên vệ tinh thường gặp trong đo đạc địa chính (Shin và nnk, 2000), trong quan trắc biến dạng công trình dân dụng, đập nước và trong quan trắc sạt lở đất (Valev, 1995; USACE, 2002; Kim, 2001; Ilie, 2016).

Ở Việt Nam, Hùng (2014) đã nghiên cứu bình sai kết hợp trị đo GNSS và trị đo mặt đất trong hệ tọa độ vuông góc không gian địa diện chân trời và đề xuất công thức tính số cải chính biến dạng góc bằng khi bình sai kết hợp trị đo mặt đất và GNSS. Ngoài ra, Hà (2020) đã nghiên cứu và đề xuất giải pháp hỗn hợp lưới không gian cạnh ngắn kết hợp với trị đo mặt đất áp dụng

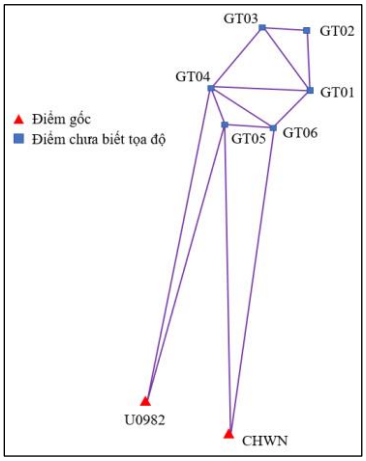
cho công trình có chiều cao lớn đảm bảo đủ độ chính xác trong xây dựng công trình. Mặc dù các nghiên cứu trên đã đề cập đến việc bình sai lưới hỗn hợp đáp ứng độ chính xác yêu cầu trong phạm vi nghiên cứu; tuy nhiên, việc đánh giá cụ thể tác động của từng loại trị đo mặt đất đến bình sai lưới GNSS còn chưa được làm rõ.

Nghiên cứu này tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của các loại trị đo mặt đất gồm khoảng cách, góc bằng và góc đứng đến độ chính xác lưới GNSS thông qua bình sai lưới hỗn hợp bao gồm trị đo GNSS và trị đo mặt đất. Lưu ý rằng mức độ ảnh hưởng sẽ được đánh giá và phân tích thông qua mức độ cải thiện độ chính xác các điểm lưới GNSS khi kết hợp cùng các trị đo mặt đất.

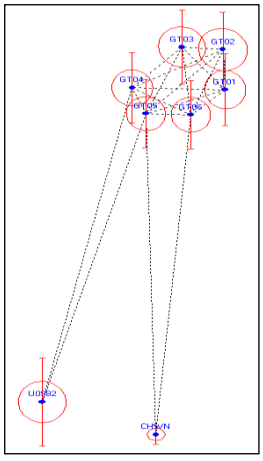
## 2. Số liệu, phương pháp và kết quả nghiên cứu

### *2.1. Số liệu và phương pháp nghiên cứu*

Lưới GNSS kết hợp trị đo mặt đất được xây dựng trong khuôn viên của trường Đại học Quốc gia Changwon, Hàn Quốc như được mô tả trong Hình 1 (Huy, 2020). Mạng lưới gồm 8 điểm mốc trong đó hai điểm gốc đã biết toạ độ là CHWN, U0982 và sáu điểm chưa biết tọa độ theo thứ tự từ GT01 đến GT06. Cần lưu ý rằng, lưới này được xây dựng ở khu vực thông thoáng và các điểm thông hướng với nhau để đo được các trị đo mặt đất.




*Hình 1. Đồ hình mạng lưới thực nghiệm*



*Hình 2. Lưới hỗn hợp GV sau bình sai*

Ba máy thu GNSS đa tần: 2 máy Javad Alpha và 1 máy Sokkia có độ chính xác mặt bằng và độ cao lần lượt là ±3mm+0.5ppm và ±5mm+0.5ppm, đã được sử dụng để thu tín hiệu GNSS ở chế độ đo tĩnh. Tổng cộng 6 ca đo đã được tiến hành, mỗi ca đo được thực hiện trong 1 giờ với tần số thu tín hiệu 5 giây/trị đo. Số liệu đo GNSS được xử lý cạnh bởi phần mềm LGO v8.4 (Leica Geo Office) và kết quả có 39 vector và ma trận phương sai của các cạnh được sử dụng.

Máy toàn đạc điện tử Topcon GTS-723 có độ chính xác đo góc ±3” và đo khoảng cách ±2mm+2ppm, được sử dụng để đo đạc các trị đo mặt đất bao gồm 15 khoảng cách ngang (D), 15 góc bằng (H) và 12 góc đứng (V).

Số lượng các trị đo và các trường hợp lưới hỗn hợp gồm: GNSS - khoảng cách (GD), GNSS - góc bằng (GH), GNSS - khoảng cách - góc bằng (GDH) và cuối cùng là GNSS - góc đứng (GV), được thể hiện trong Bảng 1.

*Bảng 1. Các trường hợp lưới GNSS kết hợp trị đo mặt đất*

| Trường hợp | Trị đo và số lượng | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Vector cạnh | Khoảng cách | Góc bằng | Góc đứng | Tổng |
| GD | 39 | 15 | - | - | 54 |
| GH | 39 | - | 15 | - | 54 |
| GDH | 39 | 15 | 15 | - | 69 |
| GV | 39 | - | - | 12 | 51 |

Mạng lưới GNSS và các lưới hỗn hợp sẽ được bình sai sử dụng phần mềm GeoLabPX5 được phát triển bởi công ty BitWise Ideas, Canada. GeoLabPX5 có thể đồng thời xử lý 3-D vectơ cạnh GNSS, góc và khoảng cách thu được bằng TS (Robin, 2017). Ngoài ra, phần mềm MATLAB cũng được sử dụng để phân tích kết quả trong nghiên cứu này.

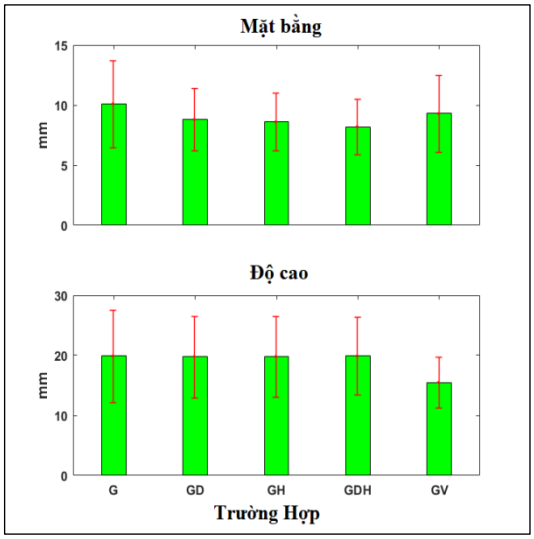
***2.2. Kết quả và thảo luận***

Đầu tiên mạng lưới GNSS được bình sai riêng, sử dụng một điểm gốc CHWN để kiểm tra sai số thô và cũng để chỉnh lại mô hình trọng số của lưới. Kết quả cho thấy không có sai số thô và mô hình trọng số vector cạnh GNSS được hiệu chỉnh theo kỹ thuật mô hình hóa (Rizos, 1997). Sau đó, số liệu vector cạnh GNSS với mô hình trọng số mới kết hợp lần lượt với các trị đo mặt đất như Bảng 1 được bình sai độc lập với hai điểm gốc CHWN và U0982. Kết quả sau bình sai của lưới GV bao gồm sai số mặt bằng và độ cao được thể hiện bằng các ellips sai số và thanh sai ở độ tin cậy 95% hiển thị trong Hình 2 như một ví dụ. Ngoài ra, Bảng 2 thống kê độ chính xác trung bình của các điểm lưới trong các trường hợp bình sai và được thể hiện trong Hình 3.

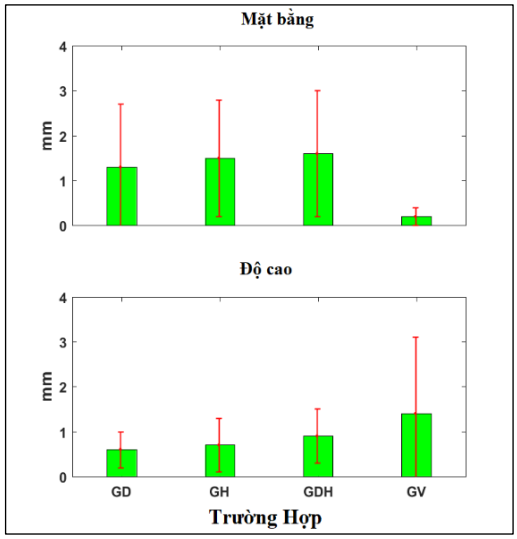
Nhìn chung độ chính xác của mạng lưới hỗn hợp được cải thiện so với lưới GNSS; tuy nhiên mức độ nâng cao độ chính xác phụ thuộc vào các trị đo mặt đất trong lưới và thể hiện trong Bảng 2. Cụ thể, độ chính xác mặt bằng của lưới được tăng lên 12,9%, 14,9% và 18,8% tương ứng với lưới GNSS kết hợp với khoảng cách (GD), góc ngang (GH) và cả hai trị đo (GDH). Chú ý rằng, mặc dù số lượng trị đo khoảng cách và các góc bằng là như nhau trong thành phần lưới hỗn hợp (Bảng 2) nhưng góc bằng có nhiều ảnh hưởng đến độ chính xác hơn khoảng cách. Mặt khác, khi thêm góc nghiêng vào lưới GNSS (GV) thì độ chính xác theo mặt bằng là không thay đổi trong khi độ cao tăng 22,1%.

*Bảng 2. Độ chính xác trung bình và mức độ cải thiện độ chính xác*

| Trường hợp | Độ chính xác mặt bằng (mm) | | | Độ chính xác độ cao (mm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Trung bình (mm) | Cải thiện (%) | Sai số (mm) | Trung bình (mm) | Cải thiện (%) | Sai số (mm) |
| G | 10.1 | - | ±3.6 | 19.9 | - | ±7.0 |
| GD | 8.8 | 12.9 | ±2.6 | 19.8 | 0.5 | ±6.8 |
| GH | 8.6 | 14.9 | ±2.4 | 19.8 | 0.5 | ±6.7 |
| GDH | 8.2 | 18.8 | ±2.3 | 19.9 | 0.0 | ±6.5 |
| GV | 10.1 | 0.0 | ±3.2 | 15.5 | 22.1 | ±4.2 |




*Hình 3. Độ chính xác trung bình của lưới GNSS và các lưới hỗn hợp sau bình sai*




*Hình 4. Độ lệch tọa độ của các trường hợp lưới hỗn hợp và GNSS*

Để đánh giá mức độ tin cậy của kết quả cải thiện độ chính xác, tọa độ sau bình sai của lưới hỗn hợp được so sánh với lưới GNSS. Giá trị trung bình và sai số của sự chênh lệch tọa độ theo thành phần ngang và đứng được tóm tắt trong Bảng 3 và thể hiện trên Hình 4.

*Bảng 3. Thống kê sự khác biệt tọa độ giữa các trường hợp và GNSS*

| Trường hợp | Mặt bằng (mm) | | Độ cao (mm) | |
|---|---|---|---|---|
| | Trung bình | Sai số | Trung bình | Sai số |
| GD | 1.3 | 1.4 | 0.6 | 0.4 |
| GH | 1.5 | 1.3 | 0.7 | 0.6 |
| GDH | 1.6 | 1.4 | 0.9 | 0.6 |
| GV | 0.2 | 0.2 | 1.4 | 1.7 |

Giá trị trung bình chênh lệch tọa độ mặt bằng là 1,3mm, 1,5mm và 1,6mm tương ứng với các trường hợp lưới GD, GH và GDH, trong khi giá trị này ở độ cao thấp hơn rất nhiều. Nguyên nhân là do khoảng cách và góc bằng chỉ tác động đến độ chính xác mặt bằng. Ngoài ra, độ lệch tọa độ đối với thành phần ngang của lưới GV tương đối nhỏ (0,2mm) còn của độ cao là 1,4mm. Kết quả như vậy được coi là hợp lý khi độ chính xác độ cao của lưới GNSS được cải thiện đáng kể bằng cách thêm các góc đứng. Từ những kết quả và phân tích về mức độ cải thiện độ chính xác cũng như độ chênh lệch tọa độ, việc bổ sung các trị đo mặt đất với các cạnh vector GNSS là một cách hiệu quả không chỉ để cải thiện độ chính xác của lưới GNSS mà còn để thay thế lưới GNSS trong các khu vực tín hiệu vệ tinh không đủ.

## 3. Kết luận

Trong nghiên cứu này, các trị đo mặt đất gồm khoảng cách, góc bằng và góc đứng được thêm vào bình sai lưới GNSS nhằm đánh giá sự hiệu quả của mạng lưới hỗn hợp ở khía cạnh

độ chính xác. Kết quả chỉ ra rằng, độ chính xác mặt bằng của lưới GNSS được tăng lên 12,9%, 14,9%, và 18,8% khi thêm khoảng cách, góc bằng và cả hai trị đo. Mặt khác, góc bằng có nhiều ảnh hưởng đến độ chính xác hơn khoảng cách nhưng không nhiều mặc dù cùng số lượng trị đo trong quá trình xử lý.

Độ chính xác của độ cao được cải thiện 22,1% khi cạnh vectơ GNSS đồng thời được bình sai với góc nghiêng. Tuy nhiên, kết quả sự cải thiện độ chính xác này được chỉ ra trong phạm vi số liệu thực nghiệm của nghiên cứu. Cuối cùng, tại các khu vực nơi tín hiệu GNSS bị hạn chế như khu đô thị hoặc độ chính xác của GNSS không đáp ứng được yêu cầu thì mạng lưới hỗn hợp gồm trị đo mặt đất và GNSS được đề xuất như là phương pháp thay thế để đảm bảo độ chính xác yêu cầu của lưới.

**Tài liệu tham khảo**

1. Ilie, A.S. (2016), *Adjusting 3D geodetic network using both global navigation satellite systems technology (GNSS) and terrestrial measurements*, Environmental Engineering and Management Journal, Vol. 15, No. 6, pp. 1223-1235.

2. Hung, L.V. (2014), *Nghiên cứu bình sai kết hợp trị đo GNSS và trị đo mặt đất trong hệ tọa độ vuông góc không gian địa diện chân trời áp dụng cho các mạng lưới trắc địa công trình*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

3. Nguyen Dinh Huy, (2020), *Impact of Terrestrial Measurements on Accuracy of GNSS Network Adjustments*, Thesis for the Master of Engineering, Changwon National University, Korea, 118p.

4. Kim, J.S. (2001), *A study on the Deformation Monitoring for Earth Dam by GNSS and TS*, Doctoral dissertation, Dong-A University, Busan, Korea, 154p.

5. Robin R. Steeves, (2017), *GeoLab 2017 Guide*, BitWise Ideas Inc., Canada, 151p.

6. Rizos, C. (1997), *Principle and Practice of GNSS Surveying*, School of Surveying and Spatial Information Systems, The University of New South Wales, Sydney, Australia, pp. 433-438.

7. Shin, S.C., Seo, C.S., and Kim, J.D. (2000), *Some solutions of the GNSS/TS positioning in cadastral surveying*, Journal of the Korean Society of Cadaster, Vol. 1, No. 1, pp. 69-81.

8. USACE (2002), *Engineering and Design: Structural Deformation Surveying, Engineering Manual*, US Army Corps of Engineers, Washington, DC, 302p.

9. Valev, G. and Minchev, M. (1995), *Combined adjustment of GNSS and classical network data*, Report Symposium of the IAG Subcommission for EUREF, 3-6 May, Helsinki, Finland, pp. 213-220.

10. Ha, V.T. (2020), *Nghiên cứu xây dựng lý thuyết bình sai lưới không gian kết hợp trị đo mặt đất-vệ tinh trong thi công xây dựng công trình*, Tóm tắt Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, 24pp.

# ABSTRACT

## A STUDY ON IMPACT OF TERRESTRIAL MEASUREMENTS ON ACCURACY OF GNSS NETWORK ADJUSTMENTS

**Nguyen Dinh Huy, Tran Dinh Trong, Luong Ngoc Dung, Bui Duy Quynh**
*Ha Noi University of Civil Engineering*
*Corresponding author: huynd@nuce.edu.vn*

Global Navigation System System - GNSS is widely used in geodesy, but this technology may not fulfill all required accuracy if it is under operation in the area where the satellite signals are obstructed such as urban areas, valleys, and canyons. One of the remedial problems is to adjust a heterogenous geodetic network, consisting of terrestrial and GNSS measurements. This study dealt with a geodetic adjustment of the heterogeneous networks including the GNSS baseline vectors, distances, horizontal and vertical angles to investigate the impact of terrestrial measurements on GNSS network adjustment in terms of accuracy. The obtained results showed that the horizontal accuracy of GNSS network is increased by 12.9%, 14.9%, and 18.8% with the inclusion of the distances, horizontal angles, and both of them, respectively. On the other hand, the vertical estimation of the combined network becomes 22.1% accurate by the contribution of the vertical angles.

*Keywords*: Global Navigation Satellite System (GNSS), Heterogeneous Network, Network Adjustment, Accuracy

# NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO BỘ ĐO BIẾN DẠNG CÔNG TRÌNH CẦU BẰNG THIẾT BỊ CẢM BIẾN VỊ TRÍ

**Nguyễn Việt Hà[1] , Nguyễn Hồng Ân[2]**
*[1]Trường đại học Mỏ - Địa chất*
*[2] Công ty TNHH Kỹ thuật Thuận Việt*
*Tác giả liên hệ: nguyenvietha@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Ngày nay đối với các công trình cầu, công tác quan trắc chuyển dịch với độ tin cậy cao có ý nghĩa vô cùng quan trọng. Bên cạnh các tiêu chí là kiểm soát quá trình thi công cũng như phát hiện các hư hỏng hoặc suy giảm chất lượng trong quá trình khai thác, quan trắc biến dạng cầu cũng cung cấp các số liệu định lượng cho công trình cầu, các số liệu có thể được sử dụng phục vụ công tác nghiên cứu, cải tiến phương pháp xây dựng, thiết kế công trình. Trong giai đoạn khai thác, các số liệu quan trắc được sử dụng để đánh giá mức độ phát triển của hư hỏng, xuống cấp, đánh giá năng lực của kết cấu, khả năng xử lý trong các sự cố hoặc xử lý bất thường của kết cấu, xây dựng phương án duy tu, sửa chữa, bảo dưỡng đảm bảo hoạt động bình thường và hoạt động của công trình. Tại Việt Nam, việc làm chủ công nghệ quan trắc chưa tốt, thiết bị và phần mềm vẫn phụ thuộc vào nhà thầu nước ngoài dẫn đến việc quan trắc chỉ thực hiện thời gian đầu sau đó không được tiến hành nữa. Vì vậy, bài báo nghiên cứu chế tạo bộ thiết bị quan trắc biến dạng công trình cầu bằng cảm biến vị trí nhằm góp phần nắm bắt công nghệ, cải tiến thiết bị sản xuất trong nước, nâng cao chất lượng xây dựng và an toàn khai thác công trình.

**Từ khóa:** biến dạng công trình, thiết bị cảm biến, quan trắc biến dạng, quan trắc dao động cầu

## 1. Đặt vấn đề

Công tác trắc địa được tiến hành từ giai đoạn khảo sát thiết kế đến thi công và khai thác công trình, là khâu quyết định đến chất lượng công trình, đảm bảo về kích thước hình học trong thi công, thực hiện quan trắc lún và chuyển vị của công trình giao thông. Vì vậy công tác trắc địa là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng xây dựng và an toàn khai thác công trình. Với những tiến bộ của khoa học công nghệ, trong trắc địa đã xuất hiện những công nghệ mới như công nghệ cảm biến và thiết bị hiện đại như GNSS, máy toàn đạc điện tử, máy thủy bình điện tử được sử dụng độc lập hoặc tích hợp cùng nhau.

Hiện nay, các hoạt động quan trắc khác nhau cho các cầu nhịp lớn đã được thiết lập tại nhiều nước trên thế giới và trong khu vực. Tại Việt Nam, hệ thống quan trắc được thiết kế và lắp đặt ở nhiều công trình cầu lớn như: Cầu Nhật Tân, cầu Nguyễn Văn Trỗi - Trần Thị Lý, Cầu Cần Thơ, Cầu Cao Lãnh, Cầu Nhật Lệ 2… đã triển khai hệ thống tự động quan trắc trong đó có các thiết bị cảm biến [1,2,3,4] và thuê đơn vị nhà thầu nước ngoài thực hiện, tuy nhiên sau một thời gian quan trắc, một số công trình có thiết bị quan trắc không hoạt động, bên cạnh đó việc làm chủ công nghệ chưa tốt, thiết bị và phần mềm vẫn phụ thuộc vào nhà thầu nước ngoài dẫn

đến việc quan trắc không tiến hành nữa. Vì vậy, nghiên cứu chế tạo bộ thiết bị quan trắc biến dạng công trình cầu bằng cảm biến vị trí nhằm góp phần nắm bắt công nghệ, cải tiến thiết bị sản xuất trong nước, nâng cao chất lượng xây dựng và an toàn khai thác công trình là hết sức cần thiết.

## 2. Nghiên cứu thiết bị quan trắc tự động

Bất kỳ thiết bị quan trắc tự động nào, khi ứng dụng vào thực tế phần lớn sẽ bao gồm 2 thành phần cơ bản: Phần cứng (hardware) và phần mềm (software). Phần cứng bao gồm dụng cụ, thiết bị, cảm biến… nhằm thu nhận các thay đổi vị trí, trạng thái… của đối tượng quan trắc; Phần mềm giữ nhiệm vụ lọc nhiễu, phân tích, hiển thị số liệu đo. Trong khuôn khổ bài viết này, chúng tôi xin trình bày lần lượt nội dung về phần cứng và phần mềm có liên quan đến nội dung chính của báo cáo.

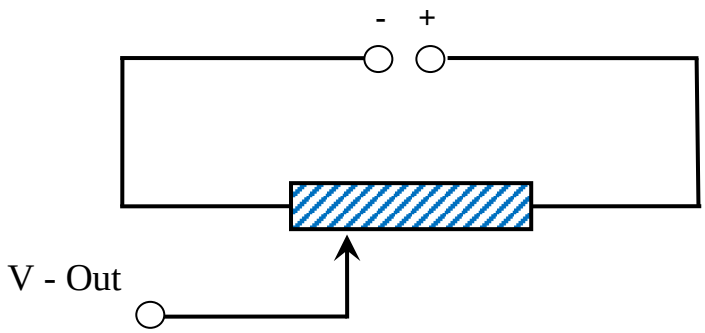
### *2.1 Phần cứng (Hardware)*

Trong thế giới IoT (Internet of things - Internet vạn vật) hiện nay, các bộ vi mạch điều khiển trung tâm phổ biến có nhiều loại: Desktop, laptop, tablet, Pic… thậm chí cả smartphone cũng được sử dụng. Với mỗi loại khi sử dụng đều có ưu khuyết điểm khác nhau. Tuy vậy, với đặc điểm thiết bị quan trắc, loại thiết bị chuyên dụng, cần hoạt động bên bỉ, dài lâu, có khả năng chịu đựng sự thay đổi của điều kiện thời tiết, ít tốn năng lượng và nhỏ gọn, các dòng vi mạch nêu trên trở nên chưa phù hợp ở một vài khía cạnh.

Cùng với sự phát triển vượt bậc của thế giới công nghệ IoT, board mạch Arduino tỏ ra có nhiều ưu điểm: bền bỉ, đơn giản, gọn nhẹ là trung tâm thu thập dữ liệu thô được thu nhận từ các cảm biến đo đạc. Bên cạnh đó, các cảm biến (sensor) hỗ trợ cho vi mạch rất phong phú và đa dạng: Từ các loại cảm biến thông thường như nhiệt độ, mưa, độ ẩm… đến các loại cảm biến chuyên dụng như độ nghiêng, vận tốc, gia tốc, ứng suất… Do đó, việc áp dụng vi mạch Arduino kết hợp với các cảm biến vào lĩnh vực quan trắc trở nên một giải pháp kỹ thuật khả thi và kinh tế, đáp ứng nhiều yêu cầu kỹ thuật chuyên ngành mà trước đây gần như chỉ có các công ty ở nước ngoài thực hiện được.

Trước yêu cầu ngày càng lớn của ngành xây dựng về cung cấp số liệu quan trắc biến dạng công trình (ứng suất, biến dạng tỷ đối) theo thời gian thực, nhóm tác giả đã mạnh dạn nghiên cứu và triển khai ứng dụng kết hợp cảm biến chuyển vị và bộ vi mạch điều khiển Arduino vào quan trắc công trình cầu. Các phần cứng cơ bản bao gồm:

- Cảm biến: dùng cảm biến vị trí LVDT (Liner variable differential transformer - Biến áp vi sai tuyến tính) loại biến trở. Khi có chuyển dịch, giá trị hiệu điện thế đầu ra sẽ thay đổi tuyến tính theo sự dịch chuyển của đầu đo;
- Mô đun khuếch đại HX-711 24 bits: các giá trị ứng biến của biến dạng thường biến đổi trong phạm vi rất nhỏ nên việc sử dụng trực tiếp bộ chuyển đổi ADC (Analog digital converter) được tích hợp sẵn trên board Arduino không mang lại mức độ chính xác cấp kỹ thuật nên nhất thiết phải sử dụng phần cứng khác hỗ trợ việc khuếch đại và chuyển đổi dạng tín hiệu tương tự (analog) thành dạng tín hiệu số (digital) nhằm mục tiêu lưu trữ và phân tích dữ liệu;




*Hình 1: Sơ đồ mạch mô phỏng thiết bị cảm biến vị trí*

- Máy vi tính để bàn (desktop), xách tay (laptop) hoặc máy tính bảng (tablet) hệ điều hành Windows để lưu trữ và xử lý số liệu đo.

### *2.2 Phần mềm (Software)*

Trong dự án này, nhóm tác giả sử dụng 2 công cụ phần mềm để lập trình điều khiển:

- Lập trình bằng ngôn ngữ C#: dùng để lập trình trên board Arduino với mục đích điều khiển cảm biến lấy dữ liệu liên tục truyền về bộ phận lưu trữ và xử lý số liệu;
- Lập trình bằng ngôn ngữ Basic trong Visual Studio 2017: dùng hiển thị, phân tích số liệu đo và lưu trữ dữ liệu.

## 3. Cơ sở lý thuyết

Cơ sở khoa học là việc áp dụng định luật đàn hồi Hooke để khảo sát, đo đạc biến dạng tương đối của phần tử làm việc trong giai đoạn đàn hồi khi chịu tác động thẳng đứng của hoạt tải xe. Theo đó, quan hệ ứng suất - biến dạng là tuyến tính, được mô tả qua biểu thức tổng quát:

$$\sigma = E.\ \varepsilon \qquad (1)$$

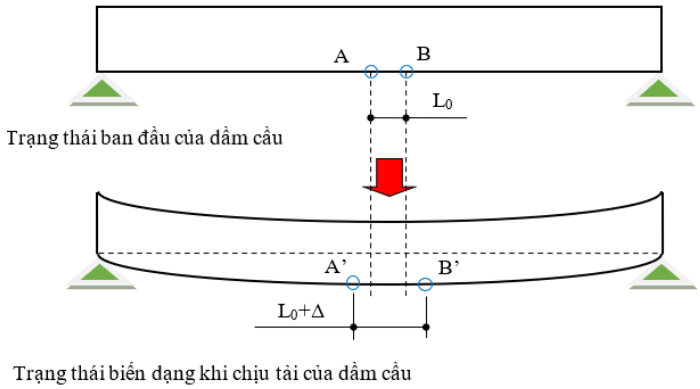
Trong đó:

σ: Ứng suất của điểm đo, MPa;

E: Modulus đàn hồi của vật liệu, MPa;

ε: Biến dạng tỷ đối, mm/mm;

Đối với dầm cầu nói chung, khi chịu tải cũng tuân thủ theo nguyên lý biến dạng đàn hồi, có thể tóm tắt như mô tả hình 2.




*Hình 2: Trạng thái của dầm cầu chịu tải và không chịu tải*

Quan sát các chuyển dịch của 2 điểm A, B của dầm cầu ở 2 trạng thái:

Trạng thái ban đầu: khi chưa có tải trọng tác động, gọi khoảng cách giữa 2 điểm AB là L0 (mm);

Trạng thái khi chịu tác động của tải trọng: các điểm A và B dịch chuyển đến vị trí mới so với vị trí ban đầu của nó. Gọi Δ (mm) là độ biến dạng thêm giữa 2 trạng thái vừa nêu trong khoảng AB, khi đó biến dạng tỷ đối, ε, được xác định:

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{L_0} \quad (2)$$

Như vậy, trong thực tiễn đo đạc, nếu xác định được các giá trị L0, đo đạc được giá trị Δ ngoài thực địa, kết hợp giá trị modulus đàn hồi của vật liệu đã biết thì thay phương trình 2-2 vào phương trình 2-1, ta xác định được ứng suất dầm cầu theo biểu thức:

$$\sigma = E.e = E\frac{\Delta}{L_0}$$

Hoặc trong trường hợp chưa biết giá trị E, việc xác định các giá trị Δ và $L_0$ cũng cho kết quả biến dạng tỷ đối ε phục vụ cho các yêu cầu kỹ thuật khác.

***Lựa chọn mạch khuếch đại:***

Trên các board mạch Arduino, đã tích hợp sẵn bộ chuyển đổi ADC. Việc phân tích sau đây chỉ ra rằng việc sử dụng mạch tích hợp sẵn đó chưa phù hợp với yêu cầu về độ chính xác của phép đo:

- Với phép đo kỹ thuật thông thường, độ chính xác của phép đo ứng suất cần thiết vào khoảng Δσ = 0,01 MPa. Với module đàn hồi của bê tông cấp 30 MPa vào khoảng $E_c$ = 28.100 MPa thì biến dạng tỷ đối cần đo có giá trị $\Delta\varepsilon_{yc} = \Delta\sigma / E_c = 3{,}558.10^{-7} = 0{,}356$ με.
- Hành trình của phần lớn cảm biến vị trí thông dụng Δ=12,7mm thì với bộ chuyển đổi ADC tích hợp sẵn có độ phân giải 10 bits, tương ứng với số lượng trạng thái tối đa $\rho_{10bits} = 2^{10}$, độ phân giải chuyển vị thực theo hành trình cảm biến sẽ là $\delta_{10bits} = \Delta / \rho_{10bits} = 12{,}7 / 2^{10} = 0{,}0124$ mm. Thông thường, chiều dài đo cơ bản ở hiện trường $L_0$ = 200 mm, như vậy biến dạng tỷ đối có độ phân giải tương ứng $\Delta\varepsilon_{10bits} = \delta_{10bits} / L_0 = 0{,}0124 / 200 = 6{,}2.10^{-5} = 62{,}011$ με. Nói cách khác, tỷ lệ về độ phân giải thực đo nhận được so với yêu cầu: $\Delta\varepsilon_{10bits} / \Delta\varepsilon_{yc} = 174 >> 1$, tức chưa đạt được độ chính xác kỹ thuật cần thiết. Sự phân tích này cho thấy nếu số liệu được thu thập trực tiếp thông qua mạch tích hợp ADC sẵn có trên Arduino là không thể sử dụng được trên các đánh giá và phân tích kết cấu cầu.
- Cũng với cách phân tích nêu trên, nếu sử dụng thêm mô đun khuếch đại HX-711 có độ phân giải 24 bits, ngoài 1 bits dấu (+ hoặc -) sẽ còn 23 bits giá trị, các kết quả tương ứng sẽ là $\rho_{24bits} = 2^{24-1}$, $\delta_{24bits} = \Delta / \rho_{24bits} = 12{,}7 / 2^{23} = 1{,}51.10^{-6}$mm; $\Delta\varepsilon_{24bits} = \delta_{24bits} / L_0 = 7{,}56.10^{-9} = 0{,}00757$ με và tỷ lệ độ phân giải so với yêu cầu: $\Delta\varepsilon_{24bits} / \Delta\varepsilon_{yc} = 0{,}0212 << 1$. Như vậy, việc ứng dụng thêm mô đun HX-711 cho phép nâng rất cao độ chính xác của số liệu đo và đáp ứng hoàn toàn với yêu cầu về độ chính xác kỹ thuật chuyên ngành xây dựng.

## 4. Kết quả nghiên cứu

Sau khi chế tạo và hiệu chỉnh bộ thiết bị, việc đo đạc kiểm tra được thực hiện trong điều kiện phòng thí nghiệm. Kết quả đo đối chứng trong phòng thí nghiệm với thước Palmer Mitutoyo (Nhật Bản) có độ chính xác 0,01mm như sau:

*Bảng: Kết quả đo chuyển vị, Δ, trong phòng thí nghiệm*

| Số đọc Điện thế x (Volts) | Chuyển vị y (mm) | y* = a.x+b | $(y-y^*)^2$ |
|---|---|---|---|
| 5.02162124 | 0 | | |
| 5.02162124 | 0.59 | | |
| 5.02162124 | 1 | | |
| 5.02162124 | 1.53 | | |
| 5.02162124 | 2.01 | 1.725051 | 0.081196 |
| 4.746249436 | 2.59 | 2.30922 | 0.078837 |
| 4.440280764 | 3.08 | 2.958296 | 0.014812 |
| 4.09351627 | 3.62 | 3.693916 | 0.005464 |
| 3.889537156 | 4.04 | 4.126633 | 0.007505 |
| 3.644762219 | 4.52 | 4.645895 | 0.015849 |
| 3.399987282 | 5.07 | 5.165156 | 0.009055 |
| 3.134814434 | 5.53 | 5.727688 | 0.039081 |
| 2.910437408 | 6.04 | 6.203678 | 0.02679 |
| 2.696259338 | 6.55 | 6.658031 | 0.011671 |
| 2.461683357 | 7.01 | 7.155656 | 0.021216 |
| 2.21690842 | 7.56 | 7.674917 | 0.013206 |
| 2.00273035 | 8.06 | 8.12927 | 0.004798 |
| 1.819149147 | 8.51 | 8.518716 | 7.6E-05 |
| 1.564175254 | 9.1 | 9.059613 | 0.001631 |
| 1.380594052 | 9.55 | 9.449059 | 0.010189 |
| 1.125620159 | 10.04 | 9.989956 | 0.002504 |
| 0.850248355 | 10.52 | 10.57412 | 0.002929 |
| 0.625871329 | 11.04 | 11.05011 | 0.000102 |
| 0.452489082 | 11.52 | 11.41792 | 0.01042 |
| 0.197515189 | 12.05 | 11.95882 | 0.008314 |
| 0.013933986 | 12.53 | 12.34827 | 0.033027 |
| 0.013933986 | 13.13 | | |
| | | Tổng cộng | 0.398672477 |

Các hệ số hồi quy:

$$b = \frac{\sum (x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sum (x-\bar{x})^2} = 12.37782556 \text{ và a = -2.121381478}$$

Các giá trị:

Phương sai mẫu: $\sigma^2 = \frac{\sum(y - y^*)^2}{n-1} = 0.018984$

Độ lệch chuẩn: $s = \sqrt{\sigma^2} = 0.137784$

Giá trị trung bình giá trị đo: *ytb* = 7.297272727 mm

Sai số phép đo: $\frac{s}{ytb} = 0.018881561 = 1.89\%$

Trong đó: a, b - hệ số hồi quy

x - số đọc điện thế

$\bar{x}$ - số đọc điện thế trung bình

y - giá trị chuyển vị đo

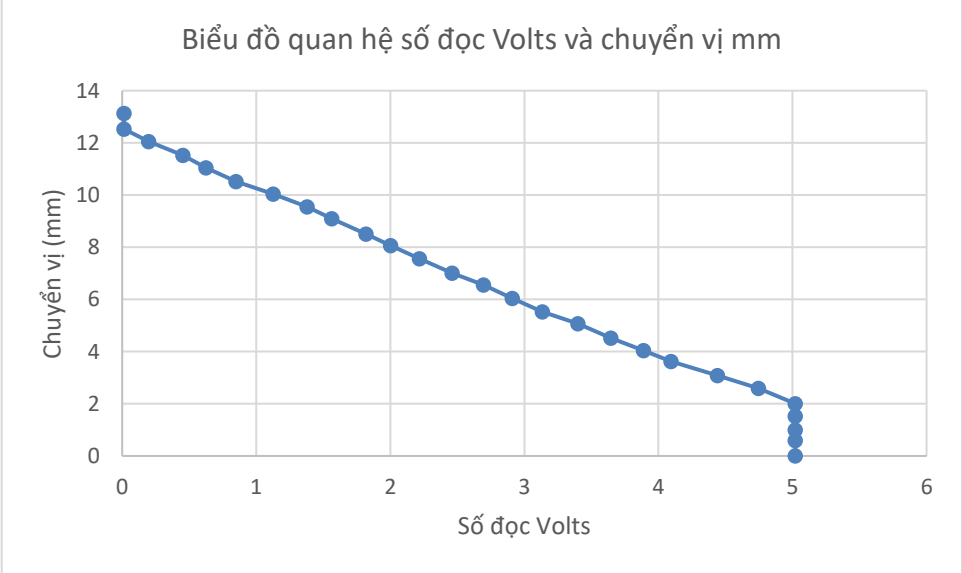
$\bar{y}$ - giá trị chuyển vị trung bình

σ - phương sai

s - độ lệch chuẩn

$y_{tb}$ - Trị trung bình giá trị đo

$y^*$ - giá trị chuyển vị tính




*Hình 3: Biểu đồ quan hệ dịch chuyển cảm biến và điện áp*

*Nhận xét:*

- Quan hệ giữa số đọc Volts và chuyển vị là quan hệ tuyến tính trong đoạn khảo sát;
- Giá trị phương sai và độ lệch chuẩn phù hợp với độ chính xác và các giá trị đo thông dụng như đã trình bày ở trên.

## 5. Kết luận và kiến nghị

Việc nghiên cứu chế tạo bộ đo biến dạng công trình cầu bằng thiết bị cảm biến vị trí cho phép ngành khảo sát trắc đạc có thêm công cụ hữu hiệu cung cấp số liệu khảo sát liên tục, độ chính xác cao nhằm phục vụ cho việc khảo sát trạng thái kết cấu xây dựng nói chung, công trình

cầu nói riêng trong quá trình chế tạo và khai thác, đặc biệt là đối với công tác kiểm định công trình.

Với kết quả thực nghiệm ban đầu cho thấy việc áp dụng thiết bị là rất khả quan, phù hợp với trình độ khoa học trong nước và độ chính xác nhỏ hơn mm.

Trước mắt, việc nghiên cứu nhằm khẳng định tính khoa học, tính khả thi của giải pháp nên chỉ áp dụng thử cho 1 kênh đo. Do vậy, khi chế tạo thiết bị đại trà, nên chế tạo bộ thiết bị có tối thiểu 8÷16 kênh đo nhằm đo đạc trạng thái của mặt cắt ngang nhịp dầm cầu, phục vụ cho việc đánh giá toàn diện kết cấu nhịp;

Cần bổ sung bộ phận định vị gắn trên xe thử tải hoạt động đồng bộ với thiết bị đo biến dạng. Điều này giúp cho công việc đánh giá công trình được chi tiết và hoàn thiện hơn;

Bổ sung thêm tính năng thu nhận dữ liệu từ xa cho bộ thiết bị như Bluetooth, Wifi, NRF24… nhằm tăng tính tiện dụng cho người sử dụng.

Có thể dùng nội dung của việc nghiên cứu này áp dụng cho nhiều lĩnh vực khác có cùng tính năng: hộp nén cắt trong các phòng thí nghiệm địa chất, đo ứng suất động cho công trình xây dựng, công trình cầu…

**Tài liệu tham khảo**

1. Cantero-Chinchilla, S.; Beck, J.L.; Chiachío, M.; Chiachío, J.; Chronopoulos, D.; Jones, A.(2020), *Optimal sensor and actuator placement for structural health monitoring via an efficient convex cost-benefit optimization.* Mech. Syst. Signal Process. 2020, 144, 106901.

2. Guo, H.; Zhang, L.; Zhang, L.; Zhou, J.(2004) Optimal placement of sensors for structural health monitoring using improved genetic algorithms. Smart Mater. Struct. 2004, 13, 528.

3. Hien Van Le, Mayuko Nishio (2015), *Time-series analysis of GPS monitoring data from a long-span bridge considering the global deformation due to air temperature changes*. Journal of Civil Structural Health Monitoring, Springer.

4. Ismail, Z.; Mustapha, S.; Fakih, M.A.; Tarhini, H.(2020) *Sensor placement optimization on complex and large metallic and composite structures*. Struct. Health Monit. 2020, 19, 262-280.

5. Ostachowicz, W.; Soman, R.; Malinowski, P.(2019), *Optimization of sensor placement for structural health monitoring*: A review. Struct. Health Monit. 2019, 18, 963-988.

6. Sanford Weisberg (2005), *Applied Linear Regression. Book, third edition*. Wiley-Interscience.

7. Shumway, R. H., & Stoffer, D. S (2010), *Time series analysis and its applications: with R examples*. Springer.

8. Tiêu chuẩn ngành *Quy trình kiểm định cầu trên đường ô tô 22TCN 243-98.*

9. Tiêu chuẩn thiết kế cầu (22TCN 272-05)

10. Các trang web (7/2021): http://arduino.vn/, https://tktech.vn/cam-bien/, https://www.arduinoplatform.com/arduino-sensor-detecting-movement-with-a-tilt-sensor/.

# ABSTRACT

## RESEARCH AND MANUFACTURES THE BRIDGE DEFORMATION MONITORING EQUIPMENT WITH POSITION SENSORS

**Nguyen Viet Ha[1] , Nguyễn Hồng Ân[2]**
*[1] Ha Noi University Of Mining and Geology*
*[2] Geodetic and Technology Co.,Ltd*
*Corresponding author: nguyenvietha@humg.edu.vn*

Nowadays, for bridge works, displacement monitoring with high reliability is extremely important. In addition to the criteria of controlling the construction process as well as detecting damage or deterioration during the operation, the bridge deformation monitoring also provides quantitative data for the bridge construction, the materials can be used for research, improvement of construction methods, and design of works. During the exploitation phase, monitoring data is used to assess the development of damage, deterioration, assess the capacity of the structure, the ability to handle incidents or abnormal handling of the structure. structure, develop a plan for maintenance, repair and maintenance to ensure the normal operation and operation of the work. In Vietnam, the mastery of monitoring technology is not good, equipment and software are still dependent on foreign contractors, leading to monitoring only being carried out for the first time and then not conducted anymore. Therefore, the article studies and manufactures a set of equipment for monitoring deformation of bridge works by position sensor in order to contribute to grasping technology, improving produced equipment, improving construction quality and safety. project exploitation.

*Keywords*: Deformation building, equipment senser, monitored structure, vibration health monitoring

# KHẢO SÁT ĐỘ CHÍNH XÁC ĐO GNSS CÓ ĐIỀU KIỆN ĐO BỊ CHE CHẮN BỞI CÁC LOẠI TÁN CÂY KHÁC NHAU

**Nguyễn Gia Trọng[1], Nguyễn Viết Nghĩa[1], Đỗ Đình Thiên[2], Lý Lâm Hà[3], Phạm Ngọc Quang[1]**
*[1] Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*[2] Công ty TNHH Địa chính 7*
*[3] Phòng kinh tế và hạ tầng huyện Cam Lâm, Khánh Hòa*
*Tác giả liên hệ: nguyengiatrong@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Thảm thực vật có vai trò hết sức quan trọng đối với đời sống của con người. Thành lập bản đồ cây xanh nói chung và các loại bản đồ đất lâm nghiệp nói riêng là nhu cầu diễn ra thường xuyên. Khi ứng dụng công nghệ GNSS để xác định vị trí của cây xanh cũng như các yếu tố của bản đồ lâm nghiệp chịu ảnh hưởng do sự che chắn của tán cây rừng. Tùy thuộc vào mức độ che phủ và loại tán cây mà độ chính xác xác định vị trí sử dụng công nghệ GNSS trong trường hợp này cũng khác nhau. Báo cáo đã tiến hành thực nghiệm đo bằng công nghệ GNSS dưới điều kiện che chắn của tán cây xà cừ và cây keo lá tràm tại huyện Khánh Vĩnh, tỉnh Khánh Hòa. Kết quả tính toán cho thấy, với khoảng cách từ bìa rừng tới điểm chi tiết từ 10 - 20 m, độ che chắn là 70% thì độ lệch xác định vị trí điểm đạt được lần lượt là 2 cm và 3 cm đối với tán cây xà cừ và cây keo lá tràm; trong trường hợp độ che chắn lên tới 90%, độ lệch tương ứng lần lượt là 6,4 cm và 8,4 cm. Khi khoảng cách từ bìa rừng đến điểm chi tiết là 40 - 50 m, với thời gian đo hàng chục phút, có thể xác định vị trí điểm với độ lệch lần lượt là 7,4 cm và 12,7 cm tương ứng với cây xà cừ và cây keo lá tràm.

**Từ khóa:** Bản đồ rừng, GNSS, Đo GNSS bị che khuất, Đo GNSS trong rừng.

## 1. Đặt vấn đề

Thực vật nói chung và các cánh rừng, các công viên cây xanh nói riêng đóng vai trò quan trọng trong đời sống của con người nói riêng và cả hệ sinh thái Trái đất nói chung. Thực vật góp phần điều hòa khí hậu, bảo vệ đất và nguồn nước, hạn chế ngập lụt và hạn hán, bảo vệ nước ngầm... Thành lập bản đồ thực phủ, hiện trạng rừng, hiện trạng cây xanh thành phố, giao đất rừng... là nhu cầu được đặt ra thường xuyên. Để thành lập bản đồ thực phủ, hiện trạng rừng có thể sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh viễn thám nhưng trong các trường hợp cụ thể cần phải sử dụng các công nghệ đo mặt đất để đảm bảo độ chính xác. Công nghệ GNSS cho phép xác định điểm đơn một cách nhanh chóng với độ chính xác cao rất phù hợp trong thành lập bản đồ lâm nghiệp, hiện trạng cây xanh của thành phố, xác định vị trí của cá thể thực vật cần bảo tồn... Tuy nhiên, khi đo GNSS trong điều kiện bị che chắn bởi tán cây, độ chính xác đo GNSS bị giảm xuống tùy thuộc vào mức độ che phủ.

Tại Việt Nam, công nghệ GNSS đã và đang được ứng dụng rộng rãi, có hiệu quả trong hầu hết mọi công việc trong ngành Trắc địa - Bản đồ ở những nơi thông thoáng lên bầu trời cho phép thu tín hiệu vệ tinh một cách dễ dàng [1]. Trong thành lập bản đồ lâm nghiệp, giao đất rừng,

công nghệ này cũng đã được áp dụng rộng rãi như ứng dụng phương pháp đo tĩnh trong thành lập lưới khống chế, phương pháp đo động để thành lập bản đồ. Đã có các nghiên cứu tích hợp bản đồ số với máy thu GPS/GNSS cầm tay phục vụ các công tác thành lập bản đồ cũng như định vị trong lâm nghiệp [13]. Bên cạnh công nghệ GNSS, có nhiều nghiên cứu ứng dụng công nghệ GIS, viễn thám trong thành lập bản đồ cũng như quản lý rừng [2], [3], [4].

R.Valbuena và nhiều người khác [11] đã đánh giá độ chính xác đo GNSS dưới tán cây trong môi trường miền núi sử dụng kết hợp tín hiệu vệ tinh GPS/GLONASS. Tại khu vực Đông Nam Á, tác giả Heri Andreas và những người khác [5] đã nghiên cứu khả năng của phương pháp đo RTK sử dụng tín hiệu của nhiều hệ thống vệ tinh trong điều kiện tán rừng che chắn từ 40 đến 90% với kết quả xác định độ chính xác mặt bằng 3cm và độ chính xác độ cao là 1dm.

Izvorni znanstveni članak [7] đã công bố độ chính xác đo RTK CORS dưới ảnh hưởng của tán rừng theo mùa. Theo đó, độ chính xác đo sử dụng kết hợp phương pháp CORS-VRS/FKP đạt độ chính xác 1 - 3cm, sử dụng phương pháp CORS-FKP cho độ chính xác đạt 2 - 4cm.

Anders Johan Konnestad [9] sử dụng smart phone để định vị trong rừng. Nhằm nâng cao độ chính xác, tác giả đề xuất giải pháp xử lý số liệu GNSS đo bằng smart phone sử dụng phần mềm mã nguồn mở RTKLib.

Tác giả Michał Brach và nhiều người khác [6] đã đánh giá tác động của cấu trúc không gian rừng đến sự biến đổi của hiện tượng đa đường dẫn khi sử dụng tín hiệu của các hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu qua đó kết luận mật độ cây ảnh hưởng khá lớn đến sự biến đổi của hiện tượng đa đường dẫn.

Như vậy có thể thấy rằng, đã có rất nhiều nghiên cứu chi tiết về ứng dụng công nghệ GNSS phục vụ lĩnh vực lâm nghiệp trong điều kiện đo bị che chắn bởi tán cây rừng. Để có thể ứng dụng GNSS một cách hiệu quả hơn nữa ở Việt Nam, rất cần có các nghiên cứu chi tiết về ảnh hưởng của loại tán cây tới độ chính xác của kết quả đo.

**2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu**

Khu vực thực nghiệm được các tác giả đã thiết kế tại xã Sông Cầu, huyện Khánh Vĩnh, tỉnh Khánh Hòa.

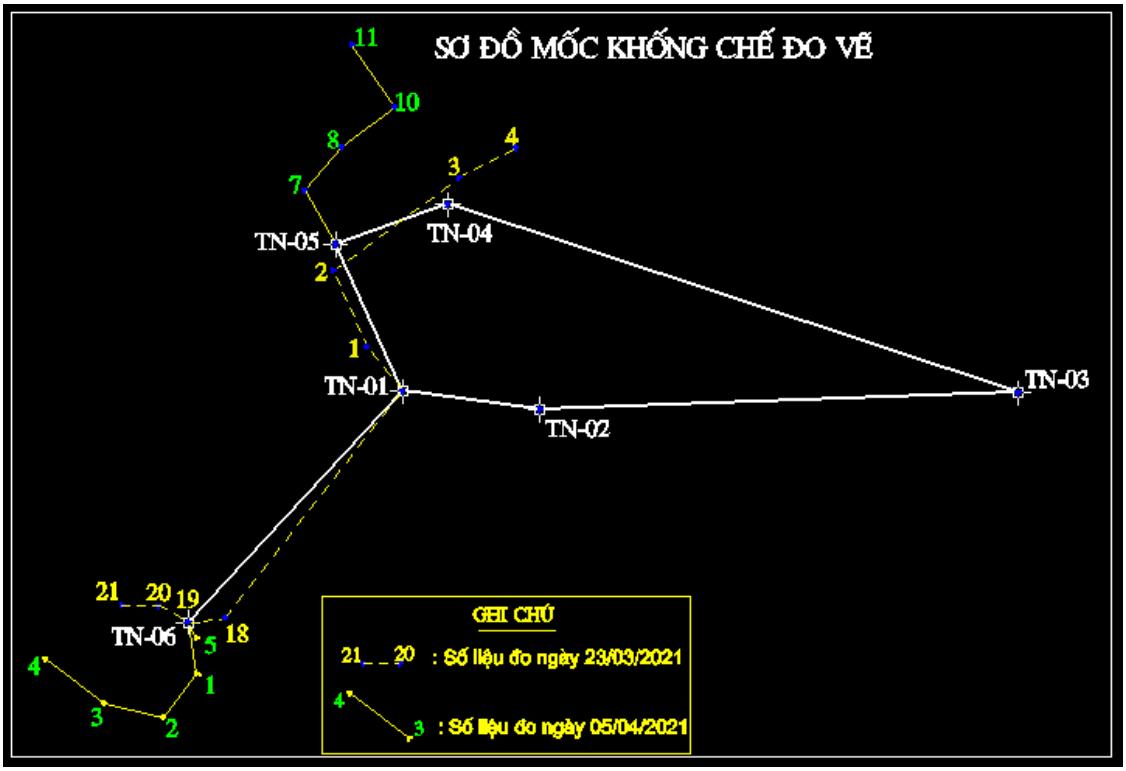
Trong khu vực này có hai loại cây đặc trưng là cây xà cừ và cây keo lá tràm với mức độ che phủ khác nhau. Số liệu thực nghiệm được tiến hành theo các nội dung công việc như sau:

- Thiết lập 02 điểm khống chế hạng IV bằng công nghệ GNSS làm cơ sở để phát triển mạng lưới khống chế phục vụ đo chi tiết sử dụng máy toàn đạc điện tử.

- Từ 02 điểm khống chế hạng IV, xây dựng 06 điểm khống chế đo vẽ sử dụng máy toàn đạc điện tử.

- Tại các điểm chi tiết, để có số liệu đối chứng tiến hành đo theo hai nội dung: (1) đo RTK-CORS và đo toàn đạc điện tử.

Sơ đồ các điểm khống chế đo vẽ cũng như các điểm chi tiết được cho trên hình 1.




*Hình 1. Sơ đồ các điểm thực nghiệm*

Đặc điểm của phương pháp đo RTK-CORS đó là khi di chuyển máy thu động dưới điều kiện che chắn trong một khoảng cách dài, để kiểm chứng, các tác giả cũng đã bố trí các điểm thực nghiệm có khoảng cách tới bìa rừng khác nhau.

Thiết bị sử dụng để đo chi tiết là máy thu ACNOVO UFO 600Pro và TC407. Chi tiết về máy cũng như hướng dẫn sử dụng tham khảo [14], [15].

**3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận**

Số liệu thực nghiệm được đo vào ngày 23 tháng 3 năm 2021 và được đo bổ sung vào ngày 05 tháng 4 năm 2021. Do chịu ảnh hưởng của dịch COVID-19 mà nhóm các tác giả đo được số điểm cũng như số điều kiện tán cây che chắn hạn chế. Các điểm thực nghiệm được đo theo 4 phương án thực nghiệm:

- PA1: Bố trí máy thu GNSS dưới tán cây xà cừ cách bìa rừng 10 - 20m với mức che chắn 70% - 80%.

- PA2: Bố trí máy thu GNSS dưới tán cây xà cừ cách bìa rừng 40 - 50m với mức che chắn 90% - 95%.

- PA3: Bố trí máy thu GNSS dưới tán cây keo lá tràm cách bìa rừng 10 - 20m với mức che chắn 70% - 80%.

- PA4: Bố trí máy thu GNSS dưới tán cây keo lá tràm cách bìa rừng 40 - 50m với mức che chắn 90% - 95%.

Dưới đây là mốt số hình ảnh tại các điểm đo chi tiết.



*Hình 2. Đo chi tiết bằng RTK dưới tán cây xà cừ*



*Hình 3. Đo chi tiết bằng RTK dưới tán cây keo lá tràm*



*Hình 4. Đo chi tiết bằng máy toàn đạc điện tử tại điểm khống chế đo vẽ*

Tọa độ của 06 điểm khống chế đo vẽ được cho trong bảng 1:

*Bảng 1. Tọa độ của các điểm khống chế đo vẽ*

| TT | Tên điểm | Các thành phần tọa độ (m) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | X (m) | Y (m) | h (m) |
| 1 | TN01 | 1357163.575 | 576625.059 | 25.645 |
| 2 | TN02 | 1357154.066 | 576697.930 | 26.463 |
| 3 | TN03 | 1357162.987 | 576952.220 | 30.635 |
| 4 | TN04 | 1357262.942 | 576649.060 | 28.141 |
| 5 | TN05 | 1357241.711 | 576589.391 | 25.754 |
| 6 | TN06 | 1357041.108 | 576510.935 | 22.030 |

### 3.1 Kết quả đo của PA1

*Bảng 2. Kết quả xác định tọa độ điểm đo chi tiết của PA1*

| Tên điểm RTK | Đo bằng RTK-CORS | | | Tên điểm TĐĐT | Đo bằng toàn đạc điện tử | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X (m) | Y (m) | h (m) | | X (m) | Y (m) | h (m) |
| Pt1 | 1357187.386 | 576605.781 | 24.008 | 1 | 1357187.37 | 576605.785 | 23.974 |
| Pt2 | 1357187.388 | 576605.784 | 24.015 | | | | |
| Pt3 | 1357228.017 | 576588.139 | 25.649 | 2 | 1357227.963 | 576588.173 | 25.368 |
| Pt4 | 1357228.011 | 576588.135 | 25.663 | | | | |
| Pt5 | 1357228.013 | 576588.136 | 25.670 | | | | |
| Pt22 | 1357276.926 | 576655.19 | 29.027 | 3 | 1357276.933 | 576655.192 | 28.907 |
| Pt23 | 1357276.929 | 576655.178 | 29.009 | | | | |
| Pt8 | 1357292.943 | 576685.109 | 30.268 | 4 | 1357292.94 | 576685.126 | 30.197 |

Từ số liệu cho trong bảng 2, tính được độ lệch các thành phần tọa độ điểm giữa kết quả xác định bằng GNSS với toàn đạc điện tử cho trong bảng 3.

*Bảng 3. Độ lệch kết quả xác định tọa độ điểm đo chi tiết của PA1*

| TT | Tên điểm | Độ lệch các thành phần tọa độ (m) | | | Độ lệch mặt bằng (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | X | Y | h | |
| 1 | Pt1 | 0.016 | -0.004 | 0.034 | 0.016 |
| 2 | Pt2 | 0.018 | -0.001 | 0.041 | 0.018 |
| 3 | Pt3 | 0.054 | -0.034 | 0.281 | 0.064 |
| 4 | Pt4 | 0.048 | -0.038 | 0.295 | 0.061 |
| 5 | Pt5 | 0.050 | -0.037 | 0.302 | 0.062 |
| 6 | Pt22 | -0.007 | -0.002 | 0.120 | 0.007 |
| 7 | Pt23 | -0.004 | -0.014 | 0.102 | 0.015 |
| 8 | Pt8 | 0.003 | -0.017 | 0.071 | 0.017 |

Trong kết quả ở bảng 1, điểm Pt3, Pt4, Pt5 đo trùng tại một điểm với mức che chắn cao nhất trong phương án này. Từ kết quả ở bảng 2 có thể thấy, mặc dù bị che chắn tới 70% nhưng độ lệch mặt bằng chỉ cỡ 2cm. Trong trường hợp che chắn nhiều hơn, độ lệch mặt bằng có thể lên tới 6cm.

### 3.2 Kết quả đo của PA2

*Bảng 4. Kết quả xác định tọa độ điểm đo chi tiết của PA2*

| Tên điểm RTK | Đo bằng RTK-CORS | | | Tên điểm TĐĐT | Đo bằng toàn đạc điện tử | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X (m) | Y (m) | h (m) | | X (m) | Y (m) | h (m) |
| Pt16 | 1357043.533 | 576530.563 | 22.204 | 18 | 1357043.534 | 576530.607 | 22.164 |
| Pt17 | 1357043.553 | 576530.569 | 22.218 | | | | |
| Pt18 | 1357043.556 | 576530.579 | 22.232 | | | | |
| Pt19 | 1357041.119 | 576510.918 | 22.12 | 19 | 1357041.117 | 576510.992 | 22.086 |
| Pt20 | 1357049.768 | 576495.37 | 22.031 | 20 | 1357049.715 | 576495.375 | 21.961 |

*Bảng 5. Độ lệch kết quả xác định tọa độ điểm đo chi tiết của PA2*

| TT | Tên điểm | Độ lệch các thành phần tọa độ (m) | | | Độ lệch mặt bằng (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | X | Y | h | |
| 1 | Pt16 | -0.001 | -0.044 | 0.040 | 0.044 |
| 2 | Pt17 | 0.019 | -0.038 | 0.054 | 0.042 |
| 3 | Pt18 | 0.022 | -0.028 | 0.068 | 0.036 |
| 4 | Pt19 | 0.002 | -0.074 | 0.034 | 0.074 |
| 5 | Pt20 | 0.053 | -0.005 | 0.070 | 0.053 |

Trong phương án này, thời gian đặt máy tại một điểm lên tới hàng chục phút để nhận được kết quả fixed. Mặc dù vậy, độ lệch mặt bằng trong trường hợp này vẫn lớn hơn và đạt đến 7.4cm.

### 3.3 Kết quả đo của PA3

*Bảng 6. Kết quả xác định tọa độ điểm đo chi tiết của PA3*

| Tên điểm RTK | Đo bằng RTK-CORS | | | Tên điểm TC407 | Đo bằng toàn đạc điện tử | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X (m) | Y (m) | h (m) | | X (m) | Y (m) | h (m) |
| Pt3 | 1357013.785 | 576515.431 | 22.221 | 1 | 1357013.805 | 576515.407 | 22.373 |
| Pt4 | 1356990.479 | 576497.817 | 22.556 | 2 | 1356990.466 | 576497.751 | 22.346 |
| Pt5 | 1356990.484 | 576497.820 | 22.553 | | | | |
| Pt6 | 1356998.098 | 576466.628 | 23.308 | 3 | 1356998.093 | 576466.554 | 23.183 |
| Pt7 | 1356998.118 | 576466.634 | 23.303 | | | | |
| Pt8 | 1357021.785 | 576434.943 | 23.135 | 4 | 1357021.758 | 576434.931 | 22.981 |
| Pt9 | 1357021.778 | 576434.944 | 23.117 | | | | |
| Pt11 | 1357032.790 | 576515.429 | 22.230 | 5 | 1357032.826 | 576515.429 | 22.084 |

*Bảng 7. Độ lệch kết quả xác định tọa độ điểm đo chi tiết của PA3*

| TT | Tên điểm | Độ lệch các thành phần tọa độ (m) | | | Độ lệch mặt bằng (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | X | Y | h | |
| 1 | Pt3 | -0.020 | 0.024 | -0.152 | 0.031 |
| 2 | Pt4 | 0.013 | 0.066 | 0.021 | 0.067 |
| 3 | Pt5 | 0.018 | 0.069 | 0.207 | 0.071 |
| 4 | Pt6 | 0.005 | 0.074 | 0.125 | 0.074 |
| 5 | Pt7 | 0.025 | 0.080 | 0.120 | 0.084 |
| 6 | Pt8 | 0.027 | 0.012 | 0.154 | 0.030 |
| 7 | Pt9 | 0.020 | 0.013 | 0.136 | 0.024 |
| 8 | Pt11 | -0.036 | 0.000 | 0.146 | 0.036 |

Trong phương án này, dù mức độ che chắn tương đương với mức độ che chắn trong phương án 1, thời gian đo cũng tương tự nhưng độ lệch mặt bằng lớn hơn và đạt đến 8.4cm.

**3.4 Kết quả đo của PA4**

*Bảng 8. Kết quả xác định tọa độ điểm đo chi tiết của PA4*

| Tên điểm RTK | Đo bằng RTK-CORS | | | Tên điểm TC407 | Đo bằng toàn đạc điện tử | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X (m) | Y (m) | h (m) | | X (m) | Y (m) | h (m) |
| Pt13 | 1357270.465 | 576572.926 | 27.304 | 7 | 1357270.494 | 576572.956 | 27.186 |
| Pt14 | 1357293.454 | 576592.774 | 28.474 | 8 | 1357293.475 | 576592.840 | 28.510 |
| Pt15 | 1357314.726 | 576620.922 | 30.723 | 10 | 1357314.729 | 576621.001 | 30.675 |
| Pt16 | 1357347.748 | 576598.051 | 31.602 | 11 | 1357347.777 | 576598.167 | 31.633 |
| Pt17 | 1357347.757 | 576598.042 | 31.621 | | | | |

*Bảng 9. Độ lệch kết quả xác định tọa độ điểm đo chi tiết của PA4*

| TT | Tên điểm | Độ lệch các thành phần tọa độ (m) | | | Độ lệch mặt bằng (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | X | Y | h | |
| 1 | Pt13 | -0.029 | -0.030 | 0.118 | 0.042 |
| 2 | Pt14 | -0.021 | -0.066 | -0.036 | 0.069 |
| 3 | Pt15 | -0.003 | -0.079 | 0.048 | 0.079 |
| 4 | Pt16 | -0.029 | -0.116 | -0.031 | 0.120 |
| 5 | Pt17 | -0.020 | -0.125 | -0.012 | 0.127 |

Tương tự như kết quả của phương án 2, trong phương án này, do độ che chắn lớn hơn nên dù đo với thời gian lên tới hàng chục phút để có thể nhận được giá trị tọa độ fixed tuy nhiên độ lệch về tọa độ mặt bằng vẫn rất lớn. Giá trị lớn nhất lên tới 0.127m.

**4. Kết luận**

Từ các kết quả tính thực nghiệm cho thấy, độ lệch xác định tọa độ bằng công nghệ GNSS có thể được ứng dụng trong nhiều công việc khác nhau ngay cả trong trường hợp điều kiện thu

tín hiệu bị che chắn lên tới 90%.

Với khoảng cách từ bìa rừng đến điểm chi tiết là 10 - 20m, với mức độ che chắn lên tới 70% thì độ lệch xác định vị trí vẫn đạt được 2cm đối với tán cây xà cừ và 3cm đối với tán cây keo lá tràm với thời gian đo RTK như thông thường. Trong trường hợp che chắn lên đến 90% thì độ lệch tương ứng lần lượt là 6,4cm và 8,4cm.

Khi khoảng cách từ bìa rừng tới điểm chi tiết là 40 - 50m, với thời gian đo hàng chục phút (để có được kết quả fixed) cho phép xác định vị trí điểm với độ lệch là 7,4cm đối với tán cây xà cừ và 12,7cm đối với tán cây keo lá tràm.

Trong thời gian tới, nhóm nghiên cứu kiến nghị cần tiến hàng thực nghiệm với các loại tán cây khác và khoảng cách từ bìa rừng tới các điểm chi tiết lớn hơn.

**Tài liệu tham khảo**

1. Lưu Hải Âu (2014), *Báo cáo tổng kết khoa học công nghệ đề tài "Nghiên cứu xây dựng giải pháp đo GPS theo công nghệ trạm tham chiếu ảo (VRS) ở Việt Nam phục vụ việc đa dạng hóa các ứng dụng trạm CORS"*, Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ, Hà Nội.

2. Trần Quang Bảo, Nguyễn Đức Lợi, Lã Nguyên Khang (2017), "Ứng dụng GIS và viễn thám trong phân tích thực trạng và đánh giá diễn biến tài nguyên rừng tại huyện Vĩnh Cửu, tỉnh Đồng Nai", Tạp chí Khoa học và Công nghệ lâm nghiệp số 6, trang 92 - 100.

3. Nguyễn Văn Thị, Trần Thị Mai Anh, Nguyễn Thị Hà, Phùng Văn Khoa, Vũ Tiến Thịnh (2016), "Ứng dụng GIS và viễn thám trong quản lý chi trả dịch vụ môi trường rừng tại lưu vực thủy điện Hương Sơn, Hà Tĩnh", Tạp chí Khoa học và Công nghệ lâm nghiệp số 6, trang 92 - 100.

4. Phạm Quang Vinh, Vũ Thị Kim Dung (2016), "Ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS đánh giá biến động tài nguyên rừng ở tỉnh Điện Biên", Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, số 3(3), trang 38-43.

5. Heri Andreas, Hasanuddin Zainal Abidin, Dina Anggreni Sarsito, Dhota Pradipta (2018), "Study the capabilities of RTK Multi GNSS under forest canopy in regions of Indonesia", E3S Web of Conferences 94, 01021 (2019), https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199401021.

6. Michał Brach, Krzysztof Stereńczak, Leszek Bolibok, Łukasz Kwaśny, Grzegorz Krok, Michał Laszkowski (2019), "Impacts of forest spatial structure on variation of the multipath phenomenon of navigation satellite signals", Folia Forestalia Polonica, Series A - Forestry, 2019, Vol. 61 (1), 3-21, DOI: 10.2478/ffp-2019-0001.

7. Izvorni znanstveni članak (2020), "The seasonal effects of deciduos tree foliage in CORS-GNSS measurements (VRS/FKP)", DOI: 10.17559/TV-20150301214046.

8. Dexter Davis (2011), *Applying GNSS & CORS tecnology to land development: A cadastral perspective*, Land conference 2011.

9. Anders Johan Konnestad (2018), *On the accuracy of GNSS in forests*, Master thesis, Faculty of Enviornmental Sciences and Natural Resource Management, Norwegian University of Life Sciences.

10. Alejandro Olivera, Rien Visser (2016), "Development of forest-yield maps generated from

Global Navigation Satellite System (GNSS)-enabled harvester StanForD files: preliminary concepts", New Zealand Journal of Forestry Science, DOI 10.1186/s40490-016-0059-x.
11. R. Valbuena, F. Mauro, R. Rodriguez-Solano, J. A. Manzanera (2010), "Accuracy and precision of GPS receivers under forest canopies in a mountainous environment", Spanish Journal of Agricultural Research 2010 8(4), 1047-1057.
12. United States Department of Agriculture (2008), *Tailoring GPS for the forest service: MTDC's testing and evaluation program*.
13. Bản đồ lâm nghiệp https://bandolamnghiep.com/category/gps-mobile/
14. https://acnovo.com/ufo-gnss-acnovo-receiver/
15. https://leica-geosystems.com/products/total-stations/manual-total-stations

## ABSTRACT

# EVALUATING THE ACCURACY OF GNSS OBSERVATION IN CASE OF BEING SHIELDED BY DIFFERENT TYPES OF CROWNS

**Nguyen Gia Trong[1], Nguyen Viet Nghia[1], Nguyen Dinh Thien[2],**
**Ly Lam Ha[3], Pham Ngoc Quang[1]**
*[1] Hanoi University of Mining and Geology*
*[2] Cadastral 7 company limited*
*[3] Economic and Infrastructure Agency of Cam Lam district, Khanh Hoa province*
*Corresponding author: nguyengiatrong@humg.edu.vn*

Vegetation plays a very important role in human life therefore, making maps of trees in general and maps of forest land, in general, is a regular demand. The influence of the crown is an important factor when applying GNSS to locate the position of trees and other elements of the forest map. Depending on the level of cover and the type of crowns, the accuracy of positioning using GNSS technology in this case also varies. The report has carried out experimental measurements using GNSS technology under the shielding conditions of acacia and nacre tree and in Khanh Vinh district, Khanh Hoa province. The results show that, with the distance from the edge of the forest to the detailed point from 10 to 20 m, the shielding is 70%, the accuracy of locating the point is 2 cm and 3 cm, respectively. In the case of the shielding, the level is up to 90% accuracy, the accuracy is 6.4 cm and 8.4 cm, respectively. When the distance from the edge to the points 0 to 50 m, with a measurement time is up to ten minutes, it is possible to locate the point with an accuracy of 7.4 cm and 12.7 cm, respectively.

*Keywords*: forest mapping, GNSS, GNSS under tree, GNSS in forest.

# THE INTEGRATION OF GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM KINEMATIC POSITIONING AND INERTIAL MEASUREMENT UNIT FOR HIGHLY DYNAMIC SURVEYING AND MAPPING APPLICATIONS

**Duong Thanh Trung[1], Duong Van Tuan[2], Hoang Anh Tuan[1]**
*[1] Hanoi University of Mining and Geology*
*[2] Aitogy Infrastructure Technology Joint Stock Company*
*Corresponding author: duongthanhtrung@humg.edu.vn*

**Abstract:** Global Navigation Satellite System with Realtime Kinematic Positioning (GNSS RTK) is now widely applied for land-based surveying to provide positioning solution at centimeter level. However, for highly dynamic surveying and mapping applications such as UAV photogrammetry, hydrographical surveying and mobile mapping that require a high frequency and continuous navigation solution, GNSS RTK only is insufficient. To overcome this issue, we propose a system that integration of GNSS RTK and Inertial measurement Unit (IMU) to provide navigation solution including position, velocity and attitude. For this scheme, Extended Kalman Filter is used for data fusion. The conducted field test indicated that the proposed system and solution is enable to provide navigation solution of frequency up to 50Hz with positional accuracy of centimeter in open sky view and decimeter in GNSS hostile environment.

**Keyword:** GNSS, IMU, Kalman Filter, Integration.

## 1. Introduction

For collecting geo-spatial data, mobile mapping system (MMS) is widely used today. Various types of MMSs have been developed for different applications; land-based MMSs use land vehicles to carry the MMS (El-Sheimy, 1996. Airborne MMSs refers to MMSs whose mapping sensors are mounted on airplanes or Unmanned Aviation Vehicles (UAVs) (Bossler and Schmidlay, 1997). With the development of direct geo-referencing (DG) systems, the transformation parameters in an MMS can now be directly determined using a DG system. DG is the determination of time-variable position and orientation parameters for a mobile mapping system in a certain reference frame (Bossler, 1993; El-Sheimy, 1996). The most common technologies used for this purpose today are satellite positioning with Global Positioning System (GPS) and the Inertial Navigation System (INS) using an Inertial Measuring Unit (IMU). Although using either technology alone could determine both position and orientation in principle, they are usually integrated in such a way that the INS is the main orientation sensor while the GNSS receiver is the main position sensor (Huang, 2009). Tuan Li (2017) proposed a Tightly-Coupled Integration of Multi-GNSS Single-Frequency RTK and MEMS-IMU for

Enhanced Positioning Performance. The positional accuracy can archive centimeter lever for this scheme, However, the Tightly coupled with GNSS signal intervention is not easy for certain equipment. Sudha (2020) introduce a Dual-frequency PPP GNSS and MEMS-IMU Integration for Continuous Navigation in Obstructed Environments. The horizontal accuracy of this scheme can reach to centimeter level. This disadvantage of this strategy is that it is only suitable for post-processing application.

Considering the high cost and large size, high quality IMUs are restricted to commercial MMSs. The Micro-Electro-Mechanical System (MEMS) IMU with its small size, low cost, and low power consumption is now widely applied, particularly for UAV and portable MMSs where the payload is limited. However, their performance is still considered poor for certain applications. Park and Gao (2008) demonstrated that the quality performance of MEMS-based inertial sensors is not yet quite acceptable for land vehicle application for longer periods of GPS signal outrage. In the 10-second GPS position measurements updates of loosely coupled schemes, the maximum position error reached about 60 meters. However, for the large-scale mapping and precise navigation, decimeter to centimeter lever of accuracy is required.

The main objective of this study is to design an integration scheme that using GNSS RTK technology and low-cost MEMS IMU with embedded Extended Kalman Filter for real-time solution.

## 2. Integration strategies

### *2.1. System design*

The integration of IMU and GNSS proposed in this research is described in the Fig. 1.

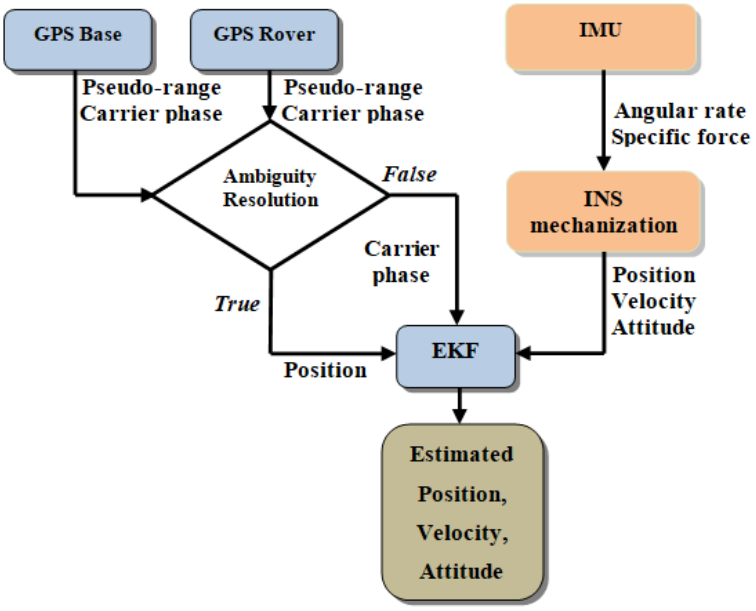



*Fig. 1 The integration scheme.*

First, the outputs of the IMU, the angular rates sensed by gyroscopes and the specific forces sensed by accelerometers are processed by the INS mechanization to obtain navigation

solutions, which are the position, velocity and attitude in the navigation frame. The pseudo-range and carrier phase, the raw measurements from the Rover and Base GNSS receivers, are pre-processed in the ambiguity resolution to get high accuracy positions. The EKF is used as an estimator for data fusion to obtain estimated navigation solutions.

***2.2. Model Design for Estimation***

The system and measurements models are required for data fusion using an estimator such as EKF. With a high sampling rate and a seamless output, the INS is used to form the system model. GPS measurements and other external aids are used to build the measurement model.

The system model is the discrete form of the INS mechanization derived from the equation (1). The state vector is:

$$x_{21\times1} = [r^l v^l r_b^l b_g b_a s_g s_a]^T \quad (1)$$

Where $r^l$, $v^l$, and $r_b^l$ are position, velocity, and attitude of the system in the local level frame; $b_g$, $b_a$, $s_g$, and $s_a$ are the biases and scale factors of the gyroscopes and accelerometers, respectively.

For the system model is designed following **Huang and Chiang** (2009) as below:

$$\dot{x} = Fx + Gu \quad (2)$$

Where

$$x = \begin{bmatrix} \delta r^c \\ \delta v^c \\ \psi \end{bmatrix}; F = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} & 0 \\ F_{21} & F_{22} & F_{23} \\ 0 & 0 & F_{33} \end{bmatrix}; G = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ C_b^n & 0 \\ 0 & C_b^n \end{bmatrix}; u = \begin{bmatrix} \delta f^b \\ \delta \omega_{ib}^b \end{bmatrix} \quad (3)$$

The aiding measurements are position and velocity provided by the GPS receiver. For the EKF, the measurement model is as follows:

$$z = \begin{bmatrix} r_{INS}^e - r_{GPS}^e \\ v_I^e - v_{GPS}^e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_r & 0 \\ 0 & H_v \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta r^e \\ \delta v^e \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_r \\ \varepsilon_v \end{bmatrix} \quad (4)$$

Where $H_r = H_v = I_{3\times3}$ are mapping matrices, $\delta r^e$ is the position error vector, $\delta v^e$ is the velocity vector expressed in the ECEF (or e-frame), and $\varepsilon_r$ and $\varepsilon_v$ are the position and velocity noise, respectively. Identical to the system noise, the measurement noises vector $\varepsilon = [\varepsilon_r, \varepsilon_v]^T$ is not directly estimated but is accounted in the EKF by a representation of the measurement noise model *R*, where *R* is modeled based on the GPS position and velocity uncertainty.

After some transformations, the measurement model can be expressed in a form required by the EKF:

$$z_k = H_k x_k + \varepsilon_k \quad (5)$$

Since the system model and measurement model are established, extended Kalman Filter is applied for estimation to provide navigation solution including position, velocity and attitude of the system. The procedure of the EKF can be found in the Huang and Chiang (2009).

***2.2. Hardware design***

The hardware design of the GNSS RTK/IMU system composes of five main components

including Microcontroller Unit (MCU), GNSS module, IMU, communication port and power supply module. Microcontroller unit Using ARM-32 bit LPC1768FBD100, to receive the command from user, receive the signal, data from sensor such as GNSS receiver and IMU, synchronization and process the integration data. GNSS module is the dual frequency, multi chancel GNSS signal Ublox Neo-F9P module. IMU is the 6-degree freedom Xsens-MTi-3. The system use 3-5 VDC-2A power supply. The diagram of the system design shown in the figure 2, main board and the enclosure shown in the figure 3.

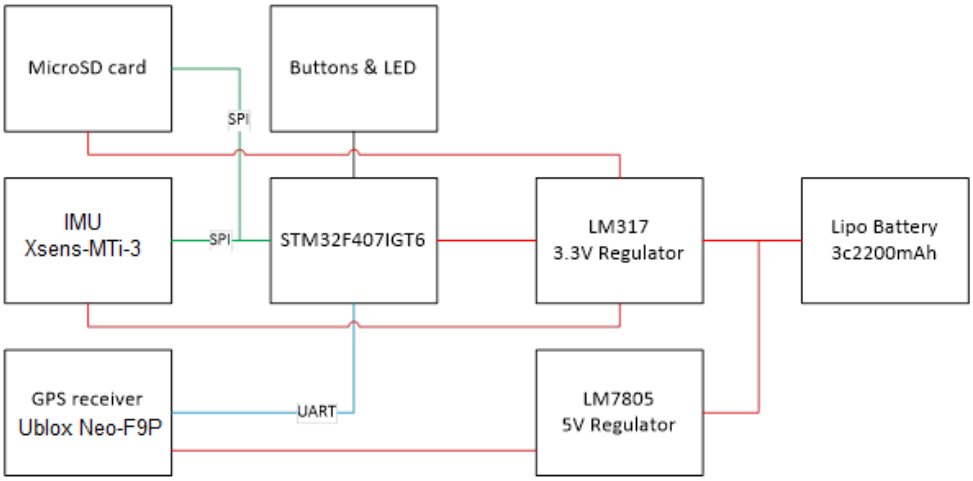



*Figure 2: Diagram of the system design.*




*Figure 3: main board and the enclosure of the system.*

## 3. Experiment and discussion

For the test, three systems were used to evaluate the proposed method. The first is the dual frequency RTK GNSS receiver, Leica viva GS16 that connect with VNGEONET CORS network for getting RTK fixed solution. The second system is the single frequency GNSS receiver, Ublox Neo-M6T EVK with single point positioning solution (SSP). The third system is the integration of the GNSS RTK receiver, Ublox NEO-M8P and Xsens-MTi-3. Three systems ware setup on a car for data collection (Figure 4). To evaluate accuracy, ground control points with geodetic surveying ware built along the testing trajectory for reference. The coordinate of the control points ware measured using total station, connect with the third order geodetic national control network, the accuracy is guaranteed at level of millimeter.

The testing data sets were collected under two environment scenarios, in open sky view and under the bridge areas in Hanoi, Vietnam. The testing trajectory is shown in the Figure 5. For visual analysis, the enlargement of two typical scenarios including in the open sky view and under bridge view as shown in Figure 6 and 7. The numerical analysis can be seen in the table 1 and table 2.



*Figure 4: Testing platform.*

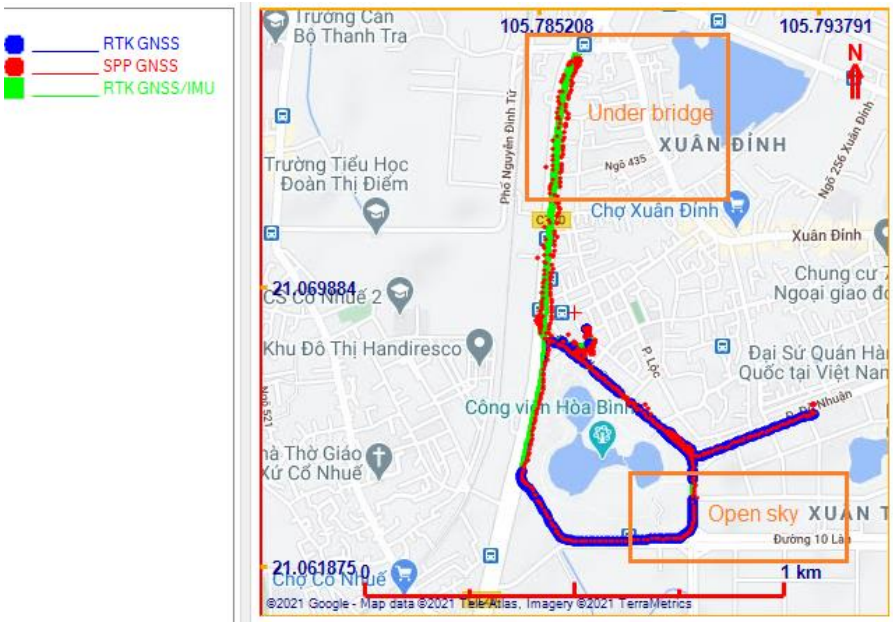



*Figure 5: Testing trajectory.*

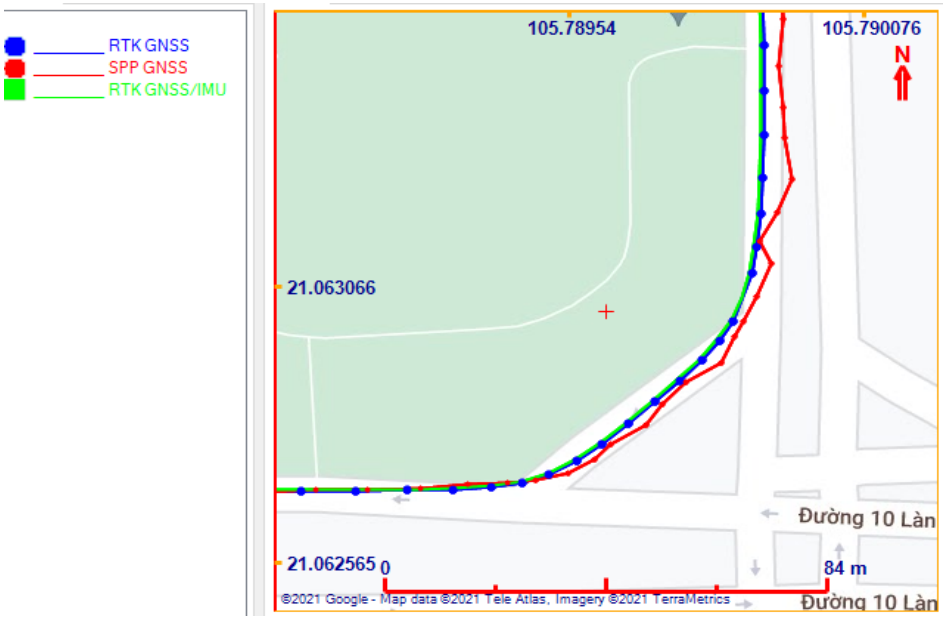



*Figure 6 Enlargement of scenario open sky view area*

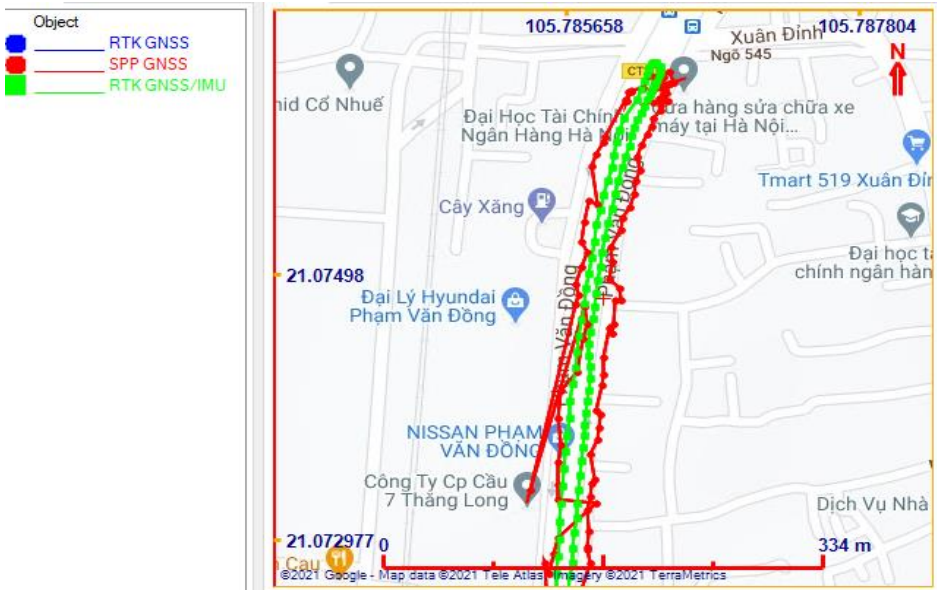



*Figure 7: Enlargement of under bridge area*

*Table 1: numerial result in the open sky view area*

| | Availability (%) | Min(m) | Max(m) | Mean(m) | Std. Deviation(m) |
|---|---|---|---|---|---|
| **SSP GNSS** | 99 | 0.450 | 9.610 | 2.400 | 1.560 |
| **RTK GNSS** | 95 | 0.002 | 0.720 | 0.030 | 0.026 |
| **RTK GNSS+IMU** | 99 | 0.003 | 0.810 | 0.040 | 0.035 |

*Table 2: numerial result in the under bridge area*

| | Availability (%) | Min(m) | Max(m) | Mean(m) | Std. Deviation(m) |
|---|---|---|---|---|---|
| **SSP GNSS** | 72 | 0.120 | 20.600 | 4.650 | 5.560 |
| **RTK GNSS** | 0 | - | - | - | - |
| **RTK GNSS+IMU** | 99 | 0.015 | 1.530 | 0.240 | 0.340 |

The test result indicated that in the open sky, all three systems can provide continuosly solution with the availability from 95 to 99%. Both the RTK GNSS and RTK GNSS+IMU provide centimeter level of accuracy with RTK fixed solution. The accuracy of the SSP GNSS is about 2.4m for mean and 1.5m for standard daviation.

In the under bridge environtment, most of time, the GNSS RTK did not provide RTK fixed solution. The SPP provide solution with 72%, however, the accuracy is low, about 5m for mean and max error can reach to 20.6m. In contrast, the integration of RTK GNSS and IMU, the availability still at 99%. Although it can not provides RTK fixed solution, the positional accuracy is about 0.2m for mean and 0.34m for standard deviation.

**4. Conclusions**

This research has proposed an integration scheme that combines the GNSS RTK and IMU. A compact board is designed with embedded Extended Kalman Filter in the MCU for real-time solution output.

A field test with two environmental scenarios ware implemented to evaluate the performance of the proposed method in comparison with the GNSS SSP and the GNSS RTK solution.

The result from the testicated that the GNSS RTK/IMU integration outperforms in availability compared with the GNSS RTK and much betteretter SSP GNSS in accuracy. In addition, the proposed scheme not only provides position, but also provides attitude including roll, pitch and heading for many applications.

**References**

1. Bossler, J.D. and Schmidlay, R.W., 1997. Airborne Integrated Mapping System Promises Large-Scale Mapping Advancements. GIS World, 10(6), pp. 46-48. Goad, C.C. The Ohio State University Mapping System: The Positioning Component. Proceedings of the 47th Annual Meeting, Williamsburg, VA, June 10-12, 1991, 121-124.

2. El-Sheimy, N., 1996. The Development of VISAT-A Mobile Survey System for GIS Applications. Ph.D. Dissertation, Depertment of Geomatics Engineering, University of Calgary, Calgary, AB, Canada.Li, D.; Zhong, S. D.; He, X.; Zheng, H. A mobile mapping system based on GPS, GIS and multisensor. Int. Arch. Photogrammetry and Remote Sensing 1999, 32, 1.3.1-1.3.5.

3. Ellum, C.M. and El-Sheimy, N., 2001. Portable Mobile Mapping System, Proceeding of The 3rd Symposium on Mobile Mapping Technology, Cairo, Egypt, January 3-5.Li, R.; Mobile Mapping - An emerging technology for spatial data acquisition. J. Photogramm. Eng.Remote Sens. 1997, 63, 1085-1092.7.

4. Huang, Y.W. and Chiang, K.W., 2009. Performance Analysis of Low Cost INS/GPS POS Systems for Land Based MMS Utilizing LC and TC Integration, ION GNSS 2009 Meeting, Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

5. Park, M. and Gao, Y., 2008. Error and Performance Analysis of MEMS-based Inertial

Sensors with a Low-cost GPS Receiver. Sensors, 8(4), pp. 2240-2261
6. Li, T.; Zhang, H.; Gao, Z.; Chen, Q.; Niu, X.,2018. High-Accuracy Positioning in Urban Environments Using Single-Frequency Multi-GNSS RTK/MEMS-IMU Integration. *Remote Sens.* 2018, *10*, 205. https://doi.org/10.3390/rs10020205
7. Vana S., Bisnath S., 2020. Enhancing Navigation in Difficult Environments with Low-Cost, Dual-Frequency GNSS PPP and MEMS IMU. In: International Association of Geodesy Symposia. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/1345_2020_118

## TÓM TẮT

# HỆ THỐNG TÍCH HỢP GIỮA GNSS RTK VÀ CẢM BIẾN QUÁN TÍNH CHO CÁC ỨNG DỤNG ĐO ĐẠC TỐC ĐỘ CAO VÀ LẬP BẢN ĐỒ TỰ ĐỘNG

**Dương Thành Trung[1], Dương Văn Tuấn[2], Hoàng Anh Tuấn[1]**
*[1]Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*[2] Công ty cổ phần công nghệ hạ tầng cơ sở Aitogy*
*Tác giả liên hệ: duongthanhtrung@humg.edu.vn*

Ngày nay, công nghệ định vị vệ tinh đo động thời gian thực (GNSS RTK) đang được sử dụng rộng rãi cho các ứng dụng đo đạc mặt đất để cung cấp thông tin tọa độ với độ chính xác cỡ cm. Tuy nhiên, với các ứng dụng có tốc độ di chuyển cao như các hệ thống lập bản đồ tự động hay hệ thống máy bay không người lái, GNSS RTK là chưa đáp ứng đủ. Để khắc phục vấn đề này, chúng tôi đề xuất, thiết kế một hệ thống tích hợp, trong đó kết hợp giữa GNSS RTK và cảm biến quán tính (IMU) để cung cấp các thông tin định vị bao gồm vị trí, vận tốc và tư thế của hệ thống mang. Phép lọc Kalman mở rộng được sử dụng để xử lý số liệu tích hợp. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng hệ thống đề xuất có thể liên tục cung cấp thông tin định vị ở tần số 50Hz. Trong môi trường thông thoáng, độ chính xác đạt đến cm và trong môi trường khuất nhiễu tín hiệu vệ tinh, độ chính xác về vị trí vẫn có thể đạt được độ chính xác cỡ dm trong khi vẫn duy trì dữ liệu ra.

*Từ khóa*: GNSS, IMU, Lọc Kalman, Hệ thống tích hợp.

# ĐỀ XUẤT QUY TRÌNH QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH CÔNG TRÌNH SỬ DỤNG MÁY QUÉT LASER MẶT ĐẤT

**Phạm Trung Dũng[1], Nguyễn Thị Kim Thanh[1], Trần Thùy Linh[1], Nguyễn Thị Hà[1], Nguyễn Thái Bình Dương[2]**

*[1]Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

*[2]Bộ Tài nguyên và Môi trường*

*Tác giả liên hệ: phamtrungdung@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Quan trắc chuyển dịch công trình bằng thiết bị quét laser mặt đất (TLS) là một hướng đi mới, phù hợp với xu hướng phát triển trong lĩnh vực trắc địa công trình ở Việt nam. Tuy nhiên, hiện nay thiếu quy trình quan trắc chuyển dịch bằng thiết bị TLS là một khó khăn để có thể ứng dụng thiết bị này trong thực tế sản xuất trắc địa ở nước ta. Bài báo đề xuất quy trình quan trắc chuyển dịch bằng thiết bị TLS với quy trình ba bước như sau: (1) lập kế hoạch đo, (2) thu thập và xử lý số liệu, và (3) tính toán tham số chuyển dịch giữa hai đám mây điểm. Để đánh giá sự phù hợp của quy trình đề xuất nêu trên, thực nghiệm đã tiến hành mô phỏng sự chuyển dịch của nhà cao tầng thông qua tấm bảng vuông có kích thước 60x60 cm được đặt trên nhà cao tầng. Tiến hành dịch chuyển tấm bảng theo các giá trị xác định trước theo các lần đo. Sử dụng máy quét Faro Focus$^{3D}$ X130 để thu thập dữ liệu và phần mềm Cloudcompare được sử dụng để phân tích sự chuyển dịch của đám mây điểm theo phương pháp Cloud-to-Cloud. Toàn bộ quá trình phân tích được tiến hành theo ba bước theo quy trình đề xuất. Kết quả phân tích chỉ ra rằng, mức độ chênh lệch giữa chuyển dịch từ đám mây điểm và giá trị chuyển dịch thực rất nhỏ (<±1 mm) trong toàn bộ 12 lần thực nghiệm. Do đó, có thể khẳng định rằng quy trình quan trắc chuyển dịch công trình bằng TLS được đề xuất là phù hợp và có thể sử dụng trong công tác quan trắc chuyển dịch công trình ở Việt nam.

**Từ khóa:** Quan trắc chuyển dịch công trình, máy quét laser mặt đất, phương pháp Cloud-to-Cloud, Cloudcompare.

## 1. Giới thiệu

Quan trắc biến dạng công trình bằng phương pháp trắc địa là sử dụng các thiết bị trắc địa để quan trắc công trình giữa các chu kỳ khác nhau và xác định sự thay đổi của công trình dựa trên số liệu thu nhận được. Thông thường, dữ liệu thu nhận được xác định trên một hệ tọa độ bao gồm cả các điểm ổn định và đối tượng chuyển dịch hoặc biến dạng. Hệ thống các điểm ổn định có vai trò như các điểm gốc để so sánh sự thay đổi, chuyển dịch của đối tượng cần quan trắc. So với sự chuyển dịch và biến dạng được xác định thông qua các điểm riêng lẻ trong phương pháp định vị vệ tinh hoặc các phương pháp trắc địa truyền thống khác như thủy chuẩn, toàn đạc điện tử… TLS có nhiều ưu điểm vượt trội. Bởi vì quan trắc bằng thiết bị TLS cho phép

phát hiện biến dạng hoặc chuyển dịch của công trình theo bề mặt [1]. Tuy nhiên quy trình phân tích dữ liệu đám mây điểm để xác định tham số chuyển dịch của công trình vẫn là vấn đề khó khăn nhất khi áp dụng công nghệ này.

Cho đến nay tồn tại hai phương pháp để phân tích chuyển dịch của đối tượng quan trắc bao gồm: (1) xác định trực tiếp tọa độ của đám mây điểm trong hệ tọa độ trắc địa dựa trên các điểm khống chế; (2) xác định một hệ tọa độ chung cho tất cả các chu kỳ quan trắc. Phương pháp thứ nhất đòi hỏi phải có mạng lưới khống chế được thành lập bằng các phương pháp trắc địa khác như GNSS, toàn đạc điện tử... Các điểm khống chế (Groud Control Point GCP) được sử dụng để thiết lập hệ tọa độ của đám mây điểm theo phương pháp tham chiếu địa lý (georeferencing) ở từng chu kỳ đo [2]. Ưu điểm của phương pháp này là cho phép xác định chuyển dịch tuyệt đối của đối của công trình. Tuy nhiên sai số của điểm khống chế ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác của đám mây điểm thu được bởi TLS là nhược điểm chính của phương pháp. Phương pháp thứ hai sử dụng công cụ định hướng chùm tia (alignment) dựa trên các điểm tiêu đo. Các điểm này không cần xác định tọa độ mà chỉ cần nằm trong vùng chồng phủ giữa hai đám mây điểm của hai trạm quét liên tiếp. Hệ tọa độ thiết lập cho các chu kỳ quét là hệ độc lậ nên không cần sử dụng các điểm khống chế [3, 4]. Ưu điểm của phương pháp này là không cần phải xây dựng mạng lưới khống chế tọa độ và độ cao cũng như tránh được sai số của các điểm khống chế. Tuy nhiên, phương pháp chỉ cho phép xác định được chuyển dịch tương đối của công trình. Phương pháp này phù hợp để quan trắc chuyển dịch nghiêng của các công trình có chiều cao lớn như nhà cao, tòa tháp, tháp truyền hình, cột ống khói… và áp dụng trong nghiên cứu này.

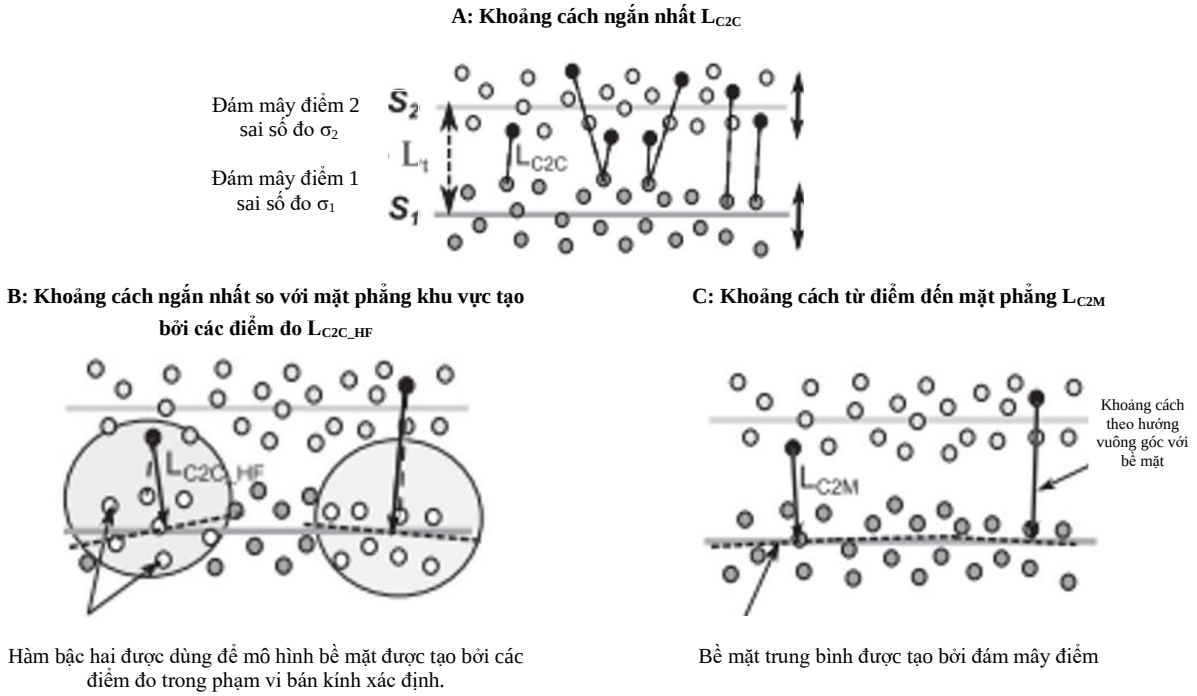
Nghiên cứu TLS để quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình đã bắt đầu từ khoảng hơn 15 năm nay. Công trình nghiên cứu đầu tiên về vấn đề này có thể tìm trong [5]. Trong nghiên cứu này các tác giả đã sử dụng TLS để quan trắc cửa ngăn nước của đê chắn sóng. Kết quả chỉ ra rằng, TLS đảm bảo độ chính xác và phù hợp cho mục tiêu quan trắc này. Ứng dụng trong quan trắc cầu vượt sông, Ziolkowski, Szulwic [6] đã sử dụng để xác định độ võng của cầu trong trường hợp có tải trọng. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng, TLS xác định với độ chính xác mức mm và hoàn toàn có thể sử dụng trong quan trắc cầu. Đối với đập thủy điện, González-Aguilera, Gómez-Lahoz [7] đã áp dụng TLS để quan trắc một đập thủy điện lớn. Tác giả đã tạo ra biến dạng trên thân đập và so sánh nó với dữ liệu thu được từ TLS. Kết quả xác định từ đám mây điểm phù hợp với biến dạng tạo ra, vì thế TLS phù hợp với yêu cầu độ chính xác trong quan trắc biến dạng đập. Quan trắc độ thẳng đứng của tháp truyền hình, Schneider [8] đã sử dụng TLS để quét bề mặt bên ngoài của đài tháp để tính ra tâm của cột tháp. Từ dữ liệu thu được ở nhiều mức độ cao khác nhau của tháp cho phép đánh giá được độ thẳng đứng của tháp. Ngoài ra còn có các đánh giá khác về TLS trong quan trắc đường hầm [9], quan trắc các đối tượng địa kỹ thuật [10], và các công trình khác [11-13]. Tuy nhiên, cho đến nay chưa có quy định chung về quy trình thu thập và xử lý dữ liệu của TLS trong quan trắc biến dạng và chuyển dịch công trình. Tại Việt nam, còn thiếu nghiên cứu một cách có hệ thống về thiết bị TLS, đặc biệt là chưa

có tiêu chuẩn và quy trình quy định về sử dụng thiết bị TLS trong trắc địa công trình nói chung cũng như trong quan trắc chuyển dịch công trình nhà cao tầng nói riêng. Do đo, bài báo này đề xuất quy trình cho quan trắc chuyển dịch nhà cao tầng sử dụng thiết bị TLS.

Cấu trúc của bài báo được trình bày như sau. Mục 2 trình bày một số phương pháp tiêu biểu để tính khoảng cách giữa hai đám mây điểm. Quy trình thu thập và xử lý dữ liệu cho phân tích chuyển dịch được trình bày trong mục 3. Mục 4 là ví dụ về cách phân tích chuyển dịch ngang công trình và kết quả đánh giá. Cuối cùng là kết luận được trình bày trong mục 5 của bài báo.

## 2. Phương pháp phân tích chuyển dịch công trình dựa trên đám mây điểm

Xác định chuyển dịch công trình bằng công nghệ TLS là xác định sự thay đổi vị trí của hai đám mấy điểm của cùng một đối tượng quan trắc tại hai chu kỳ đo tương ứng. Do đó, chìa khóa của quy trình xác định sự chuyển dịch công trình là phương pháp so sánh hai đám mây điểm. Hai phương pháp cơ bản cho phép so sánh sự thay đổi của đám mây điểm là kiểm định thống kê và tính khoảng cách. Phương pháp thứ nhất cho phép xác định có hay không sự thay đổi giữa hai đám mây điểm [10]. Nói cách khác sự thay đổi của đám mây điểm chính là sự chuyển dịch của công trình. Tuy nhiên, phương pháp này không cho phép xác định được mức độ thay đổi giữa hai đám mây điểm. Phương pháp thứ hai sử dụng để so sánh hai đám mây điểm bằng cách xác định khoảng cách giữa hai đám mây điểm và được sử dụng trong bài báo này. Khoảng cách giữa hai đám mây điểm có thể tính theo các phương pháp như: Cloud-to-Cloud (C2C), Cloud-to-Mesh (C2M) và Multiscale Model-to-Model Cloud Compare (M3C2) [14].




*Hình 1: Các phương pháp tính khoảng cách giữa hai đám mây điểm [14]. Tính khoảng cách ngắn nhất (A-trái); tính khoảng cách ngắn nhất với một bề mặt khu vực của một số điểm của đám mây điểm (B-giữa); và khoảng cách từ điểm tới bề mặt của toàn bộ đám mây điểm (C-phải).*

Giả sử có hai đám mây điểm (Point cloud-PC) $PC_1$ và $PC_2$ có độ lệch chuẩn tương ứng là $\sigma_1$ và $\sigma_2$. Giả thiết rằng $S_1$ là bề mặt gốc được thay thế bởi bề mặt chuẩn $S_1$ tương ứng với nó là khoảng cách chuẩn $L_t$. Khoảng cách sau đó được tính cho mỗi điểm của bề mặt so sánh $S_2$. Ba phương pháp tính khoảng cách giữa hai đám mây điểm có thể được tóm tắt như sau:

(A) Tính khoảng cách ngắn nhất: Tính khoảng cách Cloud-to-Cloud $L_{C2C}$ dựa trên điểm gần nhất. Nếu $L_t$ là khoảng cách thực của hai đám mây điểm thì khoảng cách ngắn nhất $L_{C2C}$ được tính sẽ phụ thuộc vào mức độ thô ráp và mật độ điểm của hai đám mây điểm $PC_1$ và $PC_2$.

(B) Khoảng cách nhỏ nhất tính theo bề mặt cục bộ $L_{C2C\_HF}$: Nội dung của phương pháp này là một bề mặt (thường là mặt phẳng) được tạo ra bởi các điểm gần nhất trong phạm vi bán kính được chọn trước của đám mây điểm $PC_1$. Khoảng cách tính sẽ là khoảng cách từ một điểm trên đám mây điểm so sánh $PC_2$ đến bề mặt xác định này. Phương pháp này cho phép xác định khoảng cách chính xác hơn so với phương pháp (A), tuy nhiên độ chính xác của phương pháp còn phụ thuộc vào độ chính xác của đám mây điểm $PC_2$ ($\sigma_2$).

(C) Khoảng cách Cloud-to-Mesh (C2M) $L_{C2M}$. Gọi $S_1$ là mặt phẳng chuẩn của đám mây điểm gốc $PC_1$, thì khoảng cách giữa các điểm trên đám mây điểm so sánh $PC_2$ được tính theo bề mặt chuẩn $S_1$. Nếu bề mặt chuẩn này là bề mặt trung bình được xác định từ đám mây điểm, thì $L_{C2M} = L_t \pm \sigma_2$.

Thuật toán Cloud-to-Cloud (C2C) trong phần mềm Cloudcompare (CC) được sử dụng theo cách thứ 2 (B). So với cách thứ 3 (C2M) thì C2C được tính toán nhanh chóng hơn. Không mất thời gian tạo bề mặt cho đám mây điểm. Phương pháp C2M cũng là phương pháp tính phổ biến và được sử dụng trong phần mềm CC [15]. Tuy nhiên phương pháp này kém chính xác nếu bề mặt đối tượng quét không phẳng hoặc khi dữ liệu đo bị thiếu. Ngoài ra, M3C2 cũng không cần tạo bề mặt và tính toán tốt cho những bề mặt đối tượng không bằng phẳng. Tuy nhiên, phương pháp M3C2 cần phải tạo một tập hợp các điểm lõi (core-point), và các thủ tục tính toán tương đối phức tạp và không trình bày trong bài báo này.

## 3. Quy trình quan trắc chuyển dịch công trình sử dụng dữ liệu quét TLS

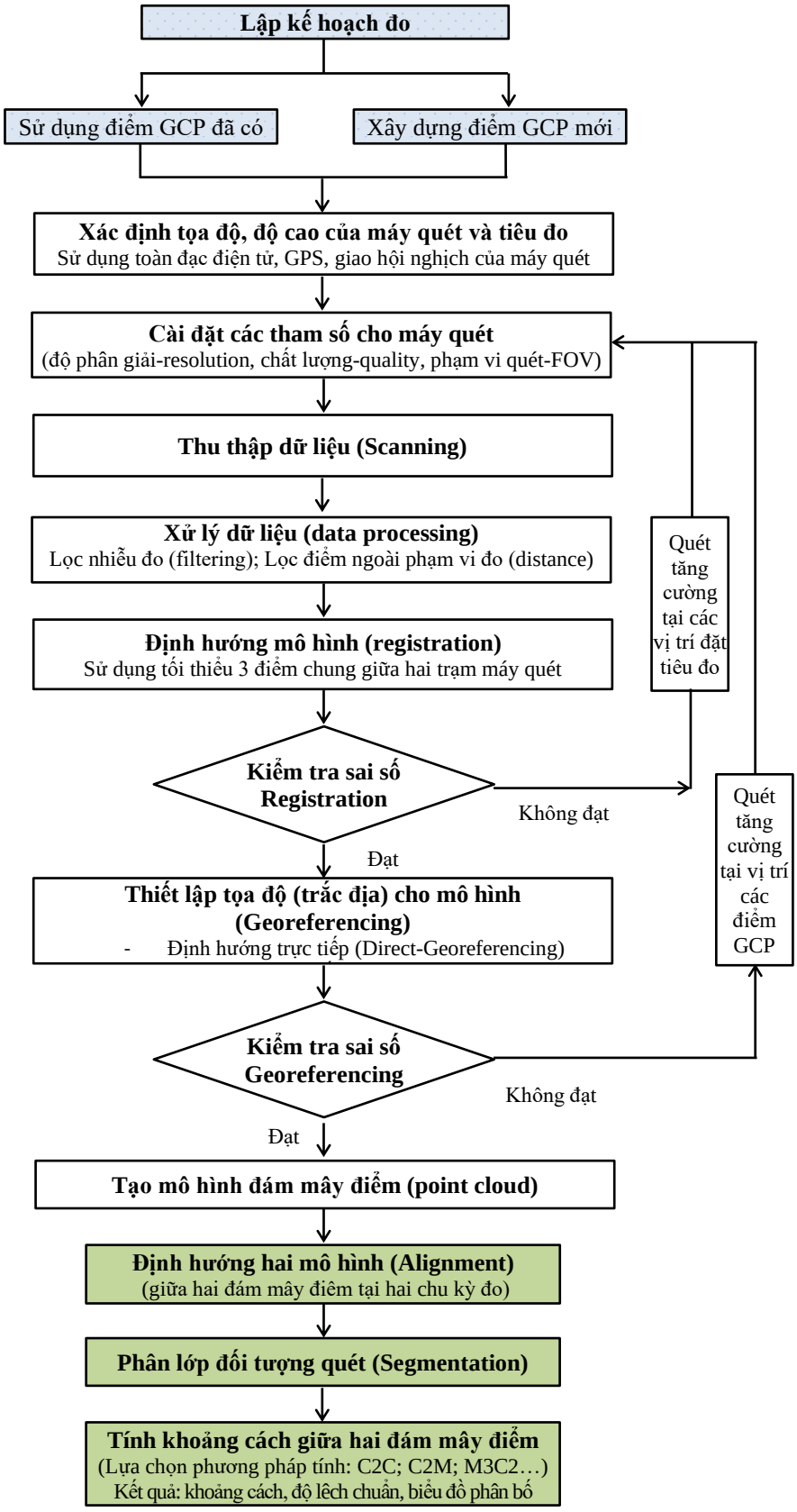
Quy trình cơ bản về thu thập dữ liệu của TLS có thể tìm trong nghiên cứu của Reshetyuk [16] và Mat Zam, Fuad [17]. Đối với phân tích biến dạng, Mukupa, Roberts [18] đề xuất quy trình cho phép tính toán sự thay đổi của hai đám mây điểm. Trong bài báo này, dựa trên các quy trình đã tồn tại và những hiểu biết tốt nhất của tác giả ở thời điểm hiện tại, tác giả đề quy trình quan trắc chuyển dịch bằng TLS theo ba giai đoạn chính bao gồm:

**(1) Lập kế hoạch đo:** Các tài liệu cần thu thập là bản đồ hiện trạng (nếu có), các mốc tọa độ và độ cao hiện tồn tại trong khu đo. Người đo dựa vào bản đồ hiện trạng kết hợp với khảo sát thực địa để thiết kế vị trí đặt máy quét và tiêu đo hợp lý. Trường hợp không có bản đồ hiện trạng có thể sử dụng máy quét để quét sơ bộ toàn bộ khu đo với độ phân giải thấp phục vụ cho việc thiết kế đo. Trường hợp thiếu điểm khống chế hoặc điểm khống chế không đảm bảo độ chính xác, tiến hành xây dựng mạng lưới khống chế tọa độ và độ cao bao quanh khu đo. Các điểm lưới khống chế cần chọn ở những vị trí ổn định nhưng không quá xa khu vực đo để thuận tiện cho việc đo đạc sau này. Các điểm khống chế có vai trò là những điểm cơ sở để so sánh sự

chuyển dịch của đối tượng đo. Trong trường hợp không thể chọn điểm lưới khống chế ở gần đối tượng đo, hoặc đối tượng đo có phạm vi lớn cần phát triển thêm các điểm công tác bằng máy toàn đạc điện tử, GPS hoặc chức năng giao hội nghịch của máy quét (ví dụ: máy Topcon GLS-2000).

**(2) Thu thập và xử lý dữ liệu đo:** Khâu then chốt của công nghệ TLS là thu thập và xử lý dữ liệu đám mây điểm. Để dữ liệu đo đảm bảo độ chính xác cần thiết cho công tác quan trắc chuyển dịch công trình thì việc cài đặt các tham số của máy quét là cần thiết và quan trọng. Có nhiều tham số khác nhau cần được cài đặt phù hợp trước khi quét. Tuy nhiên, các tham số như độ phân giải (resolution), chất lượng đo (quality), và trường ngắm theo phương đứng và phương ngang (field of view-FOV) là những tham số quan trọng nhất có ảnh hưởng trực tiếp đến cả độ chính xác và thời gian đo. Dữ liệu đám mây điểm cần được lọc bỏ nhiễu bởi các phép lọc (filtering) và hạn chế các điểm đo của các đối tượng không mong muốn khác. Bởi vì tọa độ của đám mây điểm được xác định trong hệ tọa độ riêng của máy quét nên công tác định hướng mô hình (registration) là bước tiếp theo cần thực hiện. Mục đích của định hướng mô hình là thiết lập một hệ tọa độ chung cho tất cả các đám mây điểm thu được từ các trạm quét khác nhau. Công tác định hướng mô hình có thể thực hiện thủ công dựa trên các điểm chung trong vùng chồng phủ của hai đám mây điểm (ví dụ: bằng ngắm hoặc tiêu cầu). Ngoài ra, công tác định hướng mô hình có thể thực hiện hoàn toàn tự động trong trường hợp số lượng điểm đo trong vùng chồng phủ đủ lớn (khoảng 25-30% trở lên). Đám mây điểm sau khi định hướng mô hình được xác định trong hệ tọa độ trắc địa dựa trên các điểm khống chế (georeferencing).

**(3) Tính toán tham số chuyển dịch giữa hai đám mây điểm:** Hai đám mây điểm tương ứng với hai chu kỳ quan trắc được so sánh bởi phần mềm (ví dụ Cloudcompare). Định hướng chùm tia (alignment) để xác định ma trận xoay giữa hai đám mây điểm. Tuy nhiên, khác với registration, thủ tục alignment cần trải qua hai bước là định hướng sơ bộ và định hướng chính xác. Để phân tích chuyển dịch biến dạng các phần đặc trưng của công trình, mà từng phần công trình có thể được phân chia theo thủ tục segmentation. Thủ tục segmentation được thực hiện dựa trên nguyên tắc các điểm đo có cùng đặc điểm (ví dụ: theo màu sắc, tính chất vật liệu). Công việc này hữu ích trong trường hợp đối tượng quan trắc phức tạp hoặc có nhiều phần thay đổi hoặc chuyển dịch do các nguyên nhân khác nhau mà không phải do sự chuyển dịch của công trình. Ví dụ, công trình quan trắc là nhà cao tầng, các thiết bị được lắp đặt thêm ở phần bên ngoài của tòa nhà ở các chu kỳ đo khác nhau. Cuối cùng, việc so sánh hai đám mây điểm được thực hiện đối với các phần mong muốn của công trình sử dụng một trong các phương pháp ước lượng khoảng cách C2C, C2M, M3C2…. Kết quả của việc so sánh là khoảng cách trung bình, độ lệch chuẩn và biểu đồ thể hiện mức độ phân bố của các giá trị độ lệch.




*Hình 2: Sơ đồ quy trình quan trắc chuyển dịch bằng TLS*

## 4. Thực nghiệm và kết quả

### *4.1. Thực nghiệm*

Thực nghiệm được tiến hành tại tòa nhà cao tầng khu A Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Để mô phỏng chuyển dịch của tòa nhà, một tấm bảng có kích thước 60x60 cm (Hình 3) được di chuyển những lượng khác nhau và được đặt trên các tầng của tòa nhà cao tầng (xem Bảng 1). Sử dụng máy quét Faro Focus$^{3D}$ X130 để quét và phát hiện sự chuyển dịch của tấm bảng. Trong thực nghiệm này, tấm bảng được quét ba lần tương ứng với ba chu kỳ đo. Tại mỗi chu kỳ đo, tấm bảng được di chuyển một lượng 10 mm. Sự chuyển dịch của tấm bảng được xác định thông qua một thước thép được cố định trên ray trượt nên giá trị chuyển dịch được coi là giá trị chuyển dịch thực. Mục tiêu của thực nghiệm là phân tích sự chuyển dịch ngang tấm bảng sử dụng dữ liệu quét. Thực nghiệm này được tiến hành với giả thiết công trình chỉ chuyển dịch tương đối giữa chân công trình so với các phần cao hơn của công trình. Giả thiết này là phù hợp với thực tế quan trắc chuyển dịch ngang đối với công trình nhà cao tầng và các công trình dạng tháp (ví dụ: cột phát sóng truyền hình, ống khói...). Áp dụng quy trình nêu trên để phân tích chuyển dịch của tấm bảng đo theo các bước sau:

**a. Lập kế hoạch đo**

Thiết kế vị trí đặt máy quét và tiêu đo để thuận lợi và bảo đảm độ chính xác và bảo đảm đồ hình hình học giữa máy quét và đối tượng quan trắc. Các tiêu đo cần đặt không cùng mặt phẳng và khác độ cao. Kích thước tiêu đo và khoảng cách tới máy đo cần phải được tính toán trước. Hình 3 là ví dụ về cách bố trí máy đo và các tiêu đo để quét tấm bảng trong thực nghiệm.



Tấm bảng đo | Ray trượt kèm thước thép | Tiêu đo (bảng ngắm) | Máy Faro Focus$^{3D}$ X130

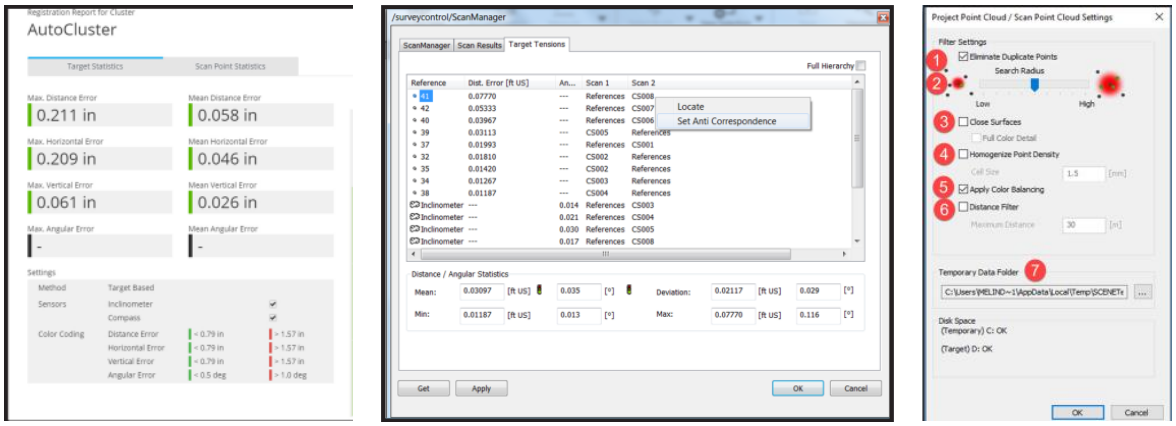
*Hình 3: Thực nghiệm quét laser*

**b. Thu thập và xử lý kết quả**

- Xác định tọa độ các điểm đặt máy quét (trường hợp máy quét có bộ phận định tâm) và các điểm đặt tiêu đo.
- Cài đặt các tham số cho trạm quét, trong đó lưu ý đến độ phân giải (resolution), chất lượng quét (quality), và phạm vi quét (FOV). Độ phân giải và chất lượng quét có ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác của đám mây điểm. Tham số thứ ba cần được tính toán cụ thể ở mỗi trạm quét để đảm bảo độ chồng phủ giữa hai trạm quét liên tiếp với thời gian đo ngắn nhất. Thực nghiệm sử dụng máy Faro Focus$^{3D}$ X130, các tham số resolution được đặt là 1/2 tương

đương với 3.1 mm tại 10 m, quality là 4X, và FOV cho góc đứng là 0-40$^o$ và góc ngang là 0-25$^o$.

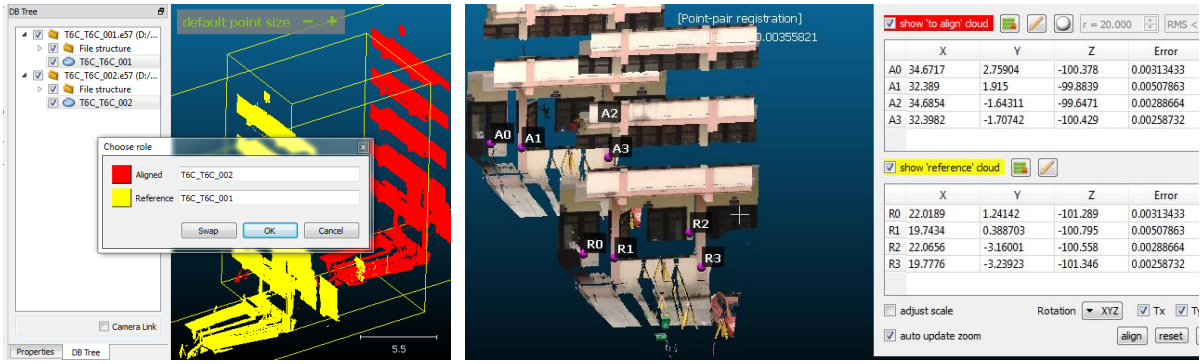
- Đám mây điểm thu được cần phải loại bỏ nhiễu và các điểm đo không mong muốn từ các đối tượng khác bằng phép lọc khoảng cách (distance filter).
- Định hướng mô hình (registration) có thể thực hiện tự động hoặc thủ công dựa vào các tiêu đo. Các tiêu đo có thể gắn trực tiếp trên các phần không chuyển dịch của công trình hoặc trên giá máy ba chân có định tâm quang học trên mặt mốc (Hình 3).
- Thiết lập hệ tọa độ trắc địa cho mô hình đám mây điểm (georeferencing) bằng cách sử dụng file *.csv gồm tọa độ của các điểm tiêu đo theo khuân dạng x, y, z hoặc y, x, z từ phần mềm Scene.
- Xuất file đám mây điểm với nhiều tùy chọn theo Hình 4.



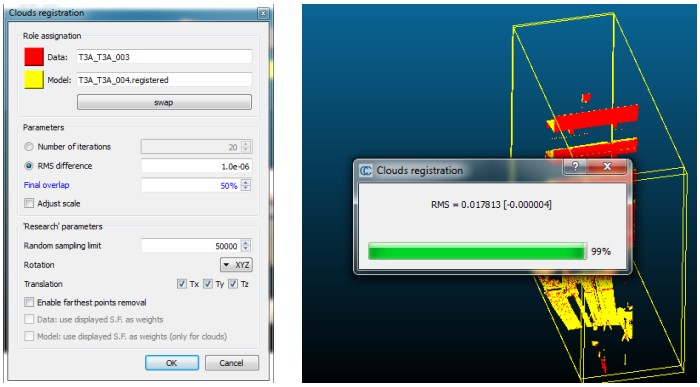

*Hình 4: Định hướng mô hình-registration (trái); định hướng mô hình trong hệ trắc địa (giữa); xuất file đám mây điểm (phải) trong phần mềm Scene.*

**c. Phân tích chuyển dịch của hai đám mây điểm**

- Định hướng hai đám mây điểm (Alingment): Định hướng hai đám mây điểm bằng thủ tục alignment trong phần mềm CC được thực hiện bằng cách chọn các điểm tiêu đo trong vùng chồng phủ của hai đám mây điểm (thường sử dụng nhiều hơn 3 điểm để kiểm tra sai số). Tiến hành định hướng theo hai bước gồm: định hướng sơ bộ (rough alignment) và định hướng chính xác (fine alignment). Định hướng sơ bộ được thực hiện như Hình 5. Sau khi định hướng sơ bộ, định hướng chính xác được tiến hành (Hình 6). Trong thủ tục định hướng chính xác, một số tham số như root mean square-RMS, số lượng điểm cần tính, hoặc sai lệch giữa hai lần tính liên tiếp cần phải được cài đặt.

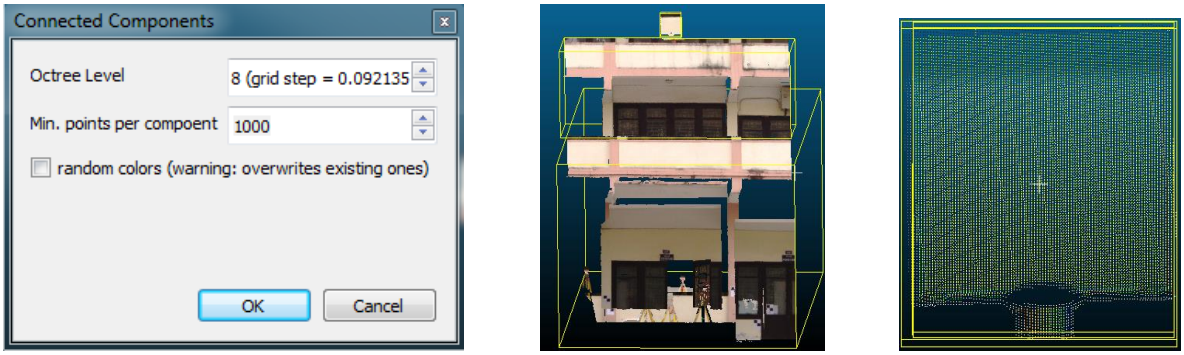



*Hình 5: Định hướng sơ bộ và sai số do bắt điểm*




*Hình 6: Định hướng chính xác và sai số của nó*

- Phân chia đối tượng thành nhiều phần (Segmentation)



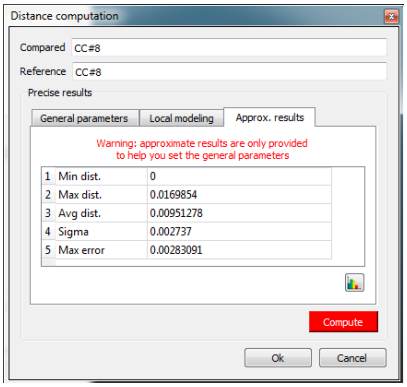

Chọn cách phân chia đối tượng | Phân chia các đối tượng | Bảng đo được phân loại

*Hình 7: Lựa chọn phân lớp đối tượng bằng phần mềm CC và kết quả của phân lớp đối tượng*

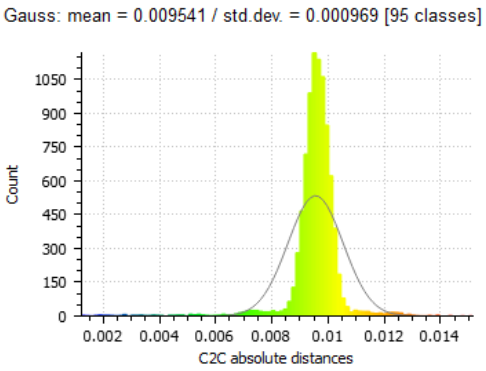
Trong toàn bộ dữ liệu quét, ta có thể chọn một số phần đặc trưng của công trình để phát hiện sự dịch chuyển và biến dạng. Do đó, thủ tục segmentation được sử dụng trong những trường hợp này.

- Tính khoảng cách giữa hai đám mây điểm

Để tính khoảng cách giữa hai đám mây điểm có thể lựa chọn một trong các cách đã nêu trong mục 3. Tuy nhiên, phương pháp C2C là phù hợp và được sử dụng trong nghiên cứu này. Khoảng cách được tính sơ bộ nhằm kiểm tra sự tương quan giữa hai đám mây điểm theo các giá trị gồm: khoảng cách lớn nhất, khoảng cách nhỏ nhất, khoảng cách trung bình (xem Hình vẽ 8 (trái)). Sau khi kiểm tra kết quả tính sơ bộ, tiến hành tính khoảng cách chính xác gồm: khoảng cách trung bình, độ lệch chuẩn và đồ thị mật độ phân bố (Hình 8 (phải)).




Khoảng cách sơ bộ




Khoảng cách trung bình $\bar{L}_{C2C-HF}$, độ lệch chuẩn σ

*Hình 8: Khoảng cách được thực hiện theo phương pháp Cloud-to-Cloud*

### *4.2. Kết quả*

Trong thực nghiệm, tấm bảng được di chuyển theo phương nằm ngang trên các tầng cao của tòa nhà để mô tả chuyển dịch nghiêng của nhà cao tầng. Giá trị chuyển dịch thực được tạo ra giữa chu kỳ 3 và chu kỳ 2 so với chu kỳ 1 lần lượt là 20 mm và 10 mm. Từ dữ liệu đo của máy Faro Focus$^{3D}$ X130 trong 3 chu kỳ, áp dụng quy trình đã nêu trong mục 3 để xác định sự chuyển dịch của tấm bảng (Bảng 1). Trong bảng 1, độ lệch (Δ) là hiệu giữa giá trị chuyển dịch trung bình và giá trị chuyển dịch thực. Giá trị chuyển dịch trung bình $\bar{L}_{C2C-HF}$, và độ lệch chuẩn (σ) được tính.

*Bảng 1: Tổng hợp kết quả tính khoảng cách, độ lệch và độ lệch chuẩn*

*Đơn vị (mm)*

| **Tầng** | **Chu kỳ 2 so với 1** | | | **Chu kỳ 3 so với 1** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{L}_{C2C-HF}$ | Δ | σ | $\bar{L}_{C2C-HF}$ | Δ | σ |
| 2 | 10.4 | +0.4 | 1.1 | 20.3 | +0.3 | 2.1 |
| 3 | 9.8 | -0.2 | 1.1 | 19.5 | -0.5 | 1.9 |
| 4 | 9.6 | -0.4 | 1.1 | 20.4 | +0.4 | 1.6 |
| 5 | 10.3 | +0.3 | 0.6 | 19.7 | -0.3 | 3.1 |
| 6 | 10.4 | +0.4 | 1.2 | 20.6 | +0.6 | 3.5 |

Kết quả tính chỉ ra rằng giá trị chuyển dịch của bảng đo giữa các chu kỳ xác định từ đám mây điểm có sự sai lệch rất nhỏ so với giá trị chuyển dịch thực được tạo ra. Sự sai lệch này chỉ từ 0.2 đến 0.6 mm xét theo giá trị tuyệt đối. Bên cạnh đó, giá trị độ lệch chuẩn nhỏ (σ <3.5 mm) thể hiện độ chính xác đo của đám mây điểm cũng như sự trơn nhẵn của bề mặt đối tượng đo.

## 5. Kết luận

Quan trắc chuyển dịch công trình bằng công nghệ TLS là một phương pháp mới trong công tác trắc địa công trình ở Việt nam. Thiếu quy trình thực hiện là một trong những khó khăn lớn trong việc ứng dụng công nghệ này vào thực tế sản xuất trắc địa ở nước ta. Bài báo đề xuất quy trình quan trắc chuyển dịch công trình bằng TLS áp dụng cho công trình nhà cao tầng.

Từ kết quả tính toán thực nghiệm cho thấy, quy trình đề xuất là hoàn toàn khả thi và phù hợp với điều kiện quan trắc chuyển dịch công trình trong ở Việt nam. Ứng dụng quy trình nêu trên cho phép xác định được giá trị chuyển dịch của công trình từ dữ liệu đám mây điểm thu

nhận được bằng TLS. Giá trị độ lệch giữa chuyển dịch thực và chuyển dịch xác định được từ đám mây điểm nhỏ dưới 1 mm khi so sánh cho tất cả 12 lần thực nghiệm.

Tuy nhiên, trong nghiên cứu này đối tượng quan trắc chuyển dịch là nhà cao tầng hoặc công trình dạng tháp nên chỉ xét đến sự chuyển dịch tương đối giữa các phần của công trình mà chưa xét đến chuyển dịch tuyệt đối của cả công trình. Để đánh giá chuyển dịch tuyệt đối của công trình, ngoài sai số đo cần xét đến cả sai số khác như sai số mốc khống chế, sai số định tâm máy, sai số định hướng, sai số định hướng mô hình. Các phân tích chi tiết về các sai số này có thể tìm trong [19]. Sử dụng TLS cho nghiên cứu chuyển dịch tuyệt đối của công trình cần tiếp tục được nghiên cứu. Chuyển dịch tuyệt đối cần thiết đối với các công trình như đê chắn sóng, taluy, trượt nở đất đá…

**Lời cảm ơn**

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn tới Trường Đại học Mỏ - Địa chất đã hỗ trợ bài báo thông qua đề tài cơ sở T21-20, và Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai đã tạo điều kiện hỗ trợ thiết bị cho phần thực nghiệm của bài báo này.

**Tài liệu tham khảo**

1. Lindenbergh, R. and P. Pietrzyk, *Change detection and deformation analysis using static and mobile laser scanning.* Applied Geomatics, 2015. 7.

2. Reshetyuk, Y., *Self-calibration and direct georeferencing in terrestrial laser scanning*. 2009, KTH.

3. Theiler, P. and K. Schindler, *Automatic registration of terrestrial laser scanner point clouds using natural planar surfaces.* ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2012. 3: p. 173-178.

4. Akca, D., *Co-registration of surfaces by 3D least squares matching.* Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2010. 76(3): p. 307-318.

5. Lindenbergh, R. and N. Pfeifer. *A statistical deformation analysis of two epochs of terrestrial laser data of a lock.* in *Proceedings of the 7th Conference on Optical*. 2005.

6. Ziolkowski, P., J. Szulwic, and M. Miskiewicz, *Deformation analysis of a composite bridge during proof loading using point cloud processing.* Sensors, 2018. 18(12): p. 4332.

7. González-Aguilera, D., J. Gómez-Lahoz, and J. Sánchez, *A new approach for structural monitoring of large dams with a three-dimensional laser scanner.* Sensors, 2008. 8(9): p. 5866-5883.

8. Schneider, D. *Terrestrial laser scanning for area based deformation analysis of towers and water dams*. in *Proc. of 3rd IAG/12th FIG Symp., Baden, Austria, May*. 2006.

9. Gosliga, R.V., R. Lindenbergh, and N. Pfeifer, *Deformation analysis of a bored tunnel by means of terrestrial laser scanning.* International Archives of Photogrammetry, 2006: p. 81-89.

10. Wujanz, D., *Terrestrial laser scanning for geodetic deformation monitoring*. 2016: Technische Universitaet Berlin (Germany).

11. Holst, C., B. Schmitz, and H. Kuhlmann. *Investigating the applicability of standard software packages for laser scanner based deformation analyses*. in *Proceedings of the FIG Working Week*. 2017.
12. Neuner, H., C. Holst, and H. Kuhlmann, *Overview on current modelling strategies of point clouds for deformation analysis.* 2016.
13. Wunderlich, T., et al., *Areal deformation analysis from TLS point clouds—The challenge flächenhafte deformationsanalyse aus tls punktwolken-die herausforderung*. Tech. Rep.
14. Lague, D., N. Brodu, and J. Leroux, *Accurate 3D comparison of complex topography with terrestrial laser scanner: Application to the Rangitikei canyon (NZ).* ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 2013. 82: p. 10-26.
15. Oniga, V. and C. Chirila, *Hausdorff distance for the differences calculation between 3D surfaces.* Journal of Geodesy and Cadastre RevCAD, 2013. 15: p. 193-202.
16. Reshetyuk, Y., *Investigation and calibration of pulsed time-of-flight terrestrial laser scanners*. 2006, KTH.
17. Mat Zam, P., et al., *Evaluating the Performance of Terrestrial Laser Scanning for Landslide Monitoring.* International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2018. 42(4/W9).
18. Mukupa, W., et al., *A review of the use of terrestrial laser scanning application for change detection and deformation monitoring of structures.* Survey review, 2017. 49(353): p. 99-116.
19. Lichti, D. and S. Gordon, *Error Propagation in Directly Georeferenced Terrestrial Laser Scanner Point Clouds for Cultural Heritage Recording.* 2004.

# ABSTRACT

## PROPOSE A PROCEDURE FOR DISPLACEMENT MONITORING OF CONSTRUCTIONS USING TERRESTIRAL LASER SCANNING

**Trung Dung Pham[1], Thi Kim Thanh Nguyen[1],**
**Thuy Linh Tran[1], Thi Ha Nguyen[1], Thai Binh Duong Nguyen[2]**
*[1]Hanoi University of Mining and Geology*
*[2]Ministry of Natural Resources and Environment*
*Corresponding author: phamtrungdung@humg.edu.vn*

Monitoring the displacement of construction by terrestrial laser scanning (TLS) is novel and proper to the development in engineering surveying in Vietnam. However, currently, a shortage of the procedure for monitoring displacement by TLS is challenging to apply this technique in practical geodetic production. The paper proposes the procedure for monitoring using TLS that includes three stages as follows: (1) site investigation, (2) data acquisition and processing, and (3) calculation of the displacement parameters between two-point clouds. In order to evaluate the proposed procedure, the experiment was carried out by using a board that is 60x60 cm and is installed on different floors of the building. In these experiments, the board is moved by a specific value in each observation. Faro Focus3D X130 is used to scan, and Cloudcompare software is applied to analyze the point cloud by the Cloud-to-Cloud method. The above-mentioned proposed procedure is used to scan and analyze. The results suggest that the difference between the displacements obtained from point clouds and the actual displacements are smaller than 1 mm in all 12 experiments. As a result, the proposed procedure for displacement monitoring is suitable for practical geodetic production in Vietnam.

*Keywords:* Displacement monitoring, Terrestrial laser scanning, Cloud-to-cloud method, Cloudcompare.

# GIẢI PHÁP QUAN TRẮC ĐỘ NGHIÊNG CÁC BỒN CHỨA DẦU HÌNH TRỤ ĐỨNG

**Trần Ngọc Đông**
*Viện Khoa học công nghệ xây dựng*
*Tác giả liên hệ: tndongibst@gmail.com*

**Tóm tắt:** Bồn chứa hình trụ đứng thường được sử dụng trong các ngành công nghiệp dầu khí để lưu trữ dầu thô, các sản phẩm dầu mỏ…, là loại bồn có kết cấu bằng kim loại. Trong quá trình thi công cũng như trong quá trình sử dụng bồn chứa dầu, bồn có thể bị nghiêng, lún, vỏ bồn bị lồi, lõm, méo… có thể làm cản trở hoạt động đối với mái nổi của bồn hoặc phá vỡ kết cấu của bồn dẫn tới làm hỏng bồn. Do đó, bồn dầu cần được quan trắc thường xuyên để cảnh báo sớm các rủi ro có thể xảy ra. Bài báo này trình bày giải pháp quan trắc độ nghiêng của bồn chứa dầu theo phương pháp đo tọa độ bên ngoài bằng chế độ đo laser của các máy toàn đạc điện tử và phương pháp quét laser mặt đất. Kết quả thực nghiệm quan trắc độ nghiêng đối với một bồn dầu ở ngoài sản xuất đã cho thấy ưu nhược điểm của hai phương pháp trên. Phương pháp sử dụng máy quét laser mặt đất có hiệu quả hơn khi cho phép đánh giá chi tiết, cụ thể độ lồi, lõm, méo của vỏ bồn một cách trực quan.

**Từ khóa:** Quan trắc biến dạng; Độ nghiêng; Bồn chứa dầu; Quét laser mặt đất.

## 1. Đặt vấn đề

Trong thực tế, khi đo vẽ hoàn công hoặc kiểm tra độ nghiêng của các bồn chứa dầu hình trụ đứng thường đặt ra bài toán xác định tham số hình học (tọa độ tâm, bán kính), độ lồi, lõm, méo (nếu có) của vỏ bồn. Do đặc điểm kết cấu kín của bồn chứa dầu hình trụ đứng nên đa số các trường hợp không có điều kiện tiếp cận hoặc thông hướng ngắm đến tâm bồn. Khi đó giải pháp truyền thống hay áp dụng là phương pháp đo tọa độ bên ngoài [2, 4], tại các điểm đơn lẻ trên thân bồn để tính toán xác định gián tiếp tọa độ tâm, bán kính của bồn. Nhược điểm của phương pháp này là thực hiện đo tọa độ đến các điểm đơn lẻ bố trí trên các vòng đồng cao nên rất khó khăn trong việc xác định độ lồi, lõm của vỏ bồn. Trong khi đó công nghệ quét laser mặt đất cho phép thu thập dữ liệu hoàn chỉnh và chi tiết 3 chiều (3D) của các đối tượng một cách nhanh chóng. Kết quả quét laser sẽ cho các đám mây điểm và từ đó xây dựng được mô hình 3D, có thể truy cập nhiều dữ liệu qua các file bản vẽ và hình ảnh trực quan. Do đó, nghiên cứu ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất vào quan trắc độ nghiêng bồn chứa dầu cũng như khảo sát để phân tích toàn diện bồn chứa dầu là rất cần thiết, nhằm đáp ứng yêu cầu về tính cấp thiết của số liệu, độ chính xác cũng như áp dụng mạnh mẽ đưa công nghệ 4.0 vào khai thác nhằm tiết kiệm về thời gian, nhân công và nâng cao độ tin cậy của dữ liệu thu thập được.

## 2. Quan trắc độ nghiêng các bồn chứa dầu hình trụ đứng theo phương pháp đo tọa độ bên ngoài

### *2.1. Nội dung của phương pháp*

Quan trắc độ nghiêng của các bồn dầu theo phương pháp đo tọa độ bên ngoài thường được sử dụng bằng các máy toàn đạc điện tử có chế độ đo laser. Nội dung của phương pháp được thực hiện như sau:

a) Trên mặt đất xây dựng một mạng lưới khống chế bao quanh bồn dầu (hình 1 - A, B, C, D, K là các điểm khống chế), số lượng điểm khống chế được xây dựng phải đủ để đo ngắm đến các điểm đánh dấu cố định trên thân bồn. Tọa độ và độ cao của các điểm khống chế được xác định trong hệ tọa độ, độ cao thi công trình hoặc một hệ giả định.

b) Đánh dấu (hoặc gắn mốc quan trắc) tại vòng đo ở sát chân bồn (các điểm đo phân bố đều trên chu vi của bồn), số điểm đo tối thiểu là 04 điểm để xác định tọa độ tâm và bán kính tại vòng đo theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất.

c) Lần lượt đặt máy toàn đạc điện tử tại các điểm khống chế, nhập tọa độ và độ cao của điểm đặt máy, định hướng máy theo tọa độ của một điểm khống chế khác.

d) Khởi động chế độ xác định tọa độ không gian 3 chiều và ngắm máy vào điểm đo ở vòng sát chân bồn theo các vị trí đã được đánh dấu, xác định tọa độ $x^{(1)}_A$ , $y^{(1)}_A$ , $H^{(1)}_A$ .

e) Đưa ống kính lên cao dần và đo tọa độ cho đến khi $H^{(2)}_A = H^{(1)}_A + \Delta h$ trong đó $\Delta h$ = 5m, 10m hoặc lớn hơn tuỳ theo yêu cầu của cơ quan thiết kế, đo các giá trị $x^{(2)}_A$ , $y^{(2)}_A$ , $H^{(2)}_A$ và lần lượt làm như vậy cho đến hết chiều cao của bồn.

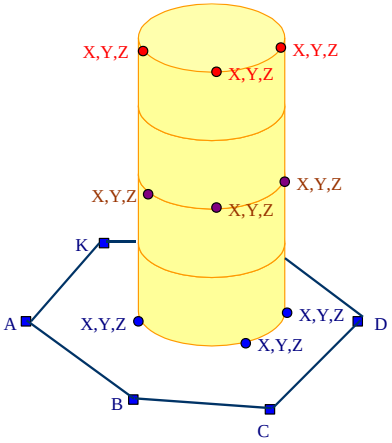
f) Chuyển máy sang điểm đường chuyền tiếp theo và lặp lại các thao tác như bước c, d và e như tại điểm A.

g) Dựa vào tọa độ các điểm được đo trên từng vòng, áp dụng thuật toán tính toán nêu trong [2, 4], xác định ra tọa độ tâm $x^{(i)}_C$ , $y^{(i)}_C$ và bán kính Ri của vòng đó.

h) So sánh tọa độ $x^{(i)}_C$ , $y^{(i)}_C$ của từng vòng thứ i so với vòng gốc ở sát mặt đất sẽ xác định được độ nghiêng của công trình tại độ cao tương ứng với vòng đo thứ i.



*Hình 1. Bồn chứa dầu hình trụ đứng*

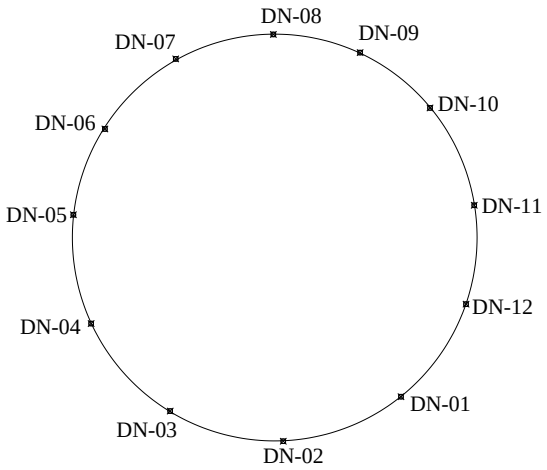



*Hình 2. Xác định độ nghiêng bằng phương pháp đo tọa độ từ bên ngoài*

### *2.2. Thực nghiệm quan trắc độ nghiêng theo phương pháp đo tọa độ bên ngoài*

Trong phần thực nghiệm được tiến hành với một bồn chứa dầu như hình 1 ở ngoài sản xuất với 03 vòng đo ở các độ cao 0.20m, 10.20m và 19.70m. Mỗi vòng đo 12 điểm đo phân bố

đều trên thân bồn (điểm đo được bố trí như hình 3), thiết bị sử dụng là máy toàn đạc điện tử TCR 1201$^{+}$. Tọa độ tại các điểm đo ở mỗi vòng đo được thể hiện trong bảng 1. Bảng 2 là kết quả đánh giá độ nghiêng ở tâm bồn (giá trị độ nghiêng giới hạn theo thiết kế là H/200).




*Hình 3. Vị trí các điểm đo trên thân bồn*

*Bảng 1. Tọa độ các điểm đo bằng máy toàn đạc điện tử*

| Tên điểm đo | Tọa độ vòng 1 | | Tọa độ vòng 2 | | Tọa độ vòng 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | X(m) | Y(m) | X(m) | Y(m) | X(m) | Y(m) |
| | Độ cao vòng đo H=0.20m | | Độ cao vòng đo H=10.20m | | Độ cao vòng đo H=19.70m | |
| **DN-01** | **9780.152** | **12336.740** | **9780.136** | **12336.768** | **9780.133** | **12336.774** |
| **DN-02** | 9770.447 | 12310.868 | 9770.406 | 12310.875 | 9770.377 | 12310.880 |
| **DN-03** | 9776.896 | 12285.873 | 9776.948 | 12285.949 | 9776.988 | 12286.015 |
| **DN-04** | **9796.155** | **12268.636** | **9796.131** | **12268.622** | **9796.126** | **12268.620** |
| **DN-05** | 9819.942 | 12264.726 | 9819.944 | 12264.717 | 9819.944 | 12264.721 |
| **DN-06** | 9838.910 | 12271.444 | 9838.812 | 12271.545 | 9838.711 | 12271.652 |
| **DN-07** | **9853.929** | **12287.475** | **9853.990** | **12287.338** | **9854.048** | **12287.210** |
| **DN-08** | 9859.487 | 12308.683 | 9859.460 | 12308.687 | 9859.398 | 12308.695 |
| **DN-09** | 9855.364 | 12327.738 | 9855.405 | 12327.766 | 9855.422 | 12327.779 |
| **DN-10** | **9843.397** | **12343.264** | **9843.371** | **12343.227** | **9843.324** | **12343.165** |
| **DN-11** | 9822.028 | 12352.958 | 9822.022 | 12352.925 | 9822.015 | 12352.879 |
| **DN-12** | 9800.379 | 12351.067 | 9800.378 | 12351.070 | 9800.372 | 12351.078 |

*Bảng 2. Kết quả đánh giá độ nghiêng tại tâm của bồn*

| STT | Vòng đo | Độ cao của vòng đo (m) | Tọa độ tâm của vòng đo | | Bán kính vòng đo | Độ nghiêng tại tâm bồn (m) | | | Độ nghiêng giới hạn (m) | Đánh giá |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | X(m) | Y(m) | R(m) | Theo trục X | Theo trục Y | Tổng hợp | H/200 | |
| | | | | | | e(x) | e(y) | e | $e_{gh}$ | |
| 1 | Vòng 1 | 0.20 | 9814.958 | 12308.990 | 44.532 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| 2 | Vòng 2 | 10.20 | 9814.961 | 12308.998 | 44.528 | 0.003 | 0.008 | 0.009 | 0.050 | Đạt |
| 3 | Vòng 3 | 19.70 | 9814.953 | 12309.002 | 44.510 | -0.005 | 0.012 | 0.013 | 0.098 | Đạt |

Từ kết quả thực nghiệm có thể nhận thấy rằng, phương pháp đo tọa độ bên ngoài để xác định độ nghiêng của bồn dầu là dễ thực hiện, tính toán đơn giản. Tuy nhiên với các điểm đo đơn lẻ như ở bảng 1 thì phương pháp này chỉ phù hợp đánh giá độ nghiêng tại tâm bồn.

***2.3. Khảo sát sự phụ thuộc của mật độ điểm đo và vị trí điểm đo đến độ nghiêng của bồn***

Để khảo sát sự phụ thuộc của mật độ điểm đo và vị trí điểm đo đến độ nghiêng của bồn với số liệu đo đạc như ở bảng 1 và vị trí điểm đo như ở hình 3. Chúng tôi tiến hành tính toán theo 2 phương án. Phương án 1, tính toán với 04 điểm đo và phương án 2 tính toán với 08 điểm đo, mỗi phương án tính cho 02 trường hợp có vị trí điểm đo khác nhau trên thân bồn. Kết quả tính toán đối với phương án 1 được thể hiện trong bảng 3 và phương án 2 được thể hiện trong bảng 4.

*Bảng 3. Đánh giá độ nghiêng tại tâm bồn theo phương án 1 (04 điểm đo trên 1 vòng đo)*

| STT | Vòng đo | Độ cao của vòng đo (m) | Trường hợp 1: Tính theo các điểm đo DN-01, DN-04, DN-07 và DN-10 | | | | Trường hợp 2: Tính theo các điểm đo DN-02, DN-05, DN-08 và DN-11 | | | | Chênh lệch giá trị độ nghiêng tổng hợp TH 2 so với TH 1 (m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Bán kính, độ nghiêng tại tâm bồn theo trường hợp 1 (m) | | | | Bán kính, độ nghiêng tại tâm bồn theo trường hợp 2 (m) | | | | |
| | | | R(m) | Theo trục X | Theo trục Y | Tổng hợp | R(m) | Theo trục X | Theo trục Y | Tổng hợp | |
| | | | | e(x) | e(y) | $e_{TH1}$ | | e(x) | e(y) | $e_{TH2}$ | $e_{gh}$ |
| 1 | Vòng 1 | 0.2 | 44.521 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 44.540 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | Vòng 2 | 10.2 | 44.552 | 0.016 | -0.047 | 0.050 | 44.540 | -0.036 | -0.021 | 0.042 | -0.008 |
| 3 | Vòng 3 | 19.7 | 44.561 | 0.035 | -0.102 | 0.108 | 44.523 | -0.082 | -0.041 | 0.092 | -0.016 |

Từ kết quả bảng 3, có thể nhận thấy với phương án quan trắc có số lượng điểm tối thiểu (04 điểm) giá trị độ nghiêng tại tâm bồn thu được có sự khác nhau về giá trị và hướng nghiêng theo trục tọa độ, giá trị độ nghiêng tổng hợp trường hợp 1 vượt quá giá trị cho phép và trường hợp 2 xấp xỉ bằng giá trị cho phép (giá trị cho phép được lấy bằng H/200).

*Bảng 4. Đánh giá độ nghiêng tại tâm bồn theo phương án 2 (08 điểm đo trên 1 vòng đo)*

| STT | Vòng đo | Độ cao của vòng đo (m) | Trường hợp 1: Tính theo các điểm đo DN-01, DN-03, DN-04, DN-05, DN-07, DN-09, DN-10 và DN-11) | | | | Trường hợp 2: Tính theo các điểm đo DN-01, DN-02, DN-03, DN-05, DN-07, DN-08, DN-09 và DN-11) | | | | Chênh lệch giá trị độ nghiêng tổng hợp TH 2 so với TH 1 (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Bán kính, độ nghiêng tại tâm bồn theo trường hợp 1 (m) | | | | Bán kính, độ nghiêng tại tâm bồn theo trường hợp 2 (m) | | | | |
| | | | R(m) | Theo trục X | Theo trục Y | Tổng hợp | R(m) | Theo trục X | Theo trục Y | Tổng hợp | |
| | | | | e(x) | e(y) | $e_{TH1}$ | | e(x) | e(y) | $e_{TH2}$ | $e_{gh}$ |
| 1 | Vòng 1 | 0.2 | 44.529 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 44.533 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | Vòng 2 | 10.2 | 44.534 | 0.049 | -0.025 | 0.055 | 44.545 | 0.024 | -0.005 | 0.025 | -0.030 |
| 3 | Vòng 3 | 19.7 | 44.523 | 0.090 | -0.059 | 0.108 | 44.543 | 0.039 | -0.020 | 0.044 | -0.064 |

Từ kết quả bảng 4, với số lượng điểm đo là 08 điểm giá trị độ nghiêng tại tâm bồn thu được có sự khác nhau về giá trị và hướng nghiêng theo trục tọa độ, giá trị độ nghiêng tổng hợp trường hợp 1 vượt quá giá trị cho phép và trường hợp 2 nhỏ hơn giá trị cho phép. Kết hợp với giá trị ở bảng 3 nhận thấy, phương án 1 và phương án 2 đều cho giá trị độ nghiêng lớn hơn nhiều so với phương án sử dụng 12 điểm đo. Điều đó chứng tỏ bề mặt thân bồn có thể lồi, lõm và độ chính xác xác định tọa độ tâm tại các vòng đo phụ thuộc vào số lượng điểm đo và vị trí điểm đo.

Nhằm xác định số điểm đo phù hợp khi tiến hành quan trắc độ nghiêng bồn dầu thì khi triển khai đo đạc hiện trường cần đánh giá sơ bộ độ nghiêng tại các điểm đo để điều chỉnh tăng số lượng điểm đo trên thân bồn khi cần thiết. Quá trình đánh giá độ nghiêng sơ bộ (độ lồi, lõm) tại vị trí đo được thực hiện bằng cách so sánh chênh lệch khoảng cách ngang từ máy đến điểm đo ở các vòng đo với độ nghiêng thiết kế cho phép để đánh giá độ nghiêng sơ bộ, khi có điểm đo vượt quá thì cần tăng thêm số điểm đo để tăng mức độ tin cậy kết quả thu được. Bảng 5 là kết quả đánh giá độ nghiêng sơ bộ đối với các điểm đo ở bảng 1.

*Bảng 5. Kết quả đánh giá độ nghiêng sơ bộ tại các vị trí đo trên thân bồn*

| Stt | Tên điểm | Khoảng cách từ trạm máy đến điểm đo ở vòng 1 (m) | Khoảng cách từ trạm máy đến điểm đo ở vòng 3 (m) | Chênh lệch khoảng cách từ trạm máy đến điểm đo ở vòng 3 so với vòng 1 (m) | Độ lệch giới hạn (m) (H/200) | Đánh giá sơ bộ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | DN-01 | 48.893 | 48.854 | -0.039 | ±0.098 | Nhỏ hơn giới hạn |
| 2 | DN-02 | 26.505 | 26.435 | -0.071 | ±0.098 | Nhỏ hơn giới hạn |
| **3** | **DN-03** | **38.038** | **38.195** | **0.157** | **±0.098** | **Lớn hơn giới hạn** |
| 4 | DN-04 | 51.074 | 51.107 | 0.033 | ±0.098 | Nhỏ hơn giới hạn |
| 5 | DN-05 | 41.503 | 41.498 | -0.005 | ±0.098 | Nhỏ hơn giới hạn |
| **6** | **DN-06** | **48.961** | **49.117** | **0.155** | **±0.098** | **Lớn hơn giới hạn** |
| **7** | **DN-07** | **56.768** | **56.477** | **-0.290** | **±0.098** | **Lớn hơn giới hạn** |
| 8 | DN-08 | 42.265 | 42.355 | 0.090 | ±0.098 | Nhỏ hơn giới hạn |
| 9 | DN-09 | 54.765 | 54.694 | -0.071 | ±0.098 | Nhỏ hơn giới hạn |
| **10** | **DN-10** | **51.533** | **51.656** | **0.123** | **±0.098** | **Lớn hơn giới hạn** |
| 11 | DN-11 | 41.421 | 41.500 | 0.080 | ±0.098 | Nhỏ hơn giới hạn |
| 12 | DN-12 | 34.508 | 34.495 | -0.013 | ±0.098 | Nhỏ hơn giới hạn |

Trên bảng 5, nhận thấy trong 12 điểm đo có 4 điểm đo là có giá trị độ lệch vượt quá giới hạn, giá trị độ lệch này có thể do vỏ bồn bị lồi, lõm. Quay lại trường hợp 01 của phương án 1 ở trên, khi sử dụng điểm DN-01, DN-04, DN-07 và DN-10 do có điểm DN-07 độ lệch lớn, số điểm đo ít nên kết quả cho độ lệch lớn, chưa đại diện hết tổng thể độ nghiêng của bồn. Kết quả khảo sát đối với bồn dầu ở trên cho thấy, độ nghiêng tâm bồn sẽ thay đổi khi số điểm đo thay đổi và vị trí điểm đo thay đổi. Theo chúng tôi mật độ điểm đo nghiêng có thể lấy theo mật độ điểm đo lún mà tiêu chuẩn API 653:2014 [7] quy định để làm cơ sở bố trí số lượng điểm đo nghiêng trên thân bồn, số điểm đo tính theo công thức sau:

$$N=D/3.048 \quad (1)$$

N là số điểm đo nghiêng yêu cầu tối thiểu nhưng không ít hơn tám, D là đường kính của bồn (đơn vị là m). Khoảng cách tối đa giữa các điểm đo nghiêng theo chu vi của bồn là 10m, các điểm đo phải được bố trí đều theo chu vi của bồn.

## 3. Quan trắc độ nghiêng các bồn chứa dầu hình trụ đứng theo phương pháp quét laser mặt đất

### *3.1. Nội dung của phương pháp*

Do bồn có kết cấu hình trụ, tại một vị trí đặt máy không thể quét hết toàn bộ thân bồn, nên trong phương pháp này cũng cần xây dựng các điểm khống chế như phương pháp đo tọa độ bên ngoài. Sau đó sử dụng máy quét theo các trạm máy đã định sẵn tiến hành quét toàn bộ bề mặt bồn. Toàn bộ dữ liệu thu được từ quá trình quét được xử lý bằng các phần mềm chuyên dụng  để phân tích, đánh giá độ nghiêng của bồn.

### *3.2. Thực nghiệm*

Quá trình thực nghiệm được thực hiện với 01 bồn dầu như hình 1 ở ngoài sản xuất bằng máy Trimble SX10 (Scanning total station), dữ liệu thu được từ quá trình quét được xử lý bằng phần mềm Trimble Realworks. Kết quả xử lý bằng phần mềm Trimble Realworks cho phép phân tích tổng thể bồn. Tuy nhiên trong phần thực nghiệm này chỉ thể hiện một số dữ liệu kết quả sau khi xử lý bằng phần mềm Trimble Realworks đó là: thông tin chung của bồn (bảng 6), độ nghiêng tại vị trí đo ở vỏ bồn dọc theo thân bồn với các mức đánh giá phân tích theo mối hàn trên vỏ bồn (bảng 7) và phân tích sự thay đổi bán kính ở một vòng đồng cao (bảng 8).

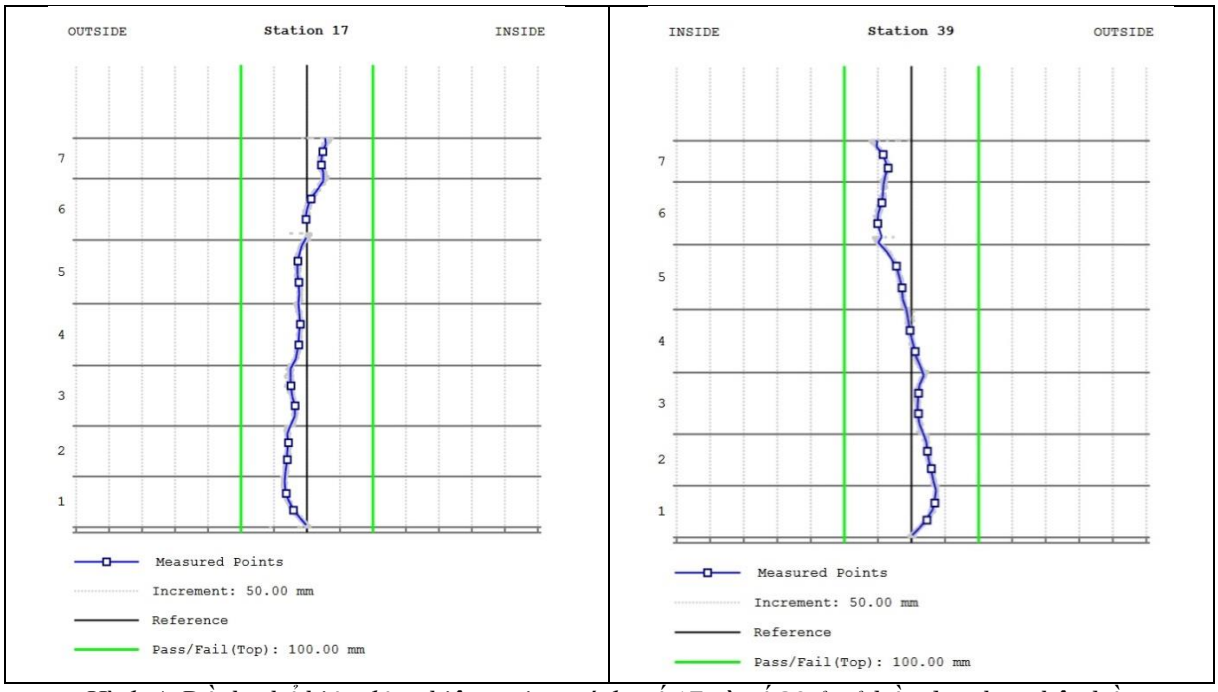
*Bảng 6. Thông tin chung của bồn*

| STT | Thông số của bồn | Giá trị |
|---|---|---|
| 1 | Đường kính bồn ước tính | 89068 mm |
| 2 | Chu vi bồn ước tính | 279817 mm |
| 3 | Góc nghiêng của bồn | 0.03 ° |
| 4 | Hướng nghiêng của bồn tính từ trạm tham chiếu | 335.14 ° |
| 5 | Chiều cao của bồn | 22581 mm |
| 6 | Số điểm đo (số điểm phân tích trên thân bồn) | 44 |
| 7 | Định hướng các điểm đo | Ngược chiều kim đồng hồ |
| 8 | Dung sai cho phép theo chiều dọc (chiều đứng) | 100 mm |
| 9 | Dung sai cho phép về độ tròn của bồn | 31 mm |

Từ kết quả ở bảng 6 nhận thấy khi xử lý số liệu bằng phần mềm Trimble Realworks sẽ cho chúng ta biết các tham số đặc trưng của bồn như: đường kính, chu vi, góc nghiêng, hướng nghiêng, chiều cao của bồn và các thông số khác do người dùng cài đặt (số điểm đo trên 1 vòng đo, dung sai cho phép theo chiều đứng, dung sai cho phép về độ tròn của bồn) để phân tích đánh giá các tham số về độ nghiêng, độ lệch bán kính trên các vòng đồng cao dọc theo thân bồn.

Hình 4 là hình ảnh đồ thị thể hiện độ nghiêng tại vị trí đo ở vỏ bồn dọc theo thân bồn tại vị trí đo số 17 và số 39. Bảng 7 là trích xuất đánh giá vị trí đo số 39 theo phương đứng với các mức đánh giá phân tích theo mối hàn trên vỏ bồn, dung sai cho phép theo chiều đứng trong

trường hợp này được lấy bằng 100 mm.



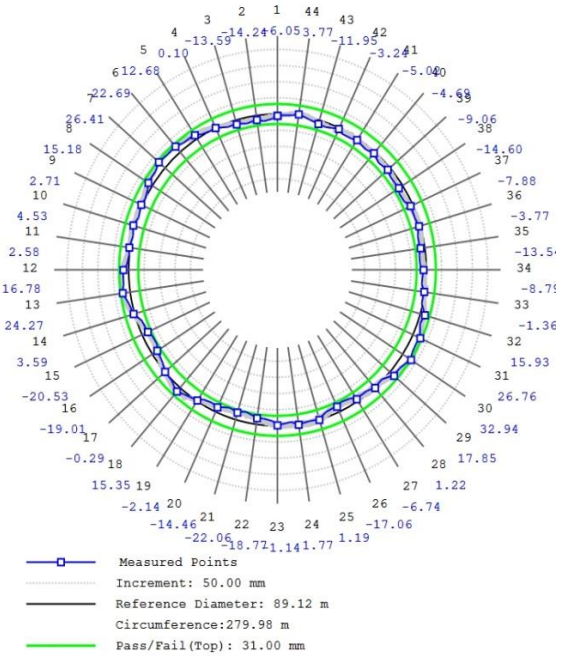

*Hình 4. Đồ thị thể hiện độ nghiêng tại vị trí đo số 17 và số 39 ở vỏ bồn dọc theo thân bồn*

*Bảng 7. Đánh giá vị trí đo số 39 theo phương đứng*

| Điểm đo theo chiều đứng | Vị trí đánh giá | | Dung sai cho phép (mm) | Độ lệch (mm) | Đánh giá so với dung sai cho phép |
|---|---|---|---|---|---|
| | Tính theo mối hàn | Độ cao (m) | | | |
| 7 | Mối hàn 7 +2/3 | 20.56 | ± 100.00 | -42.17 | Nhỏ hơn |
| 7 | Mối hàn 7 +1/3 | 19.89 | ± 100.00 | -34.86 | Nhỏ hơn |
| 6 | Mối hàn 6 +2/3 | 18.25 | ± 100.00 | -44.15 | Nhỏ hơn |
| 6 | Mối hàn 6 +1/3 | 17.28 | ± 100.00 | -50.36 | Nhỏ hơn |
| 5 | Mối hàn 5 +2/3 | 15.29 | ± 100.00 | -22.45 | Nhỏ hơn |
| 5 | Mối hàn 5 +1/3 | 14.28 | ± 100.00 | -14.17 | Nhỏ hơn |
| 4 | Mối hàn 4 +2/3 | 12.26 | ± 100.00 | -2.20 | Nhỏ hơn |
| 4 | Mối hàn 4 +1/3 | 11.25 | ± 100.00 | 5.49 | Nhỏ hơn |
| 3 | Mối hàn 3 +2/3 | 9.26 | ± 100.00 | 10.57 | Nhỏ hơn |
| 3 | Mối hàn 3 +1/3 | 8.27 | ± 100.00 | 10.44 | Nhỏ hơn |
| 2 | Mối hàn 2 +2/3 | 6.47 | ± 100.00 | 23.73 | Nhỏ hơn |
| 2 | Mối hàn 2 +1/3 | 5.67 | ± 100.00 | 29.72 | Nhỏ hơn |
| 1 | Mối hàn 1 +2/3 | 4.05 | ± 100.00 | 34.79 | Nhỏ hơn |
| 1 | Mối hàn 1 +1/3 | 3.24 | ± 100.00 | 23.14 | Nhỏ hơn |

Trên bảng 7, giá trị độ lệch mang dấu (+) là nghiêng theo hướng từ ngoài vào tâm bồn và ngược lại nếu giá trị này mang dấu (-) là nghiêng theo hướng từ tâm ra ngoài.

Hình 5 thể hiện giá trị độ lệch bán kính tại một vòng đồng cao trên thân bồn. Bảng 8 là đánh giá chi tiết trên một mặt cắt có độ cao bằng 5.67m (vị trí mối hàn 2 +1/3), mặt cắt này được chia đều thành 44 điểm để tiến hành phân tích sự thay đổi bán kính của bồn. Độ lệch cho phép về độ lồi, lõm của vỏ bồn hay độ lệch cho phép theo bán kính được lấy bằng 31 mm.




*Hình 5. Giá trị độ lệch bán kính ở vòng đồng cao 5.67m (tại vị trí mối hàn 2 +1/3)*

*Bảng 8. Đánh giá chi tiết trên một mặt cắt có độ cao bằng 5.67m (vị trí mối hàn 2 +1/3)*

| Điểm đo | Độ lệch bán kính (mm) | Đánh giá (độ lệch giới hạn là ±31mm) | Điểm đo | Độ lệch bán kính (mm) | Đánh giá (độ lệch giới hạn là ±31mm) | Điểm đo | Độ lệch bán kính (mm) | Đánh giá (độ lệch giới hạn là ±31mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | -6.05 | Nhỏ hơn | 16 | -19.01 | Nhỏ hơn | 31 | 26.76 | Nhỏ hơn |
| 2 | -14.24 | Nhỏ hơn | 17 | -0.29 | Nhỏ hơn | 32 | 15.93 | Nhỏ hơn |
| 3 | -13.59 | Nhỏ hơn | 18 | 15.35 | Nhỏ hơn | 33 | -1.36 | Nhỏ hơn |
| 4 | 0.10 | Nhỏ hơn | 19 | -2.14 | Nhỏ hơn | 34 | -8.79 | Nhỏ hơn |
| 5 | 12.68 | Nhỏ hơn | 20 | -14.46 | Nhỏ hơn | 35 | -13.54 | Nhỏ hơn |
| 6 | 22.69 | Nhỏ hơn | 21 | -22.06 | Nhỏ hơn | 36 | -3.77 | Nhỏ hơn |
| 7 | 26.41 | Nhỏ hơn | 22 | -18.77 | Nhỏ hơn | 37 | -7.88 | Nhỏ hơn |
| 8 | 15.18 | Nhỏ hơn | 23 | -1.14 | Nhỏ hơn | 38 | -14.60 | Nhỏ hơn |
| 9 | 2.71 | Nhỏ hơn | 24 | 1.77 | Nhỏ hơn | 39 | -9.06 | Nhỏ hơn |
| 10 | 4.53 | Nhỏ hơn | 25 | 1.19 | Nhỏ hơn | 40 | -4.69 | Nhỏ hơn |
| 11 | 2.58 | Nhỏ hơn | 26 | -17.06 | Nhỏ hơn | 41 | -5.02 | Nhỏ hơn |
| 12 | 16.78 | Nhỏ hơn | 27 | -6.74 | Nhỏ hơn | 42 | -3.24 | Nhỏ hơn |
| 13 | 24.27 | Nhỏ hơn | 28 | 1.22 | Nhỏ hơn | 43 | -11.95 | Nhỏ hơn |
| 14 | 3.59 | Nhỏ hơn | 29 | 17.85 | Nhỏ hơn | 44 | 3.77 | Nhỏ hơn |
| 15 | -20.53 | Nhỏ hơn | 30 | 32.94 | Lớn hơn | | | |

Từ bảng 8 nhận thấy, khi phân tích bán kính các điểm trên một vòng có cùng độ cao sẽ được giá trị độ lệch bán kính tại các điểm đo và xác định được độ lồi, lõm của vỏ bồn. So sánh giá trị độ lệch này với giá trị độ lệch cho phép để xem độ lồi, lõm của vỏ bồn có đạt yêu cầu hay không để có biện pháp chỉnh sửa cũng như sửa chữa kịp thời.

Từ thực nghiệm ở trên chúng tôi nhận thấy, ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất vào

thực hiện khảo sát bồn chứa dầu không những cho biết độ nghiêng và hướng nghiêng tổng thể của bồn mà còn cho phép theo dõi toàn bộ vỏ bồn về sự biến dạng, phân tích độ thẳng đứng tổng thể của bồn, phân tích khoảng cách theo đường kính để các kỹ sư có thể hiểu được sự thay đổi theo phương thẳng đứng của thành bồn, cho phép phân tích toàn diện bồn. Với các thiết bị quét laser hiện nay tích hợp công nghệ cao, có thể thu thập các trị đo như một máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao, thực hiện quét laser tốc độ cao, chụp hình ảnh tại chỗ bằng tính năng quét laser 3D. Thông tin trực quan này cung cấp hồ sơ về các khu vực được khảo sát và có thể được sử dụng để giám sát hoặc kiểm tra chất lượng công việc đã thực hiện. So sánh hàng triệu điểm giữa hai lần quét trong một khoảng thời gian dài có thể làm nổi bật các khu vực đã xảy ra thay đổi.

**4. Kết luận**

Quan trắc độ nghiêng các bồn chứa dầu hình trụ đứng theo phương pháp đo tọa độ bên ngoài bằng chế độ laser của các máy toàn đạc điện tử được thực hiện đo đạc và tính toán đơn giản, chi phí đầu tư máy toàn đạc điện tử đo bằng laser là thấp. Độ chính xác xác định tâm bồn phụ thuộc vào số điểm đo tọa độ trên từng vòng và phụ thuộc vào phân bố các điểm đo trên vòng tròn. Đối với các bồn dầu có đường kính lớn, bề mặt lồi, lõm nhiều thì cần phải tăng nhiều số điểm đo dẫn tới tốn nhiều nhân công, đôi khi lại không thể hiện hết được độ lồi, lõm của vỏ bồn. Do đó, phương pháp này phù hợp xác định độ nghiêng của tâm bồn.

Quan trắc độ nghiêng các bồn chứa dầu hình trụ đứng theo phương pháp quét laser mặt đất thực hiện hiện trường đơn giản, khâu xử lý phân tích kết quả được thực hiện trên các phần mềm chuyên dụng. Phương pháp này cho phép đánh giá chi tiết một cách trực quan về độ lồi, lõm của vỏ bồn, thể hiện được độ nghiêng theo chiều dọc ở bất cứ vị trí nào của bồn; từ đó đánh giá được độ nghiêng tổng thể và phân tích toàn diện bồn. Vì vậy, có thể nhận thấy rằng phương pháp này có hiệu quả hơn nhiều so với pháp đo tọa độ bên ngoài bằng chế độ laser của các máy toàn đạc điện tử.

**Tài liệu tham khảo**

1. Võ Ngọc Dũng (2016). *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất giám sát quá trình dịch chuyển đất đá và biến dạng phục vụ dự báo và cảnh báo sạt lợ bãi thải*, Hội nghị khoa học kỹ thuật mỏ toàn quốc lần thứ 25, Hà Nội.

2. Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc (2010). *Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình*, Nxb Giao thông Vận tải, Hà Nội.

3. Lê Đức Tình & nnk (2018). *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất trong trắc địa công trình.* Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp cơ sở năm 2017, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

4. TCVN 9400:2012. *Nhà và công trình dạng tháp - Xác định độ nghiêng bằng phương pháp trắc địa.*

5. California Department of Transportation (CALTRANS) (2018). *Chapter 15 of SURVEY*

*MANUAL - Terrestrial Laser Scanning Specifications.*

6. V. Badenko, A. Fedotov, D. Zotov, S. Lytkin , D. Volgin, R. D. Garg, Liu Min (2019). *Scan-to-BIM methodology adapted for different application.* The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-5/W2, 2019 Measurement, Visualisation and Processing in BIM for Design and Construction Management, 24-25 September 2019, Prague, Czech Republic.

7. API standard 653:2014. *Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction*.

8. ISO 17123-9:2018 *Optics and optical instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instruments - Part 9: Terrestrial laser scanners.*

## ABSTRACT

# SOLUTIONS TO MONITORING THE TILT OF OIL TANKS WITH VERTICAL CYLINDER SHAPE

**Tran Ngoc Dong**

*Vietnam Institute for Building Science and Technology*

*Corresponding author: tndongibst@gmail.com*

Tanks with vertical cylinder shapes are often used in the oil and gas industries to store crude oil, petroleum products, etc that are metal structures. During the construction process as well as in the process of using the oil tank, the tank may be tilted, subsided, the tank shell is convex, concave, distorted, etc. may interfere with the operation of the floating roof of the tank or break the structure of the tank leading to damage to the tank. Therefore, oil tanks are often monitored for early warning of possible risks. This paper presents a solution to monitor the tilt of the oil tank by measuring external coordinates by laser measurement mode of electronic total stations and terrestrial laser scanning method. Experimental results of tilt monitoring for an oil tank in actual production have shown the advantages and disadvantages of the two methods above. The method of using a terrestrial laser scanner is more effective when allowing detailed and specific assessment of the convexity, concave, and distortion of the tank shell in a visual way.

*Keywords:* Deformation monitoring; Tilt; Oil tank; Terrestrial laser scanning.

# XÁC ĐỊNH HÀM HIỆP PHƯƠNG SAI TRONG TÍNH TOÁN DỊ THƯỜNG ĐỘ CAO TỪ SỐ LIỆU DỊ THƯỜNG TRỌNG LỰC

**Nguyễn Thành Lê[1], Nguyễn Văn Sáng[2], Lê Thị Thanh Tâm[2]**
*[1] Trường Đại học Lê Quý Đôn; [2] Trường Đại học Mỏ - Địa Chất*
*Tác giả liên hệ: nguyenthanhle@lqdtu.edu.vn*

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày phương pháp xác định các giá trị của hiệp phương sai thực nghiệm, và các tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết trong tính dị thường độ cao từ số liệu dị thường trọng lực bằng phương pháp Collocation. Cơ sở lý thuyết xác định hàm hiệp phương sai đã được nghiên cứu chi tiết. Dựa trên cơ sở lý thuyết, nhóm tác giả đã xác định được các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm và các tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết cho dữ liệu thử nghiệm thuộc khu vực miền Trung Việt Nam bằng chương trình EMPCOV và COVFIT trong bộ phần mềm GRAVSOFT. Từ các bộ tham số tìm được, đã xác định được bộ tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết tốt nhất (N = 1172; f = 28,04; A = 0,18.$10^6$; Phương sai = 289,18 mGal$^2$; $R_B$-$R_E$ = -0,075 km; RMS = 17,72 mGal$^2$).

**Từ khóa:** Dị thường trọng lực, dị thường độ cao, phương pháp Collocation trung phương, hàm hiệp phương sai thực nghiệm, hàm hiệp phương sai lý thuyết.

## 1. Đặt vấn đề

Least Square Collocation (LSC) là phương pháp được sử dụng phổ biến trong Trắc địa, đặc biệt là Trắc địa vật lý trong tính dị thường độ cao từ số liệu dị thường trọng lực, phục vụ xây dựng geoid/quasigeoid đối với một khu vực hay với một quốc gia. Năm 2014, Ba Lan đã sử dụng phương pháp này để xây dựng quasigeoid của mình [9]. Tại Iran, năm 2019, các tác giả cũng sử dụng phương pháp LSC để xây dựng mô hình goeid quốc gia [8] Trong [1], các tác giả cũng sử dụng phương pháp này để xác định dị thường trọng lực từ số liệu đo cao vệ tinh.

Theo phương pháp LSC, để tính được dị thường độ cao từ số liệu dị thường trọng lực hoặc từ số liệu kết hợp nhất thiết phải xác định được bộ tham số trong phương trình tính chuyển gồm: hệ số N, giá trị phương sai Varg, hiệu của bán kính cầu Bjerhammar và bán kính trung bình của trái đất $R_B$-$R_E$ và hệ số tỷ lệ f. Theo cở sở lý thuyết, dựa trên số liệu đầu vào ta sẽ xác định được các giá trị của hàm hiệp phương sai thực nghiệm, bước tiếp theo là xác định các tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết dựa trên việc làm khớp hàm lý thuyết với hàm thực nghiệm. Các tham số tìm được của hàm lý thuyết chính là tham số của phương trình tính chuyển, là cốt lõi của nội dung phương pháp LSC. Như vậy, trong nội dung bài báo, nhóm tác giả chỉ tập trung trình bày về cơ sở lý thuyết xác định các hàm hiệp phương sai, thực nghiệm xác định các hàm hiệp phương sai cho số liệu thuộc một khu vực nghiên cứu. Việc tính toán hiện nay thường được thực trên hai modul "EMPCOV" và "COVFIT" trong gói phần mềm GRAVSOFT của nhóm tác giả Forsberg[4]. Từ

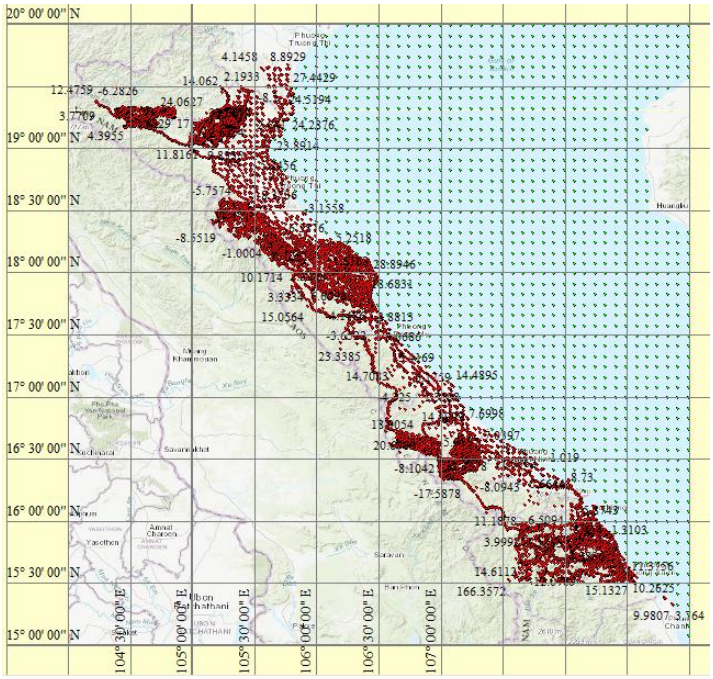
số liệu dị thường trọng lực còn dư, sử dụng chương trình "EMPCOV" để xác định được hàm hiệp phương sai thực nghiệm. Bước tiếp theo, sử dụng chương trình "COVFIT" xác định các tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết dựa trên cơ sở so sánh kết quả tính với các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm. Các tham số cần tìm được thực hiện theo phương pháp thủ công bằng cách thay đổi các giá trị cần tìm là đầu vào của chương trình "COVFIT" và thực hiện thay thế dần sao cho có được kết quả bộ tham số được coi là tối ưu nhất. Công việc này yêu cầu người sử dụng chương trình phải có kiến thức chuyên sâu và nhiều kinh nghiệm. Với mỗi bộ tham số tìm được, người sử dụng cần phải lưu ra các file riêng biệt, thực hiện biểu diễn đồ thị độ khớp giữa hiệp phương sai lý thuyết và hiệp phương sai thực nghiệm trên phần mềm Excel để xác định được bộ các tham số tối ưu.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### *2.1. Khu vực và dữ liệu nghiên cứu*

Giới hạn khu vực thực nghiệm có vĩ độ từ $15^0 \div 20^0$, kinh độ từ $104^0 \div 109^0$, kích thước vùng tính $5^0$ x $5^0$. Lãnh thổ Việt Nam gồm các tỉnh từ Nghệ An đến Quảng Nam - Đà Nẵng và một phần Thanh Hóa. Lãnh hải là phạm vi thuộc Biển Đông.

Dữ liệu trọng lực trong tính toán là dữ liệu dị thường trọng lực không khí tự do (FA: Free Air) bao gồm dữ liệu đất liền và dữ liệu trên biển. Trên đất liền: 9442 trị đo dị thường trọng lực chân không (không khí tự do). Dữ liệu dị thường chân không trên biển: 1430 điểm, mắt lưới 5' x 5', là số liệu được trích xuất từ mô hình trường trọng lực biển toàn cầu có độ phân giải cao DTU17GRA[2]. Hình 4 mô tả khu vực thực nghiệm và dữ liệu dị thường trọng lực chân không thuộc phạm vi đất liền, biển. Dị thường trọng lực của mô hình EIGEN-6C4 được tính từ trang Web của Trung tâm quốc tế về các mô hình trái đất toàn cầu[5].




*Hình 4. Khu vực thực nghiệm và dữ liệu tính*

*(dị thường trọng lực đất liền;  dị thường trọng lực biển)*

Nguồn dữ liệu được quy chiếu trong hệ tọa độ WGS84, hệ triều thuộc hệ không phụ thuộc triều (tide free), dữ liệu trọng lực thuộc dữ liệu trọng lực không khí tự do (Free-air).

***2.2. Phương pháp nghiên cứu***

Theo phương pháp LSC[7], giả sử nếu ta có n điểm có giá trị dị thường trọng lực $\Delta g_1, \Delta g_2, \ldots, \Delta g_n$, khi đó dị thường độ cao của điểm P sẽ được nội suy theo công thức (1):

$$\zeta_P = K^T_{lxn}(\Delta g, \zeta_P)\, x \left[ K(\Delta g, \Delta g) + C_{\Delta g} \right]^{-1}_{nxn} x\, \Delta g_{nx1} \quad (1)$$

Độ chính xác được đánh giá theo công thức (2):

$$\sigma^2_P = K_{lx1}(\zeta_P, \zeta_P) - K^T_{lxn}(\Delta g, \zeta_P)\, x \left[ K(\Delta g, \Delta g) + C_{\Delta g} \right]^{-1}_{nxn} x\, K_{nxn}(\Delta g, \zeta_P) \quad (2)$$

Trong đó: $K(\cdot,\cdot)$ hàm hiệp phương sai; $C_{\Delta g}$ ma trận hiệp phương sai sai số đo; $\Delta g$ giá trị dị thường trọng lực.

Nội dung quan trọng của phương pháp là xác định được hàm hiệp phương sai $K(\cdot,\cdot)$. Dựa trên số liệu dị thường trọng lực, tiến hành xác định hàm hiệp phương sai thực nghiệm, sau đó từ các giá trị thực nghiệm nhận được sẽ được xấp xỉ với hàm lý thuyết để tìm ra giá trị xác suất nhất.

** Xác định các giá trị của hàm hiệp phương sai thực nghiệm*

Theo [6], hàm hiệp phương sai thực nghiệm giữa hai đại lượng đo y và y' được xác định theo công thức:

$$C(\psi) = \frac{1}{A} \int_{\varphi_{min}}^{\varphi_{max}} \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} y.y'.d\alpha.\psi.d\varphi.d\lambda \quad (3)$$

Trong đó: khoảng cách cầu ψ giữa hai thành phần y và y' được xác định: $\psi = \sin\varphi_1.\sin\varphi_2 + \cos\varphi_1.\cos\varphi_2.\cos(\lambda_2 - \lambda_1)$; A là diện tích vùng tính theo đơn vị cầu; α là góc phương vị.

Vì các đại lượng đo là các điểm rời rạc trong khu vực. Do vậy, nếu mỗi đại lượng $y_i$ đại diện cho một khu vực nhỏ $A_i$ và $y_j'$ đại diện cho một khu vực $A_j$ thì công thức tích phân (3) được chuyển thành công thức tổng:

$$C_k = \frac{\sum A_i A_j y_i y_j'}{\sum A_i A_j} \quad (4)$$

Với $\psi_{ij}$ là khoảng cách cầu giữa hai đại lượng i và j, thỏa mãn điều kiện:

$$\psi - \frac{\Delta\psi}{2} < \psi_{ij} < \psi + \frac{\Delta\psi}{2} \quad (5)$$

Trong tính toán để đơn giản, coi $A_i$, $A_j$ được giả thiết bằng nhau, khi đó công thức (5) được rút gọn thành:

$$C_k = \frac{\sum_{i,j}^{N_k} y_i y_j^{'}}{N_k} \quad (6)$$

Trong đó $N_k$ là tổng số đại lượng và tổng $\sum y_i y_j^{'}$ thỏa mãn điều kiện (5).

** Xác định các tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết*

Theo [3] hàm hiệp phương sai lý thuyết được làm khớp với các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm theo công thức:

$$\sum_{i=2}^{N} \hat{\sigma}_i \left( \frac{R_B^2}{r_P r_Q} \right)^{i+2} P_i(\cos\psi_{PQ}) + \sum_{i=N+1}^{N_{MAX}} \frac{A(i-1)}{(i-2)(i+24)} \left( \frac{R_B^2}{r_P r_Q} \right)^{i+2} P_i(\cos\psi_{PQ}) = cov(P,Q) \quad (7)$$

Trong công thức (7), $cov(P,Q)$ là các giá trị của hàm hiệp phương sai thực nghiệm tương ứng giữa hai điểm P và Q; $P_i(\cos\psi_{PQ})$ là hàm đa thức Legendre ở mức $i$; $\psi_{PQ}$ là khoảng cách cầu giữa hai điểm P và Q; $N_{max}$ là mức và hạng tối đa của mô hình trọng trường trái đất được sử dụng; $r_P$ và $r_Q$ là bán kính từ tâm trái đất đến điểm P và điểm Q; $\hat{\sigma}_i$ là sai số phương sai mức tương ứng của mô hình trọng trường.

Các ẩn cần phải xác định trong công thức (7) là: N là hệ số mức mở rộng của mô hình trọng trường trái đất được sử dụng; A là tham số tự do có đơn vị $(10\mu ms^{-2})^2$; $R_B$ bán kính cầu Bjerhammar (điều kiện $R_B < R_E$). Vì các phương sai mức sai số của mô hình trọng trường trái đất phản ánh trên toàn cầu, trong các tính toán với một khu vực hoặc phạm vi cục bộ, cần phải nhân các phương sai mức sai số với hệ số tỷ lệ *f*. Hệ số tỷ lệ này phải được xác định thông qua quá trình tính lặp. Như vậy, các ẩn số (tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết cần tìm) là: N, A, *f*, $R_B$-$R_E$ (thay cho $R_B$), trong đó $R_E$ là bán kính trung bình của trái đất.

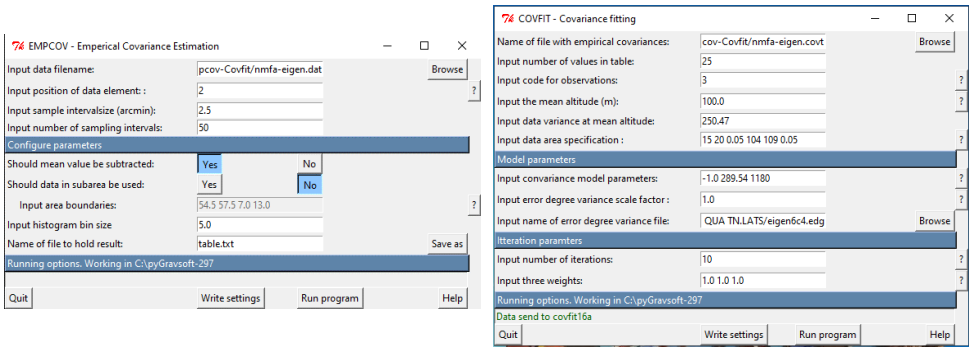
Mỗi giá trị hiệp phương sai thực nghiệm tính được, ta lập được một phương trình dạng (1). Như vậy, ta sẽ có hệ k phương trình tương ứng với k giá trị thực nghiệm. Chọn một giá trị của N, giải hệ phương trình trên sẽ tìm được các tham số còn lại. Tham số *f* được xác định bằng việc giải lặp hệ phương trình với số lần nhất định (thường chọn số lần lặp = 10). Thay đổi N, quá trình giải lại được lặp lại. Không phải N nào cũng tìm được các tham số A, *f*, $R_B$-$R_E$. Có những giá trị của N làm cho hệ phương trình suy biến.

**3. Kết quả nghiên cứu**

Thực hiện chương trình xác định các giá trị của hàm hiệp phương sai thực nghiệm "EMPCOV" trên Python (Hình 5.a) đối với các điểm dị thường trọng lực còn dư, tổng số điểm tính là: 10872 điểm; mắt lưới trung bình 2,5 phút; việc tính toán được hiệu chỉnh trị trung bình cộng. Kết quả tính hiệp phương sai thực nghiệm được thể hiện trong cột 2 của Bảng 5.

Bước tiếp theo sử dụng chương trình "COVFIT" để xác định các tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết (Hình 5.b) bằng cách thử dần giá trị N từ 2 đến 2190. Với mỗi kết quả tìm được cần phải lưu ra file riêng, đây là bước tính mất rất nhiều thời gian, dễ nhầm lẫn do số lượng tính là nhiều, nên cần phải thật cẩn thận khi thực hiện. Kết quả thực hiện đã tìm được

163 bộ tham số.




*(a)* *(b)*

*Hình 5. Chương trình EMPCOV và COVFIT trong bộ GRAVSOFT*

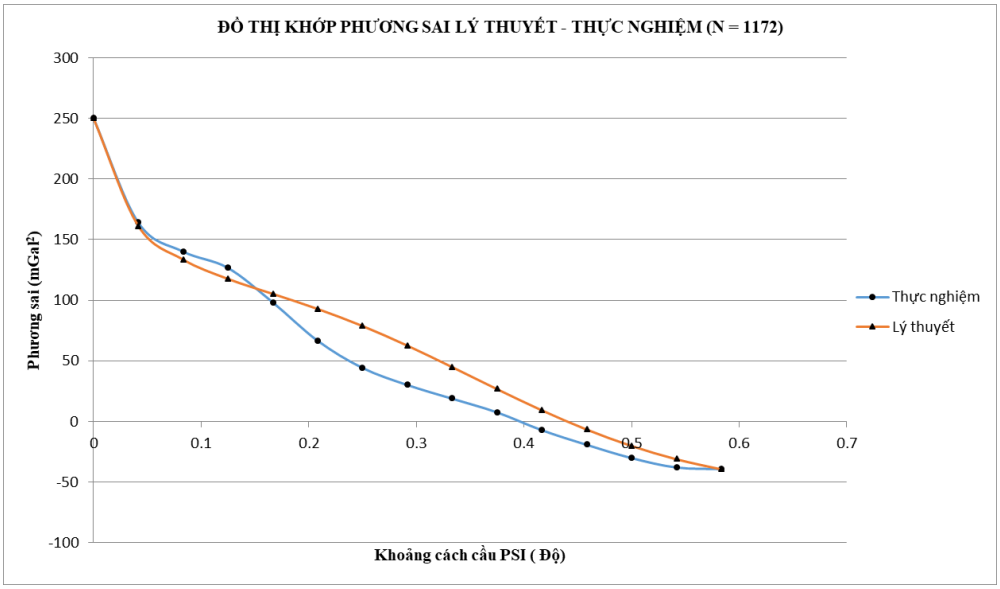
Ứng với mỗi bộ dữ liệu tìm được, thay vào công thức (1), ta sẽ xác định được các giá trị dị thường độ cao từ tập các điểm dị thường trọng lực tương ứng. Tuy nhiên, với mỗi bộ số liệu khác nhau, khi tính toán trên chương trình "GEOCOL" trong bộ phần mềm GRAVSOFT sẽ cho kết quả khác nhau. Thậm chí đối với bộ số liệu kém, được phản ánh qua sai số độ lệch trung phương có giá trị lớn, chương trình tính không thực hiện được. Dựa trên các điểm song trùng GNSS/TC được sử dụng trong đánh giá kết quả tính, cùng kinh nghiệm tính toán, nhóm tác giả nhận thấy đối với các bộ tham số có sai số độ lệch trung phương càng nhỏ thì kết quả tính chênh lệch nhau càng ít. Như vậy, sai số độ lệch trung phương chính là cơ sở để lựa chọn được bộ tham số tốt nhất từ các bộ tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết tìm được. Sai số độ lệch trung phương là cở sở đánh giá các kết quả đo đạc trong lĩnh vực trắc địa, đối với phương pháp LSC cũng chính là đánh giá độ lệch giữa hai mô hình: mô hình hàm hiệp phương sai lý thuyết xác định được và mô hình  hàm hiệp phương sai thực nghiệm, hai mô hình càng khớp nhau thì sai số độ lệch trung phương càng nhỏ.

Từ đánh giá trên, nhóm tác giả thực hiện lọc thủ công trong 163 bộ tìm được để xác định được bộ tham số tối ưu nhất dựa trên tiêu chí sai số độ lệch trung phương (RMS) giữa kết quả lý thuyết và thực nghiệm là nhỏ nhất. Bộ tham số tối ưu nhất là: N = 1172; f = 28,04; A = $0{,}18.10^6$; Phương sai  = 289,18 $mGal^2$; $R_B$-$R_E$ = -0,075 km; Sai số trung phương RMS = 17,72 $mGal^2$. Các giá trị hiệp phương sai lý thuyết tương ứng với bộ tham số tối ưu và giá trị hàm hiệp phương sai thực nghiệm được thể hiện trên cột (3) và (2), chênh lệch giữa hai giá trị được thể hiện trong cột (4) (Bảng 4). Đồ thị biểu diễn độ chênh lệch giữa hàm lý thuyết và hàm thực nghiệm thể hiện trong Hình 6.

*Bảng 4. Kết quả xác định hiệp phương sai lý thuyết*

| **K/c cầu** | **Hiệp phương sai** (mGal) | | |
|---|---|---|---|
| | Thực nghiệm | Lý thuyết | Chênh lệch |
| 0.0000 | 250.4672 | 250.3633 | 0.1039 |
| 0.0417 | 164.1513 | 161.4147 | 2.7366 |
| 0.0833 | 140.1696 | 133.5859 | 6.5836 |

| K/c cầu | Hiệp phương sai (mGal) | | |
|---|---|---|---|
| | Thực nghiệm | Lý thuyết | Chênh lệch |
| 0.1250 | 126.7056 | 117.6541 | 9.0514 |
| 0.1667 | 98.3397 | 105.2837 | -6.9440 |
| 0.2083 | 66.8128 | 92.9440 | -26.1313 |
| 0.2500 | 44.3538 | 78.8906 | -34.5368 |
| 0.2917 | 30.2622 | 62.7539 | -32.4916 |
| 0.3333 | 19.0282 | 45.1166 | -26.0884 |
| 0.3750 | 7.7506 | 26.9574 | -19.2068 |
| 0.4167 | -6.9063 | 9.4907 | -16.3969 |
| 0.4583 | -18.9581 | -6.2815 | -12.6766 |
| 0.5000 | -29.8726 | -19.8172 | -10.0554 |
| 0.5417 | -37.6278 | -30.7799 | -6.8479 |
| 0.5833 | -39.0809 | -39.0597 | -0.0212 |




*Hình 6. Độ chênh lệch giữa hàm hiệp phương sai lý thuyết và hiệp phương sai thực nghiệm*

## 4. Kết luận

Xác định hàm hiệp phương sai thực nghiệm và hàm hiệp phương sai lý thuyết là nhiệm vụ quan trọng trong phương pháp LSC khi tính chuyển dị thường độ cao từ số liệu dị thường trọng lực. Nội dung bài báo đã trình bày chi tiết cơ sở lý thuyết xác định hàm hiệp phương sai thực nghiệm và lý thuyết.

Dựa trên cơ sở lý thuyết, nhóm tác giả đã sử dụng hai modul "EMPCOV" và "COVFIT" trong gói GRAVSOFT để tìm được bộ tham số tối ưu của hàm hiệp phương sai lý thuyết (N = 1172; f = 28,04; A = $0{,}18.10^6$; Phương sai = 289,18 $mGal^2$; $R_B$-$R_E$ = -0,075 km) cho dữ liệu thử nghiệm thuộc khu vực miền Trung Việt Nam.

Khi sử dụng các mô hình trọng trường trái đất có bậc và hạng đến 2190 thì việc tính toán bằng "EMPCOV" và "COVFIT" tương đối phức tạp, mất nhiều thời gian, đòi hỏi người dùng phải có kiến thức chuyên sâu và nhiều kinh nghiệm. Vấn đề này cần được nghiên cứu nhằm cải tiến chương trình "COVFIT" để việc tìm được bộ tham số tối ưu trở nên thuận lợi dễ dàng hơn.

**Tài liệu tham khảo**

1. Nguyễn Văn Sáng và các cộng sự (2020), "*Marine gravity anomaly mapping for the Gulf of Tonkin area (Vietnam) using Cryosat-2 and Saral/AltiKa satellite altimetry data*", Advances in Space Research. 66(3), pp. 505-519.

2. O Andersen and P Knudsen (2019), "*The DTU17 global marine gravity field: First validation results*", Fiducial Reference Measurements for Altimetry, Springer, pp. 83-87.

3. D Arabelos and CC Tscherning (2003), "*Globally covering a-priori regional gravity covariance models*", Advances in Geosciences. 1, pp. 143-147.

4. R Forsberg and C.C Tscherning (2008), "*An overview manual for the GRAVSOFT geodetic gravity field modelling programs*", Contract report for JUPEM.

5. *ICGEM, Global Gravity Field Models*, trang web http://icgem.gfz-potsdam.de/tom_longtime.

6. Per Knudsen (1987), "*Estimation and modelling of the local empirical covariance function using gravity and satellite altimeter data*", Bulletin géodésique. 61(2), pp. 145-160.

7. Yu. M. Neuman (2010), *Phương pháp hiệp phương sai trong trắc địa vật lý và Collocation*, NXB Khoa học thế giới (tiếng Nga), Matxcova.

8. Sabah Ramouz and et al (2019), "*IRG2018: A regional geoid model in Iran using Least Squares Collocation*", Stud. Geophys. Geod.

9. Małgorzata Szelachowska and Jan Kryński (2014), "*GDQM-PL13-the new gravimetric quasigeoid model for Poland*", Geoinformation Issues. 6(1), pp. 5-19.

# ABSTRACT

## DETERMINATION OF COVARIANCE FUNCTIONS IN COMPUTING HEIGHT ANOMALIES FROM GRAVITY ANOMALIES

**Nguyen Thanh Le[1], Nguyen Van Sang[2], Le Thi Thanh Tam[2]**

[1] *Le Quy Don Technical University*

[2] *Hanoi University of Mining and Geology*

*Corresponding author: nguyenthanhle@lqdtu.edu.vn*

This paper presents a method to determine the values of the emprical covariance function, and the parameters of the theoretical covariance function in computes the height anomalies from the gravity anomalies data using the LSC method. The theoretical basis of method had been studies in detail. On the theoretical basis, the authors have determined the emprical covariance functions and the parameters of the theoretical covariance functions for experimental data in the central region of Vietnam by the EMPCOV and COVFIT programs in package GRAVSOFT. From the parameters found, have determined the optimal parameters of the theoretical covariance function (N = 1172; f = 28,04; A = 0,18.$10^6$; Varg = 289,18 mGal$^2$; $R_B$-$R_E$ = -0,075 km; RMS = 17,72 mGal$^2$).

*Keywords*: Gravity anomalies, Height anomalies, Least-squares collocation, Emprical Covariance, Theoretical Covariance.

# ĐỀ XUẤT MỘT PHƯƠNG PHÁP TÌM ĐIỂM LƯỚI CƠ SỞ KHÔNG ỔN ĐỊNH TRONG QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH CÔNG TRÌNH

**Phạm Quốc Khánh, Trần Trung Anh, Nguyễn Thị Kim Thanh**
*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*Tác giả liên hệ: phamquockhanh@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Ý nghĩa quan trọng nhất của việc đánh giá, phân tích độ ổn định điểm lưới cơ sở trong quan trắc chuyển dịch công trình là xác định được điểm lưới ổn định để tính chuyển dịch thực tế của công trình. Ở Việt Nam hiện sử dụng chủ yếu là phương pháp độ lệch giới hạn dựa vào yêu cầu độ chính xác quan trắc công trình, còn trên thế giới thường sử dụng kiểm nghiệm thống kê. Bài báo này nghiên cứu ứng dụng lý thuyết của kiểm nghiệm thống kê Tau, trên cơ sở đó đề xuất sử dụng kiểm nghiệm này xác định điểm cơ sở không ổn định trong lưới khống chế quan trắc chuyển dịch công trình. Qua thực nghiệm với nhiều mô hình khác nhau của lưới cơ sở thủy điện Hòa Bình với 6 điểm lưới cơ sở, kết quả thu được là đáng tin cậy khi phát hiện được các điểm chuyển dịch trong hầu hết các trường hợp, chỉ không phát hiện hết khi số lượng điểm cơ sở chuyển dịch bằng với số điểm lưới ổn định, điều này là phù hợp với thực tế. Hạn chế của phương pháp này là có thể liệt các điểm vẫn nằm trong giới hạn chuyển dịch cho phép là điểm không ổn định.

**Từ khóa**: Quan trắc chuyển dịch; tìm điểm không ổn định; Lưới cơ sở; Thủy điện Hòa Bình.

## 1. Đặt vấn đề

Trong quy trình xử lý số liệu phân tích biến dạng công trình cần phải có số liệu đo đạc chính xác của các điểm quan trắc mới cho kết quả tính toán chuyển dịch tin cậy và khách quan. Điều đó phụ thuộc vào chất lượng quan trắc và các điểm lưới cơ sở có ổn định không; nếu điểm lưới cơ sở không ổn định thì nên sử dụng phương pháp phân tích, tìm điểm không ổn định nào để xử lý số liệu. Phương pháp độ lệch giới hạn "cải tiến" (Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc, 2010) kết hợp với bài toán bình sai lưới tự do, sử dụng phương pháp tính lặp để tìm điểm không ổn định trong lưới cơ sở được sử dụng phổ biến ở Việt Nam. Phương pháp này có ưu điểm là đơn giản, dễ thực hiện nhưng trong nhiều trường hợp không phát hiện được điểm lưới không ổn định. Ví dụ trong lưới chỉ có 1 điểm không ổn định với giá trị chuyển dịch xấp xỉ giá trị giới hạn cho phép, sau bình sai sai số của điểm này sẽ không hoàn toàn đúng giá trị chuyển dịch thực tế nên không thể phát hiện được. Trên thế giới thường sử dụng kiểm nghiệm thống kê như phương pháp Pelzer hay gọi là phương pháp chênh lệch trung bình (Pelzer H., 1974; Phạm Quốc Khánh, 2012), phương pháp phân lượng chuyển dịch điểm đơn (Huang Shengxiang và nnk, 2013), phương pháp kiểm nghiệm tổ hợp phương sai hậu nghiệm (Zhang Zhenglu và nnk, 2011; Phạm Quốc Khánh, 2021), … Các phương pháp này thường được kiểm nghiệm qua 2 bước là kiểm nghiệm tổng quát lưới và tìm điểm không ổn định. Với việc sử dụng kiểm nghiệm

thống kê dựa vào các phân phối Fisher, Student nên về lý thuyết có tính chặt chẽ, do vậy hiện vẫn đang được sử dụng rộng rãi. Để làm phong phú thêm về lý thuyết xử lý số liệu và phát hiện điểm không ổn định của lưới cơ sở, bài báo này chúng tôi nghiên cứu, đề xuất sử dụng kiểm nghiệm Tau (R.E. Deakin, M.N. Hunter, 2018; Huang Shengxiang và nnk, 2013), cũng là một phương pháp kiểm nghiệm thống kê, để tìm điểm không ổn định trong lưới cơ sở.

## 2. Cơ sở lý thuyết

### *2.1 Phương pháp độ lệch giới hạn*

Theo (Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc, 2010), thì tiêu chuẩn độ ổn định mốc lưới cơ sở được xác định là *"Điểm khống chế được coi là ổn định nếu chênh lệch tọa độ của điểm ở chu kỳ đang xét so với chu kỳ đầu không vượt quá sai số giới hạn xác định độ lệch đó"*. Như vậy, có:

Công thức xác định tiêu chuẩn độ ổn định mốc cơ sở:

$$|q_i| \leq t.m_{q_i} \quad (1)$$

Trong đó:

$|q_i|$ và $m_{q_i}$ là giá trị chênh lệch tọa độ và sai số tương ứng

*t* là hệ số xác định tiêu chuẩn sai số giới hạn, thông thường lấy t trong khoảng từ 2÷3.

Vì cấu trúc đồ hình mà các mạng lưới trắc địa sau khi bình sai sẽ có giá trị sai số vị trí điểm ($m_p$) khác nhau, dẫn đến sai số xác định chuyển dịch ($m_q$) cũng khác nhau. Do vậy, có thể chọn một giá trị sai số giới hạn nào đó để làm tiêu chuẩn thống nhất chung cho toàn mạng lưới, khi đó tiêu chuẩn (1) sẽ được viết lại là:

$$|q| \leq t.m_{q_{cs}} \quad (1')$$

Trong đó: $m_{q_{cs}}$ là sai số trung phương chuyển dịch của điểm cơ sở, được xác định chung cho tất cả các điểm cơ sở và được tính toán như sau:

Yêu cầu sai số xác định chuyển dịch ($M_q$) thường được đưa ra trong thiết kế kỹ thuật. Từ số liệu này sẽ xác định được yêu cầu độ chính xác xác định chuyển dịch đối với từng loại mốc cụ thể.

Đối với điểm mốc cơ sở:

$$m_{q_{cs}} = \frac{M_q}{\sqrt{1+k^2}} \quad (2)$$

Đối với điểm quan trắc:

$$m_{q_{qt}} = \frac{k.M_q}{\sqrt{1+k^2}} \quad (3)$$

Trong đó: k là hệ số suy giảm độ chính xác giữa các cấp lưới, thường được chọn trong khoảng 2÷3.

### *2.2 Phương pháp kiểm nghiệm Tau ($\tau$)*

Phương pháp kiểm nghiệm Tau ($\tau$) dựa trên lý thuyết của kiểm nghiệm Baarda (B) (Huang Shengxiang và nnk, 2013), mà kiểm nghiệm B cần biết trước phương sai mẫu (tập nền)

của trị đo $\sigma_0^2$. Nhưng trong nhiều trường hợp không thể biết được $\sigma_0^2$, vì vậy, Pope đề xuất sử dụng giá trị phương sai hậu nghiệm $\hat{\sigma}_0^2 = \frac{V^T PV}{r}$ thay cho $\sigma_0^2$ để tạo thành lượng thống kê (Huang Shengxiang và nnk, 2013).

$$\tau_i = \frac{|v_i|}{\hat{\sigma}_0 \sqrt{Q_{V_i V_i}}} \tag{4}$$

Trong đó: $v_i$ là số hiệu chỉnh của mẫu cần kiểm nghiệm, $Q_{v_i v_i}$ là giá trị trên đường chéo chính của ma trận hiệp trọng số đảo tương ứng. Đồng thời chỉ ra rằng, khi giá trị $l_i$ (trị đo trong lưới) trong giả thiết gốc không chứa sai số thô, lượng thống kê tuân theo phân bố $\tau$ bậc tự do $r$, nên có thể dùng công thức xác suất

$$P\left\{\tau_i > \tau_{1-\frac{\alpha}{2}}(r) \,|\, H_0\right\} = \alpha \tag{5}$$

Cần phải lưu ý rằng, phương pháp kiểm nghiệm Tau được Pope phát triển để xác định sai số thô trong tập dữ liệu đo. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất dùng kiểm nghiệm Tau xác định điểm không ổn định lưới khống chế cơ sở, khi áp dụng cho lưới mặt bằng thì giá trị $v_i$ được lấy là sai số vị trí điểm tương ứng trong lưới, $Q_{v_i v_i} = Q_{x_i} + Q_{y_i}$ với $Q_{x_i}; Q_{y_i}$ là giá trị trên đường chéo chính của ma trận hiệp trọng số đảo của các ẩn số.

Tiến hành kiểm nghiệm đối với giả thiết gốc với α=0.5 gọi là phương pháp kiểm nghiệm $\tau$. Bảng phân phối $\tau$ có thể tra trong (R.E. Deakin, M.N. Hunter, 2018). Một cách khác cũng có thể tìm được giá trị của phân bố $\tau$ từ giá trị của phân bố Student (t) theo công thức

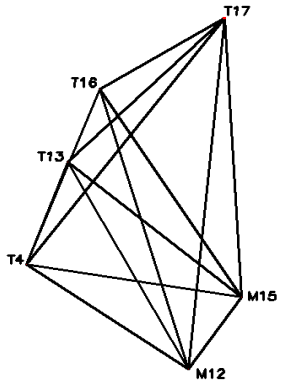
$$\tau_{1-\frac{\alpha}{2}}(r) = \sqrt{\frac{r \cdot t^2_{1-\frac{\alpha}{2}}(r-1)}{r-1+t^2_{1-\frac{\alpha}{2}}(r-1)}} \tag{6}$$

Trong đó, $t^2_{1-\frac{\alpha}{2}}(r-1)$ có bậc tự do $r-1$, chọn dùng kiểm nghiệm hai phía với mức $\alpha$ =0.5 để tìm giá trị phân bố t.

**3. Thực nghiệm trên mô hình**

Bài báo sử dụng lưới quan trắc chuyển dịch ngang của thủy điện Hòa Bình để xây dựng mô hình. Lưới này được xây dựng ở phía hạ lưu đập chắn gồm 6 mốc ccơ sở ký hiệu là T4, T13, T16, T17, M12 và M15 như hình 1. Đập thủy điện Hòa Bình là đập đất đá chịu áp lực cao nên độ chính xác quan trắc yêu cầu là ±5mm (Tiêu chuẩn quốc gia 9399:2012), như vậy lưới cơ sở cần có sai số vị trí điểm yếu nhất không quá ±2.25mm (với k=2), tiêu chuẩn ổn định điểm lưới cơ sở theo phương pháp độ lệch giới hạn tính theo công thức (1') khi lấy t=2 là ±4.5mm.

Trong mô hình, lưới này được đo trong mỗi chu kỳ quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao TC2003 của Thụy Sĩ, có độ chính xác đo góc theo nhà sản xuất máy là 1", độ chính xác đo cạnh là 1+1ppm (mm). Lưới được đo theo đồ hình toàn cạnh, đo đi đo về nên tổng số cạnh là 28. Trong bảng 1 là tọa độ gần đúng của các điểm lưới, bảng 2 cột 4, cột 9 là số liệu đo chu kỳ 1 (chu kỳ gốc).




*Hình 1: Sơ đồ lưới cơ sở quan trắc chuyển dịch ngang thủy điện Hòa Bình*

*Bảng 1: Tọa độ gần đúng của các điểm lưới*

| TT | Tên điểm | Tọa độ gần đúng (m) | |
|---|---|---|---|
| | | X | Y |
| 1 | T4 | 2235.000 | 3675.000 |
| 2 | T12 | 1746.000 | 4341.000 |
| 3 | T13 | 2716.000 | 3846.000 |
| 4 | T15 | 2084.000 | 4562.000 |
| 5 | T16 | 3057.000 | 3977.000 |
| 6 | T17 | 3389.000 | 4490.000 |

*Bảng 2: Số liệu đo của chu kỳ 1*

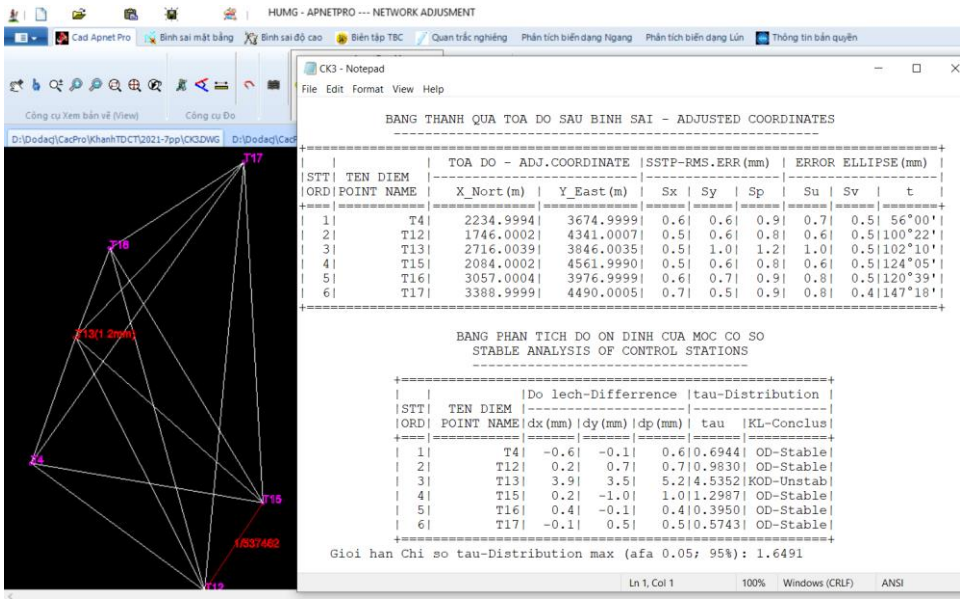
| TT | Tên cạnh | | Giá trị cạnh（m） | | TT | Tên cạnh | | Giá trị cạnh（m） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Đ_đầu | Đ_Cuối | Chu kỳ 1 | Chu kỳ 4 | | Đ_đầu | Đ_Cuối | Chu kỳ 1 | Chu kỳ 4 |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
| 1 | T4 | T13 | 510.4931 | 510.4960 | 15 | T15 | T12 | 403.8378 | 403.8378 |
| 2 | T4 | T17 | 1412.7785 | 1412.7834 | 16 | T15 | T4 | 899.7591 | 899.7591 |
| 3 | T4 | T15 | 899.7625 | 899.7625 | 17 | T15 | T13 | 955.0245 | 955.0277 |
| 4 | T4 | T12 | 826.2414 | 826.2414 | 18 | T15 | T16 | 1135.3234 | 1135.3234 |
| 5 | T12 | T4 | 826.2427 | 826.2427 | 19 | T15 | T17 | 1306.9839 | 1306.9873 |
| 6 | T12 | T13 | 1089.0017 | 1089.0054 | 20 | T16 | T17 | 611.0589 | 611.0638 |
| 7 | T12 | T16 | 360.5928 | 1360.5929 | 21 | T16 | T15 | 1135.3194 | 1135.3194 |
| 8 | T12 | T17 | 649.7433 | 1649.7471 | 22 | T16 | T12 | 1360.5961 | 1360.5961 |
| 9 | T12 | T15 | 403.8357 | 403.8357 | 23 | T16 | T13 | 365.2952 | 365.2924 |
| 10 | T13 | T16 | 365.2959 | 365.2930 | 24 | T17 | T15 | 1306.9847 | 1306.9880 |
| 11 | T13 | T17 | 931.4818 | 931.4850 | 25 | T17 | T12 | 1649.7395 | 1649.7433 |
| 12 | T13 | T15 | 955.0239 | 955.0271 | 26 | T17 | T4 | 1412.7802 | 1412.7851 |
| 13 | T13 | T12 | 1089.0033 | 1089.0069 | 27 | T17 | T13 | 931.4843 | 931.4876 |
| 14 | T13 | T4 | 510.4938 | 510.4967 | 28 | T17 | T16 | 611.0586 | 611.0635 |

Từ số liệu của chu kỳ 1, chúng tôi xây dựng 6 mô hình bằng cách chủ động cho tọa độ của điểm cơ sở bị chuyển dịch đi một lượng nhất định. Trừ mô hình 1, các mô hình còn lại các điểm chuyển dịch đều lớn hơn tiêu chuẩn ổn định của điểm lưới cơ sở. Số liệu khi xây dựng mô hình để xử lý được lấy theo thuật toán lấy số ngẫu nhiên có khống chế sai số (sai số đo cạnh đầu vào), số liệu chu kỳ 4 được ghi trong bảng 2 cột 5 và 10. Lượng chuyển dịch của 6 mô hình được thống kê trong bảng 3.

*Bảng 3: Lượng chuyển dịch của 6 mô hình quan trắc*

| TT mô hình | Tên điểm thay đổi tọa độ | Tọa độ X (m) | Tọa độ Y (m) | dX (mm) | dY (mm) | dP (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | T13 | 2716.0000 | 3846.0035 | +0.0 | +3.5 | 3.5 |
| 2 | T13 | 2716.0035 | 3846.0035 | +3.5 | +3.5 | 5.0 |
| 3 | T13 | 2716.0035 | 3846.0035 | +3.5 | +3.5 | 5.0 |
| | T17 | 3389.0035 | 4490.0035 | +3.5 | +3.5 | 5.0 |
| 4 | T13 | 2716.0035 | 3846.0035 | +3.5 | +3.5 | 5.0 |
| | T15 | 2083.9965 | 4561.9965 | -3.5 | -3.5 | 5.0 |
| 5 | T12 | 1746.0035 | 4341.0035 | +3.5 | +3.5 | 5.0 |
| | T15 | 2084.0035 | 4562.0035 | +3.5 | +3.5 | 5.0 |
| | T17 | 3389.0035 | 4490.0035 | +3.5 | +3.5 | 5.0 |
| 6 | T12 | 1745.9965 | 4341.0035 | -3.5 | +3.5 | 5.0 |
| | T15 | 2084.0035 | 4561.9965 | +3.5 | -3.5 | 5.0 |
| | T17 | 3389.0035 | 4489.9965 | +3.5 | -3.5 | 5.0 |

Số liệu của các mô hình được xử lý theo thuật toán bình sai có số khuyết dương, việc phân tích và tìm điểm lưới chuyển dịch của lưới cơ sở được thực hiện bằng hai phương pháp là phương pháp độ lệch giới hạn và phương pháp kiểm nghiệm Tau như trình bày ở trên. Quá trình xử lý được thực hiện bằng phần mềm ApnetPro của tác giả Trần Trung Anh.




*Hình 2. Phần mềm xử lý số liệu ApnetPro*

Kết quả tính toán xử lý số liệu mô hình 4 được trình bày trong bảng 4, 5, 6:

*Bảng 4: Bảng thành quả tọa độ sau bình sai mô hình 4*

| STT ORD | TEN DIEM POINT NAME | TOA DO - ADJ.COORDINATE X_Nort(m) | Y_East(m) | SSTP-RMS.ERR(mm) Sx | Sy | Sp | ERROR ELLIPSE(mm) Su | Sv | t |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | T4 | 2234.9976 | 3674.9993 | 0.6 | 0.6 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 62°56' |
| 2 | T12 | 1745.9992 | 4341.0008 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 91°23' |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | T13 | 2716.0023 | 3846.0012 | 0.4 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.4 | 103°43' |
| 4 | T15 | 2083.9995 | 4561.9986 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 119°57' |
| 5 | T16 | 3056.9989 | 3976.9983 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 0.8 | 0.5 | 118°10' |
| 6 | T17 | 3389.0026 | 4490.0019 | 0.7 | 0.6 | 0.9 | 0.8 | 0.5 | 141°32' |

*Bảng 5: Kết quả tìm điểm không ổn định theo phương pháp độ lệch giới hạn*

| STT ORD | TEN DIEM POINT NAME | Do lech-Differrence | | | Danh gia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | dx(mm) | dy(mm) | dp(mm) | Evaluation |
| 1 | T4 | -2.4 | -0.7 | 2.5 | OD-Stable |
| 2 | T12 | -0.8 | 0.8 | 1.1 | OD-Stable |
| 3 | T13 | 2.3 | 1.2 | 2.5 | OD-Stable |
| 4 | T15 | -0.5 | -1.4 | 1.5 | OD-Stable |
| 5 | T16 | -1.1 | -1.7 | 2.0 | OD-Stable |
| 6 | T17 | 2.6 | 1.9 | 3.2 | OD-Stable |

Do lech gioi han-limited deviation: 4.5(mm)

*Bảng 6: Kết quả tìm điểm chuyển dịch theo kiểm nghiệm Tau*

| STT ORD | TEN DIEM POINT NAME | Do lech-Differrence | | | tau-Distribution | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | dx(mm) | dy(mm) | dp(mm) | tau | KL-Conclus |
| 1 | T4 | -0.4 | -0.0 | 0.4 | 0.5271 | OD-Stable |
| 2 | T12 | 0.0 | 0.6 | 0.6 | 0.8959 | OD-Stable |
| 3 | T13 | 4.0 | 2.7 | 4.8 | 4.1144 | KOD-Unstab |
| 4 | T15 | -0.0 | -1.0 | 1.0 | 1.3178 | OD-Stable |
| 5 | T16 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.7338 | OD-Stable |
| 6 | T17 | 3.2 | 4.6 | 5.6 | 3.4655 | KOD-Unstab |

Giới hạ chỉ số Tau-Distribution max (afa 0.05; 95%): 1.6491

Các mô hình còn lại được xử lý tương tự, bảng 7 trình bày kết quả tổng hợp phân tích chuyển dịch điểm lưới cơ sở 6 mô hình.

*Bảng 7: Bản tổng hợp tìm điểm lưới cơ sở chuyển dịch*

| Mô hình | Tên điểm | Phương pháp độ lệch giới hạn (Smax=4.5mm) | | Phương pháp kiểm nghiệm Tau (Tau max = 1.6491) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $Q_P$ (mm) | Kết quả | Tau | $Q_P$ (mm) | Kết quả |
| 1 | T13 | 2.9 | Không phát hiện | 3.0627 | 3.5 | Phát hiện |
| 2 | T13 | 4.1 | Không phát hiện | 4.5352 | 5.2 | Phát hiện |
| 3 | T13 | 2.5 | Không phát hiện | 4.1144 | 4.8 | Phát hiện |
| | T17 | 3.2 | Không phát hiện | 3.4655 | 5.6 | Phát hiện |
| 4 | T13 | 4.0 | Không phát hiện | 4.3188 | 5.2 | Phát hiện |
| | T15 | 6.5 | Phát hiện | 5.4516 | 5.9 | Phát hiện |
| 5 | T12 | 1.9 | Không phát hiện | 1.5034 | 1.0 | Không phát hiện |
| | T15 | 1.2 | Không phát hiện | 0.6411 | 0.5 | Không phát hiện |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | T17 | 3.8 | Không phát hiện | 3.9068 | 6.2 | Phát hiện |
| 6 | T12 | 4.4 | Không phát hiện | 3.6773 | 5.3 | Phát hiện |
| | T15 | 6.8 | Phát hiện | 4.6443 | 6.2 | Phát hiện |
| | T17 | 2.2 | Không phát hiện | 1.6337 | 1.1 | Không phát hiện |

## 4. Thảo luận về kết quả phân tích

### *4.1 Phương pháp độ lệch giới hạn*

a- Mô hình 1 không phát hiện được do chuyển dịch của điểm nhỏ hơn độ lệch giới hạn.

b- Với các mô hình 2 đến 4, chỉ phát hiện được 1 điểm chuyển dịch của mô hình 4, điều này có thể thấy được từ bản chất của bài toán bình sai. Sau khi loại bỏ điểm chuyển dịch, sai số lại dồn về cho điểm này nên điểm chuyển dịch cùng một lượng với nó có sai số giảm đi, so với độ lệch giới hạn nhỏ hơn nên không phát hiện được.

c- Với mô hình 5 và 6, số lượng điểm chuyển dịch là một nửa điểm lưới cơ sở, do vậy theo lý thuyết các điểm không chuyển dịch có thể bị "nhận nhầm" thành điểm lưới chuyển dịch. Thực tế sau khi xử lý, chỉ phát hiện được 1 điểm chuyển dịch của mô hình 6.

### *4.2 Phương pháp kiểm nghiệm Tau*

a- Các điểm chuyển dịch từ mô hình 1 đến mô hình 4 đều phát hiện ra. Có thể thấy rằng về lý thuyết, kiểm nghiệm thống kê sẽ loại bỏ các điểm có độ lệch lớn hơn 2 đến 3 lần sai số đầu vào (sai số đo cạnh). Ở đây các điểm chuyển dịch đều có độ lệch lớn hơn 2.5 lần.

b- Cũng như phương pháp độ lệch giới hạn, mô hình 5 và mô hình 6 khi kiểm nghiệm cũng không phát hiện được hết do không đủ cơ sở để khẳng định khi bị "nhận nhầm".

c- Hạn chế của phương pháp là điểm chuyển dịch phát hiện ra vẫn nằm trong giới hạn cho phép.

## 5. Kết luận

- Phương pháp kiểm nghiệm Tau có thể phát hiện điểm chuyển dịch lớn hơn 2 lần trở lên sai số đầu vào khi xử lý số liệu.

- Sử dụng kiểm nghiệm Tau để phát hiện điểm không ổn định trong lưới có cơ sở toán học chặt chẽ, tuy nhiên cần xem xét đến phân bố sai số của điểm lưới có theo quy luật không.

- Cần lưu ý đến sai số giới hạn cho phép trong quan trắc công trình khi sử dụng phương pháp này.

## Tài liệu tham khảo

1. Tiêu chuẩn quốc gia 9399:2012. Nhà và công trình xây dựng - xác định chuyển dịch ngang bằng phương pháp trắc địa.

2. Zhang Zhenglu, Shen Feifei, Kong Ning, Lu Lingyan, 2011. Một phương pháp xác định độ ổn định điểm lưới cơ sở quan trắc biến dạng đường hầm tàu điện ngầm. Khoa học Trắc hội, 4, tiếng Trung Quốc.

3. Phạm Quốc Khánh, 2012. Ứng dụng phương pháp Pelzer kiểm nghiệm độ ổn định điểm lưới cơ sở trong quan trắc biến dạng công trình. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ- Địa chất, số 38.

4. Phạm Quốc Khánh, 2021. Xử lý số liệu quan trắc và dự báo biến dạng công trình. *NXB Khoa học kỹ thuật.* ISBN: 978-604-67-1857-4.

5. Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc, 2010. Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình.

*NXB Giao thông vận tải*

6. Pelzer H. *Zur Behandlung Singularer Ausgleichungsaufgaben*. z.f.v.(5), (11) 1974.

7. R.E. Deakin, M.N. Hunter, 2018. Tau Distribution and testing residuals. Notes on Least Squares, Geospatial Science, School of Mathematical and Geospatial Science, RMIT University. http://www.mygeodesy.id.au/least-squares/ (accessed 31-Aug-2017).

8. Huang Shengxiang, Yin Hui, Jiang Zheng, (2013). Xử lý số liệu quan trắc biến dạng. *Nhà xuất bản Đại học Vũ Hán, tiếng Trung Quốc.*

## ABSTRACT

## PROPOSAL OF THE NEW METHOD FOR FINDING THE UNSTABLE BENCHMARKS IN STRUCTURAL DISPLACEMENT MONITORING

**Quoc Khanh Pham[1], Trung Anh Tran[1], Thi KimThanh Nguyen[1]**

*Hanoi university of Mining and Geology*

*Corresponding author: phamquockhanh@humg.edu.vn*

The most important signification of assessing and analyzing the stability of benchmarks in structural displacement monitoring is determination of the stable benchmarks for calculating the real displacement value. In Vietnam, at present, the used main method is the standard deviation that based on the monitoring accuray requirement, but statistical test is often used in the world. The article studies on theory of statistical test Tau, then applies for determining the unstable benchmark of the base network in structural displacement monitoring. Experiment was conducted for some different models of base network including six points at Hoa Binh hydroelectric. The achieved results are reliable because in almost of experimental cases, unstable benchmarks were found, except for the situation that the number of unstable benchmarks are equal to the number stable unstable benchmarks, this is suitable to reality. The disadvantage of this method is able to list the points even belonging to the displacement limit to be unstable points.

*Keywords:* Displacement monitoring; Finding the unstable benchmarks; The base network; Hoa Binh hydroeletricity.

# GIẢI PHÁP XỬ LÝ SỐ LIỆU ĐO BẰNG MỘT SỐ THIẾT BỊ CẢM BIẾN TRONG QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH NGANG CÔNG TRÌNH

**Lương Ngọc Dũng[1], Trần Đình Trọng[1], Nguyễn Đình Huy[1], Dương Công Hiếu[2], Bùi Duy Quỳnh[1], Vũ Đình Chiều[1], Hà Thị Hằng[1]**
*[1] Trường Đại học Xây dựng Hà Nội*
*[2] Viện công nghệ trắc địa xây dựng*
*Tác giả liên hệ: dungln@nuce.edu.vn*

**Tóm tắt:** Giải pháp quan trắc chuyển dịch ngang bằng các thiết bị cảm biến đã được áp dụng nhiều ở Việt Nam trong những năm gần đây. Tuy nhiên các phương pháp này chưa được quy định trong những tiêu chuẩn kỹ thuật quan trắc ở Việt Nam. Việc sử dụng các thiết bị cảm biến để quan trắc chuyển dịch ngang có những nguyên lý xử lý số liệu khác nhau, phụ thuộc nhiều vào nguyên lý chế tạo thiết bị của các hãng sản xuất. Không nắm rõ nguyên tắc xử lý, tính toán bằng phần mềm chuyên dụng và cơ chế hoạt động thiết bị của các hãng có thể dẫn tới việc xử lý dữ liệu quan trắc bị nhầm lẫn. Bài viết này hướng tới mục tiêu làm rõ nguyên lý tính toán quan trắc chuyển dịch ngang của các thiết bị Geokon, Geoslope. Mặt khác đề xuất giải pháp xử lý số liệu quan trắc chuyển dịch ngang phù hợp với đặc thù các công trình xây dựng ở Việt Nam.

**Từ khóa:** Quan trắc chuyển dịch ngang, thiết bị Inclinometer, nguyên lý đo ngang Inclinometer, GeoKon, GeoSlope.

## 1. Đặt vấn đề

Trong công tác quan trắc chuyển dịch ngang công trình, phương pháp quan trắc bằng cảm biến Inclinometer đã chứng minh được sự thuận lợi đối với các mặt bằng công trường thiếu không gian trong đô thị. Bên cạnh đó phương pháp Inclinometer còn khẳng định được những ưu điểm về năng suất lao động, hiệu quả kinh tế và đáp ứng được các yêu cầu về kỹ thuật của công tác quan trắc chuyển dịch ngang.

Phương pháp Inclinometer được áp dụng trên thế giới từ những năm 50 thế kỷ trước cho việc quan trắc chuyển dịch ngang trượt lở đất [1], dịch chuyển ngang của các lớp địa chất chịu áp lực [2], mái dốc, mái taluy, đập thủy lợi, thủy điện, công trình bảo vệ bờ… Có thể thấy được đối tượng áp dụng phương pháp quan trắc chuyển dịch ngang Inclinometer là rất đa dạng. Tuy nhiên ở Việt Nam trong những năm gần đây, ứng dụng quan trắc chuyển dịch ngang Inclinometer tập trung chủ yếu đến đối tượng tường vây trong quá trình thi công đào đất tầng hầm nhà cao tầng hoặc các công trình ngầm.

Phương pháp quan trắc chuyển dịch ngang Inclinometer (CDN-Inclino) ở Việt Nam hiện nay được thường thực hiện bằng thiết bị của các hãng GeoSlope, Geokon và một số hãng máy của Hàn Quốc, Trung Quốc. Mỗi thiết bị này được chế tạo với các thông số máy khác nhau và các hãng cũng sẽ cung cấp các phương tiện tính toán phù hợp cho thiết bị của mình. Điều này

đã gây ra nhiều sai sót, nhầm lẫn cho người dùng khi áp dụng chương trình tính toán của hãng này để tính toán số liệu quan trắc từ thiết bị của hãng khác. Thực tế sản xuất ở Việt Nam hiện nay hầu hết các kỹ sư quan trắc công trình đều thực hiện việc tính toán theo kinh nghiệm truyền miệng mà chưa có cơ sở lý thuyết cũng như sự kiểm chứng tính phù hợp của việc tính toán đối với số liệu đầu vào.

Bên cạnh công tác tính toán các yếu tố quan trắc chuyển dịch ngang Inclinometer, một điều khác cũng cần quan tâm là việc biểu diễn kết quả quan trắc. Việc ứng dụng các công cụ tính toán của các hãng nước ngoài mà chưa hiểu rõ nguyên lý, cách thức áp dụng cũng đã gây ra một số những thiếu sót trên các biểu đồ biểu diễn kết quả. Từ những thực tiễn trên việc cần có một công cụ tính toán, xử lý, biểu diễn số liệu quan trắc là cần thiết, nó giúp cho công tác xử lý số liệu quan trắc công trình hạn chế được các nhầm lẫn khi xử lý thủ công, hỗ trợ việc biên tập tự động các bảng biểu cho quá trình viết thuyết minh, báo cáo quan trắc chuyển dịch ngang.

## 2. Nguyên lý tính toán

### *2.1. Phương pháp tính toán của GeoSlope*

Đối với phương pháp này, kết quả được hiển thị trên thiết bị thu tín hiệu và kết xuất ra không phải là góc nghiêng hay độ lệch của ống quan trắc. Giá trị đó phụ thuộc vào góc nghiêng của ống và hằng số quan trắc, được biểu diễn theo công thức (1)

$$D_i = IC.\sin\theta_i \quad (1)$$

Trong đó: $D_i$ - Giá trị đo tại mỗi vị trí; IC - Hằng số quan trắc của thiết bị đo chuyển dịch ngang.

Trong phép đo hai phương, kết quả có được là giá trị trung bình cho mỗi vị trí đo sau hai lần đo. Lần đo đầu quy ước hướng "$0^0$" và lần đo thứ hai là "$180^0$" khi đảo chiều đầu dò. Phép đo hai trục này cho phép phát hiện ra những sai số hệ thống thông qua giá trị kiểm tra, giá trị kiểm tra này là tổng đại số giá trị đo theo hai phương "$0^0$" và "$180^0$" cho mỗi vị trí đo, về mặt lý thuyết giá trị này phải bằng 0. Để giảm trừ sai số hệ thống này của phép đo (nếu trong phạm vi giới hạn cho phép), giá trị đo tại mỗi vị trí được tính bằng trị trung bình giá trị hai phương "$0^0$" và "$180^0$".

$$D_i = \frac{A_0 - A_{180}}{2} \quad (2)$$

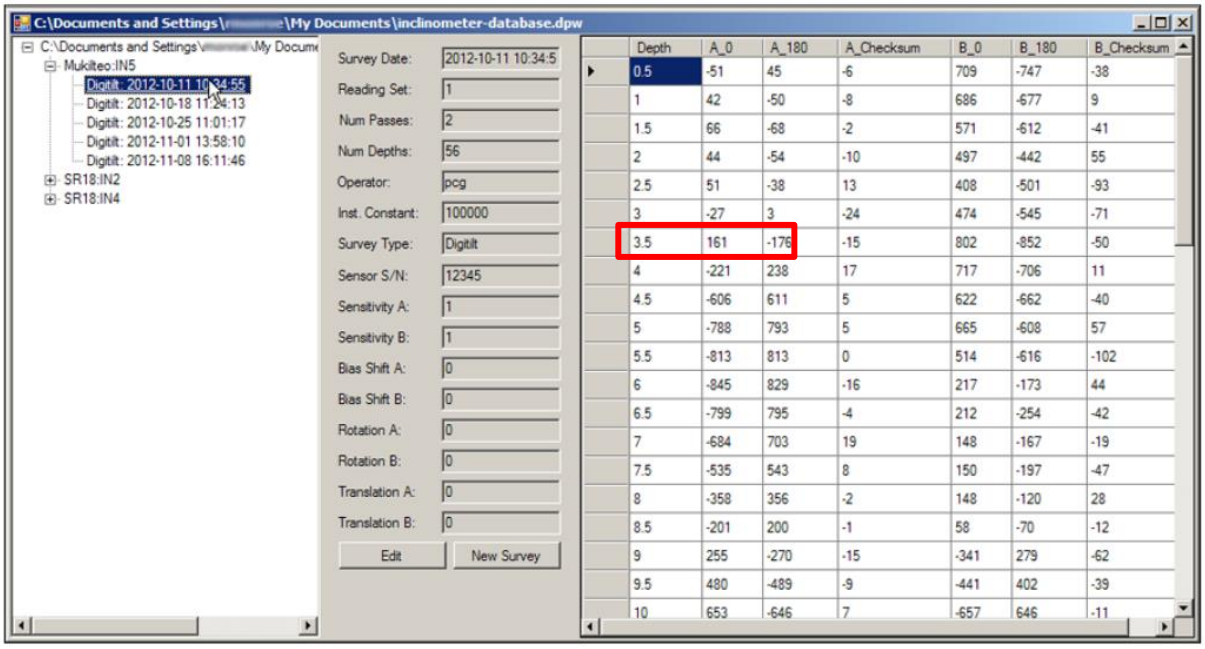
Trong đó: $A_0$ - giá trị đo theo phương "$0^0$" của trục A và $A_{180}$ - giá trị đo theo phương "$180^0$" của trục A.

Trong 2 lần đo sẽ cho ta số đọc hướng $A_0$ và $A_{180}$ có giá trị ngược chiều nhau. Như vậy từ nguyên lý ở công thức (1) và số liệu hiển thị ở công thức (2) cho chúng ta giá trị độ lệch ngang theo chiều sâu của ống dẫn hướng theo mỗi trục của từng vị trí đo với đơn vị mét được biểu diễn theo công thức (3).

$$d_i = L.sin\theta_i = L.\frac{D}{IC} = L.\frac{A_0 - A_{180}}{2.IC} \quad (3)$$

Ví dụ tính toán với số liệu quan trắc ở độ sâu 3.5m, Hình 1, theo hướng dẫn tính toán của

thiết bị Digitilt DataMate II [3] với hằng số thiết bị IC = 25000 (tính theo đơn vị hệ mét) và chiều dài đầu dò quan trắc L = 500 mm. Áp dụng công thức (3) chúng ta có thể tính được độ lệch ngang tức thời có số đọc $A_0$ = 161 và $A_{180}$ = -176 là $d_i$ = 3.37 mm.




*Hình 1. Số liệu quan trắc hiển thị trong phần mềm Digipro-2 của hãng GeoSlope [5]*

### *2.2. Phương pháp tính toán của Geokon*

Theo hướng dẫn đối với thiết bị GK-604D của hãng GeoKon [6], bộ phận đầu dò bao gồm 2 cảm biến gia tốc kế, ở mỗi vị trí chiều sâu quan trắc một gia tốc kế giúp chúng ta thu được trực tiếp các số đọc A+, A- khi các bánh xe dẫn hướng đầu dò chạy trong mặt phẳng A. Đồng thời gia tốc kế còn lại cho chúng ta số đọc nội suy B+, B- của mặt phẳng trục B. Các đơn vị số đọc này được gọi là Volout, đây là giá trị tín hiệu điện và nó có mối quan hệ với giá trị độ lệch ngang được thể hiện trong các công thức (4).

$$S_A = \frac{(A+)-(A-)}{2}, S_B = \frac{(B+)-(B-)}{2} \quad (4)$$

Trong đó: A+, B+ là số đọc của hướng $A_0$ và $B_0$; A-, B- là số đọc của hướng $A_{180}$ và $B_{180}$; $S_A$, $S_B$: là giá trị trung bình số đọc theo 2 hướng "0" và "180".

Giá trị độ lệch ngang được tính theo công thức (5).

$$C_A = S_A \times M \times RINT$$
$$C_B = S_B \times M \times RINT \quad (5)$$

Trong đó: M là giá trị hằng số thiết bị, bằng 0.05 ứng với giá trị chuyển dịch ngang đơn vị millimet và bằng 0.005 ứng với giá trị chuyển dịch ngang đơn vị centimet; RINT là đoạn đọc số tuyệt đối (khoảng cách giữa 2 điểm đo liền nhau), giá trị này bằng 0.5m; $C_A$, $C_B$: Giá trị độ lệch ngang, chưa xét đến yếu tố góc định hướng.

Trong Hình 2 là ví dụ về số liệu thô đo được của một ống quan trắc có độ sâu 30 m.

Hole Survey Raw Data Report

Project Name: myHoles
Hole Name: newHole
Top Elevation: 186.6

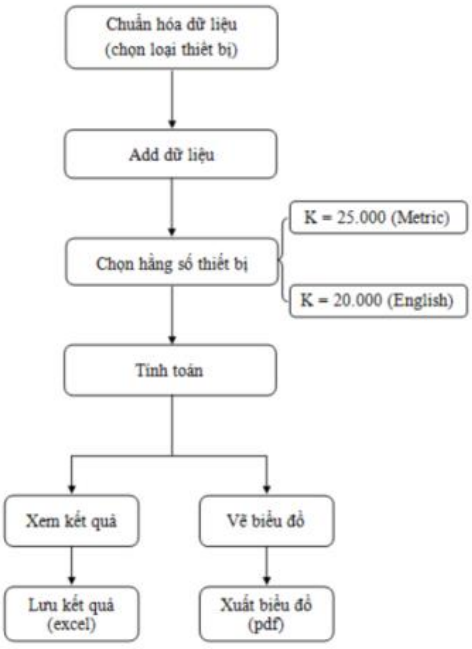
File Name: newHole_001.gkn
Reading Date: 01/02/13
Reading Time: 14:32:13
Probe Name: testProbe

| Level (m) | A+ (dig.) | A- (dig.) | B+ (dig.) | B- (dig.) | Elev. (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 564 | -600 | -361 | 300 | 186.1 |
| 1 | 559 | -599 | -359 | 298 | 185.6 |
| 1.5 | 608 | -643 | -412 | 357 | 185.1 |
| 2 | 647 | -680 | -413 | 356 | 184.6 |
| 2.5 | 686 | -721 | -407 | 359 | 184.1 |
| 25.5 | 1042 | -1075 | -415 | 366 | 161.1 |
| 26 | 1037 | -1075 | -376 | 326 | 160.6 |
| 26.5 | 1046 | -1078 | -348 | 288 | 160.1 |
| 27 | 1034 | -1068 | -316 | 265 | 159.6 |
| 27.5 | 1014 | -1050 | -318 | 263 | 159.1 |
| 28 | 995 | -1048 | -337 | 278 | 158.6 |
| 28.5 | 945 | -978 | -331 | 276 | 158.1 |
| 29 | 946 | -981 | -346 | 290 | 157.6 |
| 29.5 | 945 | -985 | -377 | 315 | 157.1 |
| 30 | 1013 | -1052 | -380 | 320 | 156.6 |

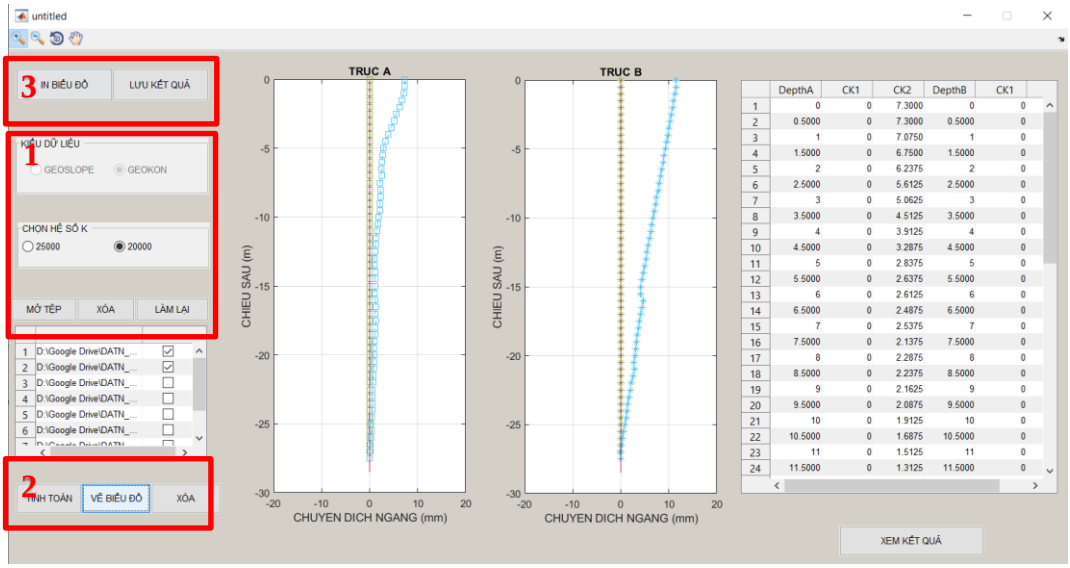
*Hình 2. Số liệu quan trắc thu được từ thiết bị GK-604D của hãng GeoKon [6]*

Áp dụng tính toán cho số liệu đo ở độ sâu 30m, chúng ta có các giá trị số đọc hướng A+ = 1013 và hướng A- = -1052, tính toán làm tròn theo công thức (4), được giá trị $S_A$ = 1033. Tiếp tục áp dụng công thức (5) để tính toán giá trị độ lệch ngang cục bộ ở độ sâu 30m theo đơn vị centimet ta có $C_A$ = 1033 x 0.005 x 0.5 = 2.58 cm. Nếu tính theo đơn vị millimet $C_A$ = 1033 x 0.05 x 0.5 = 25.8 mm.

## 3. Giải pháp xử lý số liệu quan trắc chuyển dịch ngang




*Hình 3. Sơ đồ khối chương trình ICT*




*Hình 4. Giao diện chính của chương trình ICT*

Dựa trên các phương pháp tính toán chúng tôi xây dựng chương trình ICT bằng Matlab để thực hiện tính toán, biểu diễn số liệu cho hai dòng thiết bị Geoslope và Geokon.

Chương trình ICT được xây dựng theo sơ đồ khối, Hình 3. Giao diện và các chức năng cơ bản của chương trình ICT được thể hiện ở Hình 4 bao gồm 3 khối chức năng cơ bản: 1) Lựa chọn dạng dữ liệu đầu vào phù hợp với phương pháp tính; 2) Tính toán, vẽ biểu đồ giá trị chuyển dịch ngang và 3) Xuất dữ liệu đầu ra (gồm bảng biểu và biểu đồ).

Thực nghiệm việc tính toán, biểu diễn cho số liệu quan trắc thực tế bằng thiết bị GeoKon GK-604D của một ống quan trắc trong 2 chu kỳ, Bảng 1. Kết quả tính bằng chương trình ICT sẽ lần lượt được so sánh với kết quả của chương trình DigiPro2 (theo phương pháp của GeoSlope) và kết quả tính bằng phần mềm Microsoft Excel (cho phương pháp GeoKon).

*Bảng 1. Số liệu chu kỳ đầu (30/12/2016) và chu kỳ 2 (20/01/2017) ống ICL2*

| | |
|---|---|
| *** | *** |
| GK | GK |
| 604M(v1.3.0.8,02/17);2.0;FORMAT | 604M(v1.3.0.8,02/17);2.0;FORMAT |
| II | II |
| PROJECT :165xd | PROJECT :165xd |
| HOLE NO. :ICL2 | HOLE NO. :ICL2 |
| DATE :12/30/16 | DATE :1/20/17 |
| TIME :9:19:53 | TIME :10:29:53 |
| PROBE NO.:1609783 | PROBE NO.:1609783 |
| FILE NAME:i2_001.gkn | FILE NAME:i2_002.gkn |
| #READINGS:57 | #READINGS:57 |
| FLEVEL, A+, A-, B+, B- | FLEVEL, A+, A-, B+, B- |
| 27.5, 677, -733, 758, -742 | 27.5, 681, -734, 769, -753 |
| 27.0, 651, -705, 739, -744 | 27.0, 655, -709, 749, -722 |
| 26.5, 635, -689, 721, -680 | 26.5, 639, -693, 731, -690 |

| | |
|---|---|
| 26.0, 631, -691, 729, -687 | 26.0, 633, -693, 739, -696 |
| 25.5, 611, -672, 727, -690 | 25.5, 615, -677, 737, -700 |
| 25.0, 522, -644, 722, -688 | 25.0, 521, -642, 732, -698 |
| 24.5, 582, -635, 775, -734 | 24.5, 586, -639, 785, -744 |
| 24.0, 564, -620, 734, -689 | 24.0, 567, -623, 744, -689 |
| 23.5, 550, -602, 625, -579 | 23.5, 554, -606, 633, -589 |
| 23.0, 515, -578, 437, -426 | 23.0, 512, -575, 447, -436 |
| 22.5, 472, -530, 191, -202 | 22.5, 475, -533, 201, -212 |
| 22.0, 426, -498, -102, 63 | 22.0, 432, -504, -92, 53 |
| 21.5, 403, -460, -514, 534 | 21.5, 402, -459, -504, 514 |
| 21.0, 370, -428, -749, 782 | 21.0, 374, -432, -739, 772 |
| 20.5, 332, -382, -930, 941 | 20.5, 332, -383, -920, 961 |
| 20.0, 287, -333, -1026, 1060 | 20.0, 291, -337, -1016, 1049 |
| 19.5, 258, -309, -1027, 1039 | 19.5, 255, -306, -1017, 1039 |
| 19.0, 216, -292, -920, 955 | 19.0, 221, -297, -910, 950 |
| 18.5, 214, -271, -701, 732 | 18.5, 219, -276, -691, 729 |
| 18.0, 165, -221, -541, 581 | 18.0, 166, -222, -532, 572 |
| 17.5, 87, -149, -368, 408 | 17.5, 93, -155, -358, 398 |
| 17.0, 37, -92, -211, 248 | 17.0, 30, -85, -201, 238 |
| 16.5, -32, -17, -74, 114 | 16.5, -25, -24, -64, 104 |
| 16.0, -67, 18, 31, -5 | 16.0, -71, 22, 41, -15 |
| 15.5, -110, 57, 122, -88 | 15.5, -115, 62, 98, -73 |
| 15.0, -116, 63, 98, -61 | 15.0, -116, 62, 98, -61 |
| 14.5, -115, 57, 122, -88 | 14.5, -113, 55, 132, -98 |
| 14.0, -90, 32, 162, -129 | 14.0, -92, 34, 172, -139 |
| 13.5, -52, 1, 193, -169 | 13.5, -56, 4, 203, -179 |
| 13.0, -19, -25, 194, -174 | 13.0, -17, -27, 207, -184 |
| 12.5, 29, -74, 179, -148 | 12.5, 33, -78, 189, -158 |
| 12.0, 80, -136, 164, -109 | 12.0, 84, -140, 174, -119 |
| 11.5, 160, -217, 128, -63 | 11.5, 163, -220, 138, -73 |
| 11.0, 229, -289, 83, -26 | 11.0, 237, -297, 94, -36 |
| 10.5, 301, -346, 46, 18 | 10.5, 308, -353, 56, 8 |
| 10.0, 319, -374, 33, 32 | 10.0, 328, -383, 43, 22 |
| 9.5, 330, -384, 36, -8 | 9.5, 337, -391, 46, -18 |
| 9.0, 331, -383, 102, -60 | 9.0, 334, -386, 112, -70 |
| 8.5, 320, -377, 163, -131 | 8.5, 323, -380, 173, -141 |
| 8.0, 321, -374, 223, -193 | 8.0, 323, -376, 233, -207 |
| 7.5, 346, -402, 287, -258 | 7.5, 340, -396, 297, -268 |
| 7.0, 320, -367, 332, -308 | 7.0, 336, -383, 342, -318 |
| 6.5, 295, -351, 388, -339 | 6.5, 293, -349, 398, -349 |
| 6.0, 312, -371, 399, -353 | 6.0, 317, -376, 409, -363 |

| | |
|---|---|
| 5.5, 329, -385, 416, -363 | 5.5, 330, -386, 426, -373 |
| 5.0, 319, -372, 422, -379 | 5.0, 327, -380, 432, -389 |
| 4.5, 311, -369, 411, -354 | 4.5, 329, -387, 421, -364 |
| 4.0, 280, -325, 415, -368 | 4.0, 305, -350, 425, -378 |
| 3.5, 231, -300, 334, -286 | 3.5, 255, -324, 344, -296 |
| 3.0, 232, -290, 144, -101 | 3.0, 254, -312, 154, -111 |
| 2.5, 211, -263, -54, 41 | 2.5, 233, -285, -44, 31 |
| 2.0, 189, -248, -243, 240 | 2.0, 214, -273, -233, 230 |
| 1.5, 156, -215, -358, 393 | 1.5, 177, -235, -348, 383 |
| 1.0, 121, -192, -446, 508 | 1.0, 134, -205, -436, 498 |
| 0.5, 115, -174, -490, 559 | 0.5, 124, -183, -480, 549 |
| 0.0, -734, NaN, -753, NaN | 0.0, -734, NaN, -753, NaN |

So sánh kết quả tính chuyển dịch ngang với số liệu đo lần thứ 2 (ngày 20/01/2017) bằng phần mềm DigiPro2 và chương trình ICT cho thấy giá trị chênh lệch là một hằng số 0.05 mm xuất hiện ở tất cả các vị trí độ sâu, được thể hiện trong Bảng 2. Sai lệch này có nguyên nhân từ việc làm tròn số trong quá trình tính toán của các chương trình và nó được đánh giá là có thể bỏ qua khi so sánh với sai số hệ thống của thiết bị GK-604D là 3mm/30m [6].

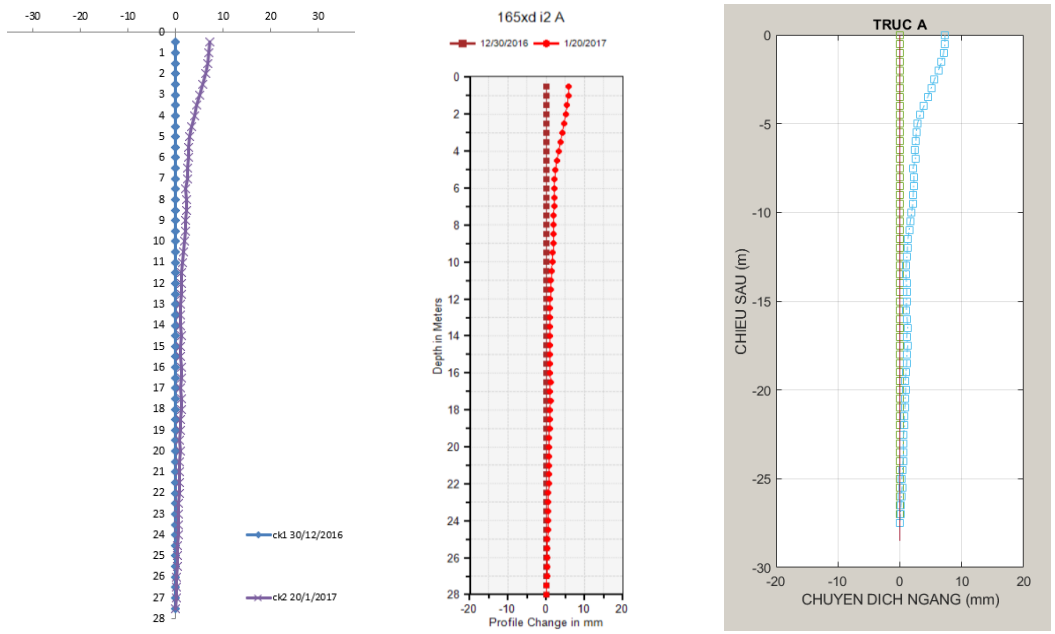
*Bảng 2. So sánh kết quả tính toán giữa chương trình ICT với DigiPro2 và Excel*

| Chiều sâu (m) | Phương pháp tính GeoSlope (mm) | | | Phương pháp tính GeoKon (mm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ICT | DigiPro2 | Chênh lệch | ICT | Excel | Chênh lệch |
| 0.5 | 5.84 | 5.89 | 0.05 | 7.30 | 7.30 | 0.00 |
| 1 | 5.66 | 5.71 | 0.05 | 7.08 | 7.07 | 0.00 |
| 1.5 | 5.40 | 5.45 | 0.05 | 6.75 | 6.75 | 0.00 |
| 2 | 4.99 | 5.04 | 0.05 | 6.24 | 6.24 | 0.00 |
| 2.5 | 4.49 | 4.54 | 0.05 | 5.61 | 5.61 | 0.00 |
| 3 | 4.05 | 4.10 | 0.05 | 5.06 | 5.06 | 0.00 |
| 3.5 | 3.61 | 3.66 | 0.05 | 4.51 | 4.51 | 0.00 |
| 4 | 3.13 | 3.18 | 0.05 | 3.91 | 3.91 | 0.00 |
| 4.5 | 2.63 | 2.68 | 0.05 | 3.29 | 3.29 | 0.00 |
| 5 | 2.27 | 2.32 | 0.05 | 2.84 | 2.84 | 0.00 |
| 5.5 | 2.11 | 2.16 | 0.05 | 2.64 | 2.64 | 0.00 |
| 6 | 2.09 | 2.14 | 0.05 | 2.61 | 2.61 | 0.00 |
| 6.5 | 1.99 | 2.04 | 0.05 | 2.49 | 2.49 | 0.00 |
| 7 | 2.03 | 2.08 | 0.05 | 2.54 | 2.54 | 0.00 |
| 7.5 | 1.71 | 1.76 | 0.05 | 2.14 | 2.14 | 0.00 |
| 8 | 1.83 | 1.88 | 0.05 | 2.29 | 2.29 | 0.00 |
| 8.5 | 1.79 | 1.84 | 0.05 | 2.24 | 2.24 | 0.00 |
| 9 | 1.73 | 1.78 | 0.05 | 2.16 | 2.16 | 0.00 |
| 9.5 | 1.67 | 1.72 | 0.05 | 2.09 | 2.09 | 0.00 |
| 10 | 1.53 | 1.58 | 0.05 | 1.91 | 1.91 | 0.00 |
| 10.5 | 1.35 | 1.40 | 0.05 | 1.69 | 1.69 | 0.00 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 1.21 | 1.26 | 0.05 | 1.51 | 1.51 | 0.00 |
| 11.5 | 1.05 | 1.10 | 0.05 | 1.31 | 1.31 | 0.00 |
| 12 | 0.99 | 1.04 | 0.05 | 1.24 | 1.24 | 0.00 |
| 12.5 | 0.91 | 0.96 | 0.05 | 1.14 | 1.14 | 0.00 |
| 13 | 0.83 | 0.88 | 0.05 | 1.04 | 1.04 | 0.00 |
| 13.5 | 0.79 | 0.84 | 0.05 | 0.99 | 0.99 | 0.00 |
| 14 | 0.86 | 0.91 | 0.05 | 1.08 | 1.07 | 0.00 |
| 14.5 | 0.90 | 0.95 | 0.05 | 1.13 | 1.12 | 0.00 |
| 15 | 0.86 | 0.91 | 0.05 | 1.08 | 1.07 | 0.00 |
| 15.5 | 0.85 | 0.90 | 0.05 | 1.06 | 1.06 | 0.00 |
| 16 | 0.95 | 1.00 | 0.05 | 1.19 | 1.19 | 0.00 |
| 16.5 | 1.03 | 1.08 | 0.05 | 1.29 | 1.29 | 0.00 |
| 17 | 0.89 | 0.94 | 0.05 | 1.11 | 1.11 | 0.00 |
| 17.5 | 1.03 | 1.08 | 0.05 | 1.29 | 1.29 | 0.00 |
| 18 | 0.91 | 0.96 | 0.05 | 1.14 | 1.14 | 0.00 |
| 18.5 | 0.89 | 0.94 | 0.05 | 1.11 | 1.11 | 0.00 |
| 19 | 0.79 | 0.84 | 0.05 | 0.99 | 0.99 | 0.00 |
| 19.5 | 0.69 | 0.74 | 0.05 | 0.86 | 0.86 | 0.00 |
| 20 | 0.75 | 0.80 | 0.05 | 0.94 | 0.94 | 0.00 |
| 20.5 | 0.67 | 0.72 | 0.05 | 0.84 | 0.84 | 0.00 |
| 21 | 0.66 | 0.71 | 0.05 | 0.83 | 0.82 | 0.00 |
| 21.5 | 0.58 | 0.63 | 0.05 | 0.73 | 0.72 | 0.00 |
| 22 | 0.60 | 0.65 | 0.05 | 0.75 | 0.75 | 0.00 |
| 22.5 | 0.48 | 0.53 | 0.05 | 0.60 | 0.60 | 0.00 |
| 23 | 0.42 | 0.47 | 0.05 | 0.53 | 0.52 | 0.00 |
| 23.5 | 0.48 | 0.53 | 0.05 | 0.60 | 0.60 | 0.00 |
| 24 | 0.40 | 0.45 | 0.05 | 0.50 | 0.50 | 0.00 |
| 24.5 | 0.34 | 0.39 | 0.05 | 0.43 | 0.42 | 0.00 |
| 25 | 0.26 | 0.31 | 0.05 | 0.33 | 0.32 | 0.00 |
| 25.5 | 0.29 | 0.34 | 0.05 | 0.36 | 0.36 | 0.00 |
| 26 | 0.20 | 0.25 | 0.05 | 0.25 | 0.25 | 0.00 |
| 26.5 | 0.16 | 0.21 | 0.05 | 0.20 | 0.20 | 0.00 |
| 27 | 0.08 | 0.13 | 0.05 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| 27.5 | 0.00 | 0.05 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 28 | Non | 0 | | Non | Non | |

Do hãng GeoKon không cung cấp bản dùng thử cho chương trình SiteMaster 2018 [7] dùng để tính toán chuyển dịch ngang inclinometer nên chúng tôi thực hiện việc tính toán số liệu đo theo phương pháp GeoKon bằng phần mềm Microsoft Excel và so sánh kết quả với chương trình ICT. Bảng 2 cho chúng ta thấy kết quả tính bằng chương trình ICT tương đồng với tính toán của phần mềm Microsoft Excel.

Trong Hình 5 thể hiện biểu đồ chuyển dịch ngang của ống quan trắc ở lần đo thứ 2. Biểu đồ 5 (a) được trình bày bằng phần mềm Microsoft Excel, 5 (b) được trình bày bằng chương trình DigiPro2 của hãng thiết bị GeoSlope và 5 (c) được thể hiện bằng chương trình ICT. Về mặt hình dáng chúng ta có thể nhận thấy sự tương đồng, cho phép nhận biết chuyển dịch ngang theo chiều sâu của đối tượng quan trắc.




(a) (b) (c)

*Hình 5. Biểu đồ biểu diễn dịch chuyển ngang bằng (a) phần mềm Microsoft Excel, (b) chương trình DigiPro2 và (c) chương trình ICT*

## 4. Kết luận

Tìm hiểu nguyên lý tính toán, xử lý quan trắc chuyển dịch ngang Inclinometer của các hãng GeoSlope, GeoKon và tiến hành xây dựng chương trình ICT, chúng tôi có một số kết luận như sau:

Hai nguyên lý tính toán chuyển dịch ngang của hãng GeoSlope và GeoKon mặc dù vẫn tuân theo nguyên lý chung nhưng có một sự khác biệt rất lớn về hệ số bộ cảm biến và yếu tố góc định hướng dẫn đến việc cần chú ý trong quá trình tính toán, xử lý số liệu quan trắc với mỗi thiết bị tương ứng.

Chương trình ICT được xây dựng dựa trên nền tảng ngôn ngữ Matlab, rất thuận tiện cho việc biểu diễn số liệu dưới dạng biểu đồ. Chương trình ICT là một giải pháp có độ tin cậy khi tính toán, biểu diễn số liệu quan trắc chuyển dịch ngang Inclinometer của các hãng GeoSlope và GeoKon. Tuy nhiên đây mới chỉ là phiên bản đầu tiên nên chương trình ICT cũng còn một số hạn chế trong việc biểu diễn số liệu quan trắc so với các chương trình thương mại như DigiPro2; mặt khác chương trình ICT cũng chưa xử lý được số liệu đa dạng của các dòng thiết bị quan trắc chuyển dịch ngang Inclinometer.

### Tài liệu tham khảo

1. Simeoni, Lucia, and Luigi Mongiovì. “Inclinometer monitoring of the Castelrotto landslide in Italy.” *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering* 133.6 (2007): 653-666.

2. Green, Gordon E., and P. Erik Mikkelsen. “Deformation measurements with inclinometers.” *Transportation Research Record* 1169 (1988).

3. https://durhamgeo.com/pdf/manuals/digitilt-probe.pdf

4. https://www.geokon.com/content/manuals
5. https://durhamgeo.com/pdf/manuals/digipro-2-manual.pdf
6. https://www.geokon.com/content/manuals/GK-604D_Digital_Inclinometer_System.pdf
7. https://www.geokon.com/content/manuals/SiteMaster_2018_Inclinometer_Software.pdf

## ABSTRACT

# SOLUTION OF DATA PROCESSING FOR HORIZONTAL DISPLACEMENT MONITORING BY SENSORS

**Luong Ngoc Dung[1], Tran Đinh Trong[1], Nguyen Đinh Huy[1], Duong Cong Hieu[2], Bui Duy Quynh[1], Vu Đinh Chieu[1], Ha Thi Hang[1]**

*[1] National University of Civil Engineering*

*[2] Institute of Geodesy Engineering Technology*

*Corresponding author: dungln@.nuce.edu.vn*

Horizontal displacement monitoring solutions using sensors have been widely applied in Vietnam in recent years. However, these methods have not been specified in the technical standards for monitoring in Vietnam. The use of sensor devices to monitor horizontal movement has different data processing principles, depending heavily on the manufacturing principles of equipment manufacturers. Failure to understand the principles of processing and calculation by specialized software and the operating mechanism of equipment of manufacturers can lead to confused processing of monitoring data. This article aims to clarify the calculation principle of horizontal displacement monitoring of Geokon and Geoslope devices. On the other hand, propose solutions to handle horizontal displacement monitoring data suitable to the characteristics of construction works in Vietnam.

*Keywords*: Horizontal displacement monitoring, Inclinometer devices, principles of Inclinometer monitoring, GeoKon, GeoSlope.

# BƯỚC ĐẦU XÁC ĐỊNH CHUYỂN DỊCH CHO MỘT SỐ TRẠM CORS KHU VỰC MIỀN BẮC VIỆT NAM SỬ DỤNG PHẦN MỀM GAMIT/GLOBK

**Nguyễn Gia Trọng[1], Lương Thanh Thạch[2]**
**Nguyễn Hà Thành[3], Nguyễn Văn Cương[4], Phạm Ngọc Quang[1]**
*[1] Hanoi University of Mining and Geology*
*[2] Hanoi University of Natural Resources and Environment*
*[3] Vietnam Academy of Science and Technology*
*[4] Vietnam Administration of Sea and Island*
*Tác giả liên hệ: nguyengiatrong@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Xác định chuyển dịch mảng cũng như chuyển dịch của các đới đứt gãy là công việc cần được thực hiện thường xuyên góp phần xác định cũng như dự báo sự vận động của vỏ trái đất cũng như tai biến thiên tai. Mạng lưới trạm CORS ra đời có ưu điểm rất lớn trong công tác nghiên cứu xác định chuyển dịch mảng, đứt gãy đó là cung cấp dữ liệu đo một cách liên tục theo thời gian với chất lượng cao. Với dữ liệu thu được từ các trạm CORS trong một thời gian dài, sử dụng các mô hình toán học để phân tích các quy luật chuyển dịch cho phép xác định chính xác chuyển dịch của các điểm theo thời gian. Báo cáo giới thiệu kết quả bước đầu xác định chuyển dịch của các trạm CORS ở miền Bắc Việt Nam sử dụng phần mềm Gamit/Globk. Kết quả xác định chuyển dịch của báo cáo hoàn toàn phù hợp với kết quả xác định chuyển dịch của các công bố đã có. Các tác giả cũng kiến nghị xác định chuyển dịch của các điểm sử dụng chuỗi thời gian dài hơn và sử dụng các mô hình toán học để xác định các quy luật chuyển dịch cũng như sai số còn tồn tại trong kết quả xác định chuyển dịch xác định bằng các phần mềm xử lý số liệu GNSS.

**Từ khóa:** Bernese, Gamit/Globk, Plate tectonics, Crustal movement, GNSS processing, GNSS CORS

## 1. Đặt vấn đề

Quan trắc chuyển dịch bao gồm chuyển dịch mảng lục địa (Plate tectonics), quan trắc sụt lún bề mặt (Subsidence) và quan trắc chuyển dịch các công trình nhân tạo. Trong khuôn khổ báo cáo này, giới thiệu kết quả nghiên cứu xử lý số liệu được cung cấp bởi một số trạm GNSS CORS ứng dụng trong xác định chuyển dịch mảng lục địa cũng như quan trắc sụt lún bề mặt.

Để quan trắc chuyển dịch, từ những năm 1990, đã áp dụng phương pháp đo GNSS tương đối tĩnh truyền thống cho phép xác định lượng chuyển dịch một cách chính xác giữa hai thời điểm có thu tín hiệu vệ tinh [2]. Nhược điểm của phương pháp này đó là chỉ xác định được chuyển dịch giữa các thời điểm cụ thể mà không phản ánh được chuyển dịch mang tính chất chu kỳ như chuyển dịch hàng ngày, theo mùa, xu hướng chuyển dịch cũng như ảnh hưởng của các yếu tố gây nhiễu trong kết quả xác định chuyển dịch.

Phương pháp (công nghệ) trạm thu tín hiệu GNSS liên tục (CORS) ra đời vào năm 1995

[2] là một cuộc cách mạng mới trong ứng dụng tín hiệu của các vệ tinh GNSS. Với dữ liệu thu được từ các trạm CORS cho phép phân tích dữ liệu chuyển dịch theo chuỗi thời gian để xác định được các xu hướng chuyển dịch cũng như ảnh hưởng của các nguồn gây nhiễu đối với kết quả xác định chuyển dịch.

Có hai phương pháp xử lý số liệu GNSS độ chính xác cao được ứng dụng trong xác định lượng chuyển dịch đó là phương pháp định vị tuyệt đối chính xác (PPP) và xử lý số liệu định vị tương đối độ chính xác cao sử dụng các phần mềm chuyên dụng (khoa học) như Bernese, Gamit/Globk, Gipsy-Oasis …

Sử dụng các phần mềm Bernese [22], Gamit/Globk [21] cho phép xác định chuyển dịch dựa trên bộ dữ liệu đo GNSS theo chuỗi thời gian (time series). Gino Dardanelli và những người khác [9] đã xử lý số liệu mạng lưới trạm CORS của Đại học Palermo giai đoạn 2008 - 2012 sử dụng phần mềm Gamit/Globk và phần mềm Bernese. Cũng với mục đích xác định chuyển dịch dựa vào công nghệ GNSS, Stephane Mazzotti [14] đã so sánh kết quả được tính bằng các phần mềm khác nhau cho các trạm thu có điều kiện thu tín hiệu khác nhau.

Để có thể xác định giá trị sụt lún bề mặt, đòi hỏi phải có công nghệ cho phép xác định lượng chuyển dịch trên cả vùng nghiên cứu (khảo sát). Để thực hiện được nội dung công việc này, công nghệ GNSS được sử dụng nhằm nâng cao độ chính xác xác định lượng chuyển dịch xác định được [20].

Kết quả xác định chuyển dịch theo chuỗi thời gian cho phép thể hiện các giá trị chuyển dịch bất thường do các nguyên nhân khác nhau. Rimvydas Baniulis và những người khác [8] đã sử dụng phần mềm Bernese 5.2 để xử lý số liệu thu được từ mạng lưới 30 trạm CORS phủ trùm lãnh thổ Lithuania trong giai đoạn 2007 - 2015. Các giá trị tọa độ thu được khi xử lý bằng Bernese được phân tích sử dụng chương trình con GITSA viết bằng ngôn ngữ Matlab và mô đun FODITS của phần mềm Bernese. Qua phân tích, đã xác định được 108 giá trị chuyển dịch vượt ra ngoài quy luật chung.

Có nhiều nghiên cứu sử dụng các mô hình toán học nhằm phân tích quy luật chuyển dịch theo các xu thế khác nhau. Nguyễn Ngọc Lâu và các tác giả [12] sử dụng phương pháp PPP để xử lý số liệu thu bởi một số trạm CORS được quản lý bởi công ty cung cấp thiết bị trắc địa Tường Anh nhằm xác định chuyển dịch mảng tại Việt Nam giai đoạn 2016 - 2018. Để xác định chuyển dịch theo chuỗi thời gian, các tác giả sử dụng hàm của các yếu tố như lượng chuyển dịch ban đầu, chu kỳ, pha khởi đầu và góc nghiêng. Kết quả tính thực nghiệm ở đây có so sánh với kết quả xác định chuyển dịch sử dụng phần mềm Bernese với độ lệch 2,3mm về hướng Bắc và 6,5mm về hướng Đông.

İsmail ŞANLIOĞLU đã phân tích dữ liệu các trạm thường trực của IGS trên lãnh thổ Thổ Nhĩ Kỳ sử dụng hai mô hình toán học là mô hình tự động hồi quy (autoregressive) và mô hình tự động hồi quy dịch chuyển trung bình (autoregressive moving average) là các phương pháp tuyến tính theo chuỗi thời gian. Các hàm số trên biểu diễn được chuyển dịch theo các yêu tố như xu hướng theo chuỗi thời gian dài, chuyển dịch theo chu kỳ, chuyển dịch theo mùa cũng

như là các tác động của sai số ngẫu nhiên và sai số hệ thống trong giá trị chuyển dịch xác định được [17].

Trong nghiên cứu chuyển dịch, việc lựa chọn mô hình toán học để phân tích phụ thuộc vào tốc độ chuyển dịch thực tế. Tác giả Christine Masson và những người khác [13] sử dụng các phân tích thống kê theo chuỗi thời gian của vị trí để ước tính độ chính xác có thể của vận tốc chuyển dịch bằng công nghệ GPS. Chuỗi thời gian tổng hợp biểu diễn khoảng cách đại diện cho độ nhiễu, chuyển dịch theo mùa và xu hướng chuyển dịch chung. Với kết quả tính toán sử dụng phương pháp cây hồi quy, các tác giả đưa ra khuyến cáo về chuỗi thời gian cần thiết để xác định trong trường hợp vận tốc chuyển dịch nhỏ.

Không sử dụng các giá trị chuyển dịch trực tiếp để phân tích quy luật chuyển dịch, Engin Gülal [11] đã sử dụng giá trị chuyển dịch gián tiếp trong đó giá trị chuyển dịch của thời điểm đang xét có liên quan tới lượng chuyển dịch của hai thời điểm liền kề được xác định bằng phần mềm Gamit/Globk. Tác giả đã xử lý dữ liệu đo 788 ngày của 20 trạm CORS và phát hiện 19/20 trạm chuyển dịch với tốc độ 21.7mm/năm. Kết quả xác định đó nhất quán với chuyển dịch mảng của khu vực nghiên cứu. Trong nghiên cứu này đã phân tích các thành phần mang tính định kỳ như chuyển động hàng ngày, hàng tháng, theo mùa, và thậm chí hai năm 1 lần do ảnh hưởng của khí quyển, tải lượng hải văn, khí hậu và các tác động khác.

Xác định chính xác lượng chuyển dịch ngoài mục tiêu phục vụ nghiên cứu tai biến thiên tai còn được ứng dụng trong xây dựng các hệ quy chiếu (khung quy chiếu) hiện đại. Các tác giả [10] đã trình bày một phương án lựa chọn để thiết lập hệ quy chiếu động hiện đại của Uzbekistan. Các tác giả đã đưa thêm vào một mô hình để ước tính (dự đoán) các giá trị theo chuỗi thời gian và nghiên cứu ý nghĩa của việc xây dựng mô hình chuỗi thời gian trong tương lai. Nghiên cứu chỉ ra rằng, xu hướng phi tuyến tính theo mùa xảy ra đối với tất cả các trạm trong khi xu thế này đối với thành phần hướng đông chỉ xảy ra với các trạm có độ cao lớn. Các kết quả nghiên cứu ở đây cũng góp phần giải thích được các tín hiệu thủy văn trong khu vực và cải thiện chất lượng quan trắc.

**2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu**

Dữ liệu sử dụng trong bài báo là dữ liệu thu được của 10 trạm CORS được quản lý bởi Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam gồm: CPHU, HYEN, KANH, MCAI, MGTE, SDON, TDUO, THOA, TQUA và VINH được cung cấp bởi Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam. Bảng 1 dưới đây cung cấp một số thông tin liên quan đến máy thu cũng như dữ liệu của các trạm nêu trên.

Gamit/Globk là phần mềm được phát triển bởi Viện Công nghệ Massachusett (MIT), Viện Hải dương học Scipps và Đại học Harvard với sự hỗ trợ từ Quỹ Khoa học Quốc gia Hoa Kỳ. Đây là phần mềm chuyên dùng để phân tích số liệu GNSS phục vụ chủ yếu cho các mục đích về nghiên cứu biến dạng và chuyển dịch Vỏ Trái đất. Gamit/Globk là một phần mềm rất đáng tin cậy, đã được sử dụng nhiều trong các nghiên cứu sử dụng số liệu vệ tinh GNSS. Nhiều công trình nghiên cứu, bài báo uy tín trên thế giới đã sử dụng phần mềm này trong các phân tích số

liệu của mình [5].

*Bảng 1. Thông tin về máy thu và dữ liệu*

| TT | Tên điểm | Loại máy thu | Loại ăng ten | Giãn cách dữ liệu | Thời gian có dữ liệu |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | CPHU | LEICA GR50 | LEIAR25.R4 LEIT | 30 s | 03/08/2019 - 17/09/2020 |
| 2 | HYEN | | | | |
| 3 | KANH | | | | |
| 4 | MCAI | | | | |
| 5 | MGTE | | | | |
| 6 | SDON | | | | |
| 7 | TDUO | | | | |
| 8 | THOA | | | | |
| 9 | TQUA | | | | |
| 10 | VINH | | | | |

Nhóm nghiên cứu đã sử dụng phần mềm Gamit/Globk để xác định chuyển dịch với bộ dữ liệu như miêu tả trong bảng 1 với kết quả là (1) lượng chuyển dịch trung bình theo năm và (2) chuyển dịch theo chuỗi thời gian (hàng ngày).

Kết quả xác định chuyển dịch ở đây được so sánh với kết quả chuyển dịch sử dụng chuỗi thời gian dài.

**3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận**

Kết quả chuyển dịch trung bình 1 năm của các trạm được cho trong bảng 2 dưới đây.

*Bảng 2. Kết quả xác định chuyển dịch trung bình năm của các điểm*

| TT | Tên điểm | Vĩ độ | Kinh độ | $V_E$/ sai số (mm/năm) | $V_N$/sai số (mm/năm) | $V_H$/sai số (mm/năm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | CPHU | 20.24641 | 105.71999 | 32.45<br>2.09 | -10.05<br>2.05 | 1.42 |
| 2 | HYEN | 20.66645 | 106.05089 | 31.78<br>2.04 | -6.46<br>2.02 | -16.70 |
| 3 | KANH | 18.08687 | 106.28541 | 31.44<br>2.04 | -8.46<br>2.02 | 6.01 |
| 4 | MCAI | 21.51838 | 107.98163 | 33.97<br>2.07 | -10.83<br>2.04 | -0.22 |
| 5 | MGTE | 10.36954 | 104.45289 | 26.75<br>2.07 | -10.51<br>2.05 | 0.69 |
| 6 | SDON | 21.33510 | 106.84935 | 35.12<br>2.06 | -13.54<br>2.04 | -3.71 |
| 7 | TDUO | 19.26309 | 104.47053 | 32.31<br>2.08 | -8.76<br>2.04 | 7.83 |

| TT | Tên điểm | Vĩ độ | Kinh độ | $V_E$/ sai số (mm/năm) | $V_N$/sai số (mm/năm) | $V_H$/sai số (mm/năm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | THOA | 19.76207 | 105.77806 | 30.24<br>2.05 | -10.71<br>2.02 | 1.41 |
| 9 | TQUA | 21.82360 | 105.21007 | 32.02<br>2.05 | -7.84<br>2.03 | 0.03 |
| 10 | VINH | 18.67552 | 105.69104 | 30.67<br>2.04 | -9.64<br>2.02 | 3.44 |

Từ kết quả của bảng 2, có thể xác định chuyển dịch về mặt bằng sử dụng các công thức như sau:

Về chuyển dịch vị trí mặt bằng: $v_p = \sqrt{v_E^2 + v_N^2}$ (1)

Về xác định phương hướng chuyển dịch:

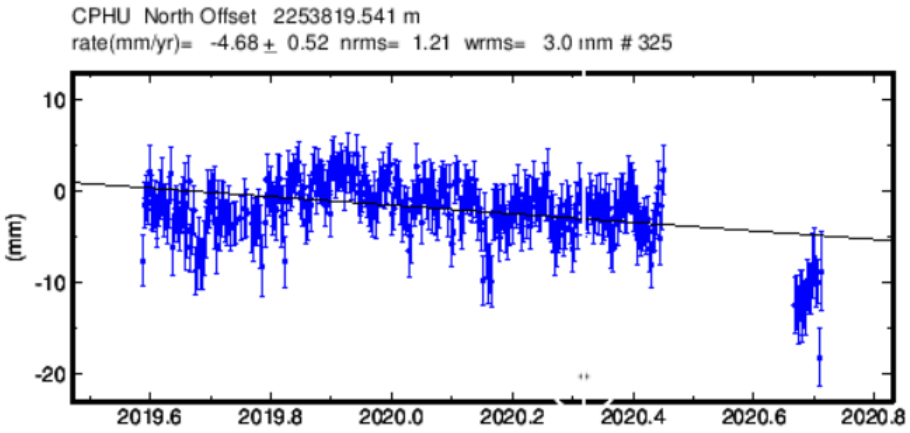
$$\alpha = 90^0 - (\arctan\frac{v_N}{v_E})(180^0/\pi) \text{ nếu } v_E > 0 \quad (2)$$

$$\alpha = 270^0 - (\arctan\frac{v_N}{v_E})(180^0/\pi) \text{ nếu } v_E < 0 \quad (3)$$

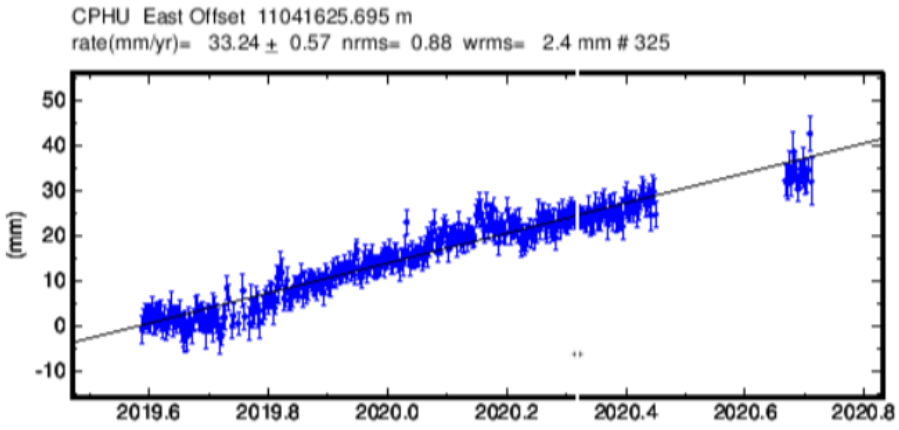
Ngoài xác định chuyển dịch theo năm, còn xác định được chuyển dịch theo ngày của từng điểm. Sau đây là ví dụ về chuyển dịch theo ngày của điểm CPHU:

*Bảng 3. Kết quả xác định chuyển dịch về hướng Đông theo ngày của điểm CHPU*

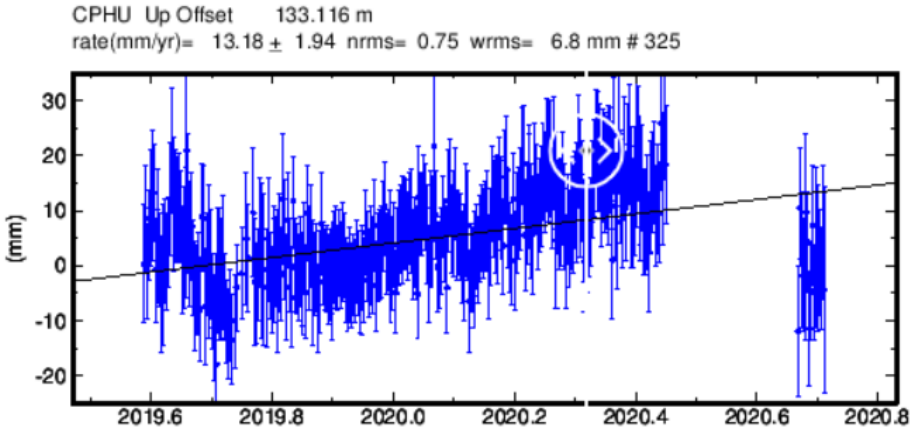
| |
|---|
| ombination of ALL networks GGVer 10.71.015 Tue Feb 2 16:13:21 EST 2021<br>CPHU_GPS to E Solution 1 + 11041625.695 m |
| 2019 08 03 11 59 11041625.69461 0.00308 -0.00101 0.00308 |
| 2019 08 04 11 59 11041625.69643 0.00276 0.00072 0.00276 |
| 2019 08 05 11 59 11041625.69776 0.00268 0.00196 0.00268 |
| 2019 08 06 11 59 11041625.69721 0.00253 0.00132 0.00253 |
| 2019 08 07 11 59 11041625.69689 0.00309 0.00091 0.00309 |
| 2019 08 08 11 59 11041625.69704 0.00334 0.00097 0.00334 |
| 2019 08 09 11 59 11041625.69914 0.00266 0.00298 0.00266 |
| 2019 08 10 11 59 11041625.69604 0.00278 -0.00021 0.00278 |
| …….. |




*Hình 1a. Chuyển dịch theo hướng Bắc của điểm CPHU*




*Hình 1b. Chuyển dịch theo hướng Đông của điểm CPHU*




*Hình 1c. Chuyển dịch độ cao của điểm CPHU*

Để có thể xác định chính xác dịch chuyển của điểm theo chuỗi thời gian như số liệu trong bảng 3, cần phải đưa thêm các mô hình toán học để phân tích dữ liệu chuyển dịch. Với việc sử dụng các mô hình toán học, có thể xác định được quy luật dịch chuyển cũng như ước lượng sai số ngẫu nhiên còn tồn tại trong kết quả xác định chuyển dịch trước đó.

Với kết quả xác định chuyển dịch theo ngày của chuỗi thời gian, vẽ được đồ thị các thành phần chuyển dịch của các điểm theo chuỗi thời gian như hình vẽ 1a, b, c.

Nguyễn Hà Thành [5], đã sử dụng dữ liệu đo trong 8 năm của các điểm DBIV (Điện Biên),

PHUT (Phú Thụy - Hà Nội) và VINH (Nghệ An) để xác định dịch chuyển sử dụng phần mềm Gamit/Globk. Kết quả như sau:

*Bảng 4. Kết quả xác định chuyển dịch của điểm DBIV, PHUT và VINH với chuỗi thời gian 8 năm [5]*

| TT | Tên điểm | Vĩ độ | Kinh độ | $V_E$/ sai số (mm/năm) | $V_N$/sai số (mm/năm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | DBIV | 103.01829 | 21.38992 | 31.91/0.76 | -10.32/0.75 |
| 2 | PHUT | 105.95872 | 21.02938 | 31.52/0.73 | -10.60/0.72 |
| 3 | VINH | 105.69659 | 18.64999 | 32.30/0.86 | -11.48/0.85 |

Từ kết quả ở bảng 2 và bảng 4 có thể thấy, vận tốc chuyển dịch theo các hướng của điểm tại khu vực Vinh - Nghệ An lệch nhau 1,63mm về hướng Đông và 1,84 mm về hướng Bắc. Độ lệch đó có thể do sử dụng chuỗi thời gian khác nhau, độ dài của chuỗi thời gian khác nhau thể hiện qua giá trị sai số xác định các thành phần dịch chuyển. Với chuỗi thời gian 8 năm, sai số xác định dịch chuyển các thành phần chỉ gần 1 mm; Đối với dữ liệu thực nghiệm của báo cáo này, sai số xác định các thành phần dịch chuyển lớn hơn 2 mm.

**4. Kết luận**

Báo cáo đã sử dụng phần mềm Gamit/Globk để xử lý dữ liệu thu được bởi các trạm CORS phân bố ở miền Bắc Việt Nam với thời gian thu dữ liệu hơn một năm. Kết quả tính chuyển dịch cho thấy, xu hướng chuyển dịch của tất cả thuộc khu vực miền Bắc Việt Nam là giống nhau tuy lượng chuyển dịch khác nhau. Lượng chuyển dịch nhỏ nhất về hướng Đông là 26,75 mm/ năm và lớn nhất là 35,12 mm/ năm; Lượng chuyển dịch nhỏ nhất và lớn nhất (tính theo giá trị tuyệt đối) về hướng Bắc tương ứng là -7,84 mm/ năm và -13,54 mm/ năm. Tuy nhiên, do sử dụng chuỗi thời gian chưa được dài nên sai số xác định các thành phần chuyển dịch vẫn đang ở mức 2 mm.

Trong thời gian tới, cần tiếp tục xử lý dữ liệu mạng lưới trên với thời gian thu dữ liệu dài hơn để có thể thu được chuyển dịch của điểm với độ chính xác cao hơn.

Để có thể thu được chuyển dịch của các điểm một cách chính xác, cần sử dụng các mô hình toán để thu được quy luật chuyển dịch phản ánh chuyển dịch thực chất của điểm theo chuỗi thời gian.

**Tài liệu tham khảo**

1. Nguyễn Tuấn Anh (2007), *Báo cáo tổng kết khoa học và công nghệ đề tài "Xây dựng hệ thống các điểm trắc địa sử dụng công nghệ GPS độ chính xác cao trong việc quan trắc biến dạng lớp vỏ trái đất và cảnh báo thiên tai ở khu vực Việt Nam"*, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội.

2. Đặng Nam Chinh, Đỗ Ngọc Đường (2012), *Định vị vệ tinh*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

3. Nguyễn Mạnh Cường, Nguyễn Duy Long, Trần Vũ Thăng (2019), *Nghiên cứu khả năng ứng dụng công nghệ CORS trong quan trắc dịch động bãi thải*, Tạp chí Khoa học Công nghiệp Mỏ số 1, trang 44 - 47.

4. Vy Quốc Hải (2017), *Xử lý số liệu hỗn hợp GPS/GLONASS phục vụ nghiên cứu địa động lực hiện đại*, Báo cáo tổng kết Khoa học và Công nghệ đề tài nghiên cứu khoa học, Viện Địa chất, Viện hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.
5. Nguyễn Hà Thành (2019), *Nghiên cứu chuyển dịch vỏ Trái đất bằng số liệu GNSS liên tục tại các trạm thu của Việt Nam*, Luận văn Thạc sĩ kỹ thuật trắc địa - bản đồ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.
6. Lại Văn Thủy (2019), *Nghiên cứu ứng dụng lý thuyết xấp xỉ sóng nhỏ (biến đổi wavelet) để phân tích nội suy vận tốc chuyển dịch và biến dạng không gian từ kết quả xử lý dữ liệu đo GPS mạng lưới trắc địa địa động lực khu vực miền Bắc Việt Nam*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ.
7. Phan Trọng Trịnh, Ngô Văn Liêm, Nguyễn Tuấn Anh, Vy Quốc Hải, Trần Đình Tô, Nguyễn Văn Hướng, Hoàng Quang Vinh, Bùi Văn Thơm, Nguyễn Đăng Túc, Nguyễn Quang Xuyên, Vũ Tuấn Hùng, Nguyễn Huy Thịnh, Trần Quốc Hùng, Lê Minh Tùng, Bùi Thị Thảo, Nguyễn Việt Tiến, Đinh Văn Thế (2009), "Kết quả nghiên cứu ban đầu về tốc độ dịch chuyển kiến tạo hiện đại trên biển Đông", http://idm.gov.vn/nguon_luc/Xuat_ban/2009/a310/a1.htm .
8. Rimvydas Baniulis, Karolis Galinauskas, Leonardas Marozas, Eimuntas Paršeliunas, Marius Petniunas, Vytautas Puškorius (2017), "An Analysis of the Performance and Coordinates Time Series of CORS Network LitPOS", DOI 10.1109/BGC.Geomatics.2017.39.
9. Gino DARDANELLI, Mauro LO BRUTTO, Claudia PIPITONE (2020), "GNSS CORS network of the University of Palermo: Design and first analysis of data", Geographia Technica, Vol. 15, Issue 1, 2020, pp 43 to 69.
10. D. Fazilova, Sh. Ehgamberdiev, S. Kuzin (2018), "Application of time series modeling to a national reference frame realization", Geodesy and Geodynamics 9 (2018) 281e287, https://doi.org/10.1016/j.geog.2018.04.003.
11. Engin Gülal, HediyeErdo˘gan, IbrahimTiryakio˘glu (2013), "Research on the stability analysis of GNSS reference stations network by time series analysis", Digital Signal Processing 23 (2013) 1945-1957, http://dx.doi.org/10.1016/j.dsp.2013.06.014.
12. Nguyen Ngoc Lau, Richard Coleman, Ha Minh Hoa (2020), "Determination of tectonic velocities of some continuously operating reference stations (CORS) in Vietnam 2016 - 2018 by using precise point positioning", Vietnam journal of Earth Sciences, 43(1), 1-12.
13. Christine Masson, Stephane Mazzotti, and Philippe Vernant (2019), "Precision of continuous GPS velocities from statistical analysis of synthetic time series", Solid Earth, 10, 329-342, https://doi.org/10.5194/se-10-329-2019.
14. Stephane Mazzotti, Aline Déprez, Eric Henrion, Christine Masson, Frédéric, Masson, Jean-Luc Menut, Marianne Métois, Jean Matthieu Nocquet, Lucie Rolland, Pierre Sakic, et al (2020), *Comparative analysis of synthetic GNSS time series - Bias and precision of velocity estimations*, https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02460380.
15. Le Huy Minh, Vu Tuan Hung, Jyr- Ching Hu, Nguyen Le Minh, Bor- Shouh Huang, Horng-Yue Chen, Nguyen Chien Thang, Nguyen Ha Thanh, Le Truong Thanh, Nguyen Thi Mai, and Pham Thi Thu Hong (2020) Contemporary movement of the Earth's crust in the Northwestern Vietnam by continuous GPS data, September 2020, Vietnam Journal of Earth Sciences 42(4)

DOI: 10.15625/0866-7187/42/4/15282.
16. Le Huy Minh, Feigl K.L., Masson F., Duong Chi Cong, Bourdillon A., Lassudrie Duchesne P., Nguyen Chien Thang, Nguyen Ha Thanh, Tran Ngoc Nam, Hoang Thai Lan, 2010. Crustal motion from the continuous GPS data in Vietnam and in Sotheast Asian region, Vietnam Journal of Earth Sciences, 32(3), 249-260.
17. İsmail ŞANLIOĞLU, Tahsin KARA (2014), "Analysis of Time Series About IGS Stations In Turkey Using AR and ARMA Models", FIG Congress 2014, Engaging the Challenges - Enhancing the Relevance.
18. Tran Dinh To, Nguyen Trong Yem, Duong Chi Cong, Vy Quoc Hai, Zuchiewics W., Nguyen Quoc Cuong, Nguyen Viet Nghia, 2013. Recent crustal movements of northern Vietnam from GPS data, J. Geodyn., 69, 5-10.
19. Inese Varna, Diana Haritonova, Janis Balodis (2019), "Latvian CORS time series analysis for 2011 - 2018", EUREF 2019 symposium.
20. B.D. Yuwono, M. Awaluddin, Najib (2019), "Land Subsidence monitoring 2016 - 2018 analysis using GNSS CORS UDIP and DinSAR in Semarang", The 1st International Conference on Geodesy, Geomatics, and Land Administration 2019.
21. Gamit/Globk software http://geoweb.mit.edu/gg/
22. Bernese software http://www.bernese.unibe.ch/

## ABSTRACT

# FIRST STEP DETERMINTATION THE MOVEMENT OF SOME CORS IN THE NORTH OF VIETNAM USING GAMIT/GLOBK SOFTWARE PACKAGE

**Nguyen Gia Trong[1], Luong Thanh Thach[2],**
**Nguyen Ha Thanh[3], Nguyen Van Cuong[4], Pham Ngoc Quang[1]**
*[1] Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology*
*[2] Hanoi University of Natural Resources and Environment*
*[3] Vietnam Academy of Science and Technology*
*[4] Vietnam Administration of Sea and Island*
*Corresponding author: nguyengiatrong@humg.edu.vn*

Determining the displacement of plates and the fault zones is a permanent work to identify and forecasting the movement of the earth's crust as well as disasters. A significant advantage in researching the displacement of plates and fault zone of CORS network is supporting the continuous data over time with high quality. With the measurement obtained from CORS network over a period of time, using mathematical models to analyze displacement rules allows to accurately determine the movement of points over time. This article introduces the early

stage of determining the movement of CORS stations in the North of Vietnam using Gamit Globk software. The movement determination results of this article are completely consistent with the existing publications. The authors also recommend determining the movement of point using longer time series and using mathematical models to determine the movement rules as well as the remaining errors in the results of determining the movement by GNSS processing software package.

*Keywords*: Bernese, Gamit/Globk, Plate tectonics, Crustal movement, GNSS processing, GNSS CORS.

# GIẢI PHÁP KẾT HỢP TRỊ ĐO GNSS/CORS VÀ TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ TRONG THÀNH LẬP BẢN ĐỒ TỶ LỆ LỚN

**Hoàng Thị Thủy**
*Trường Đại học Mỏ - Địa Chất*
*Tác giả liên hệ: hoangthuy200177@gmail.com*

**Tóm tắt:** Khi thành lập bản đồ tỷ lệ lớn, phương pháp toàn đạc điện tử cho kết quả có độ tin cậy cao, linh hoạt và hiệu quả trong khu vực dân cư và khu vực phủ thực vật. Công nghệ GNSS/CORS có ưu điểm đạt kết quả nhanh và hiệu quả kinh tế trong khu vực thông thoáng, không phụ thuộc vào việc xây dựng mạng lưới khống chế. Thực tế cho thấy khi thành lập bản đồ tỷ lệ lớn, kết hợp công nghệ GNSS/CORS với công nghệ truyền thống (Toàn đạc điện tử) sẽ bị dịch chuyển cả về mặt bằng và độ cao. Để giải quyết nhược điểm này, chúng tôi đề xuất ứng dụng bài toán hiệu chỉnh tọa độ và và độ cao để chuyển bản đồ đo được bằng công nghệ GNSS/CORS về hệ thống bản đồ đo bằng công nghệ truyền thống hoặc ngược lại. Điểm mốc chuẩn là các điểm khống chế đo vẽ có trên khu vực hoặc điểm chi tiết rõ nét.

**Từ khóa:** GPS, GNSS, CORS, Toàn đạc điện tử (TĐĐT).

## 1. Đặt vấn đề

Định vị GPS về thực chất được xây dựng trên cơ sở giao hội không gian các khoảng cách đo được từ máy thu đến các vệ tinh có tọa độ đã biết. Khoảng cách đo được là hàm của thời gian và tốc độ lan truyền tín hiệu trong không gian giữa vệ tinh và máy thu. Vì vậy kết quả đo chịu ảnh hưởng trực tiếp của các sai số của vệ tinh, máy thu, môi trường lan truyền tín hiệu và các nguồn sai số khác.

Trong trường hợp thành lập bản đồ bằng công nghệ GNSS/CORS, các địa vật bị che khuất được đo bằng máy toàn đạc điện tử, giá trị tọa độ và độ cao của hai hệ thống này sẽ bị sai lệch mang tính hệ thống cục bộ. Dữ liệu đo được bằng công nghệ GNSS/CORS cần được hiệu chỉnh về cùng hệ thống tọa độ và độ cao đo được của công nghệ truyền thống dựa vào các điểm khống chế khu vực. Trong trường hợp số lượng dữ liệu toàn đạc điện tử nhỏ và phân bổ rải rác trong khu vực, chúng ta có thể đo trong hệ thống tọa độ giả định sau đó hiệu chỉnh về hệ thống GNSS/CORS dựa vào tọa độ các điểm mốc được xác định trong cả hai hệ thống tọa độ và độ cao.

Để thực hiện bài toán này chúng tôi đề xuất: Về mặt bằng sử dụng bài toán biến đổi tọa độ phẳng dạng đa thức; Về độ cao xây dựng mô hình bề mặt số hiệu chỉnh độ cao hàm bậc 2 hoặc bậc 3. Bài toán ghép nối có xét đến trọng số tỷ lệ nghịch với khoảng cách từ điểm mốc chuẩn đến các điểm đo. Để thực hiện được các nội dung trên chúng tôi xây dựng môdul ghép nối bản đồ để tự động công tác xử lý một cách nhanh chóng và chính xác. Môdul thực nghiệm cho thấy kết quả ghép nối bản đồ hoàn toàn chính xác.

## 2. Giải pháp ghép nối bản đồ giữa hai hệ thống GNSS/CORS và TĐĐT

### *2.1. Ghép nối mặt bằng điểm địa hình*

Bài toán ghép nối toạ độ phẳng được thực hiện trong phạm vi hẹp theo công thức phép biến đổi đa thức: (Hoàng Thị Thủy, 2018)

*a. Phép biến đổi đa thức bậc 2.*

$$x' = a_1+b_1.x+c_1.y+d_1.x^2+e_1.y^2+g_1.xy \quad (1)$$
$$y' = a_2+b_2.x+c_2.y+d_2.x^2+e_2.y^2+g_2\ xy$$

*b. Phép biến đổi đa thức bậc 3.*

$$x'=a_1+b_1.x+c_1.y+d_1.x^2+e_1.y^2+g_1.xy+h_1.x^3+k_1.y^3 \quad (2)$$
$$y'=a_2+b_2.x+c_2.y+d_2.x^2+e_2.y^2+g_2.xy+h_2.x^3+k_2.y^3$$

Tùy theo số lượng điểm mốc chuẩn có trên khu vực mà chúng ta chọn số bậc của hàm đa đa thức, Hàm bậc 2 số điểm mốc chuẩn lớn hơn hoặc bằng 6, hàm bậc 3 là 8.

### *2.2. Ghép nối độ cao điểm địa hình*

Căn cứ vào vị trí mặt bằng (x, y) và chênh lệch độ cao h giữa độ cao đo được bằng công nghệ GNSS/CORS và TĐĐT của các mốc chuẩn trong hai hệ thống, để xây dựng mô hình bề mặt hiệu chỉnh độ cao. Từ đó hiệu chỉnh cho độ cao các điểm trong từng vùng. Tùy thuộc vào số lượng điểm mốc chuẩn mà mô hình bề mặt hiệu chỉnh độ cao có dạng bậc 1, bậc 2 hoặc bặc 3. Phương trình mô hình bề mặt hiệu chỉnh có dạng:

$$h_i = F(x_i, y_i) \quad (3)$$

Trong đó: $h_i$ là số hiệu chỉnh độ cao tại điểm có tọa độ $x_i$ , $y_i$

Phương trình mô hình bề mặt hiệu chỉnh độ cao cụ thể như sau:

Hàm bậc 1: $h = H_0+Ax+By$ (4)

Hàm bậc 2: $h = H_0+Ax+By+Cx^2+Dy^2+Exy$

Hàm bậc 3: $h = H_0+Ax+By+Cx^2+Dy^2+Exy+Fx^3+Gy^3+Hx^2y+Kxy^2$

Với khu vực đo vẽ có 3 điểm mốc chuẩn, dùng hàm bậc 1; với 6 điểm mốc chuẩn dùng hàm bậc 2 và với 10 điểm mốc chuẩn dùng hàm bậc 3. Khi số điểm mốc chuẩn lớn hơn số hệ số, áp dụng bài toán bình sai gián tiếp để tính ra các hệ số.

Với mỗi điểm khi hiệu chỉnh (mặt bằng và độ cao) chúng ta xác định lại các hệ số với các phương trình số hiệu chỉnh có trọng số $P_i$ tỷ lệ nghịch với khoảng cách hoặc bình phương khoảng cách từ điểm hiệu chỉnh đến các điểm mốc chuẩn.

Áp dụng bài toán bình sai gián tiếp để xác định các hệ số của phép biến đổi theo các bước sau. (Hoàng Ngọc Hà, 2020)

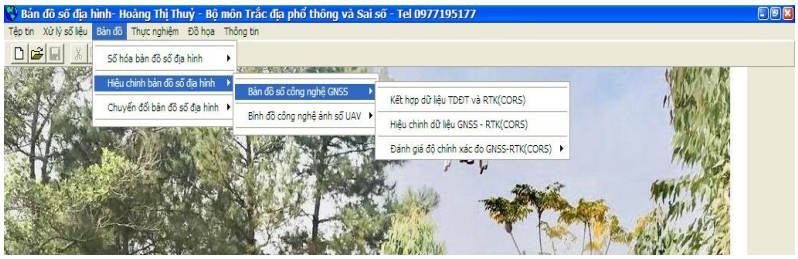
$$V = AX + L;$$
$$NX + B =0;$$
$$X = -N^{-1} B; \quad (5)$$

Trong đó: $N = A^T PA$; $B = A^T PL$; $P_i =1/S_i$ hoặc $P_i =1/S_i^{\ 2}$

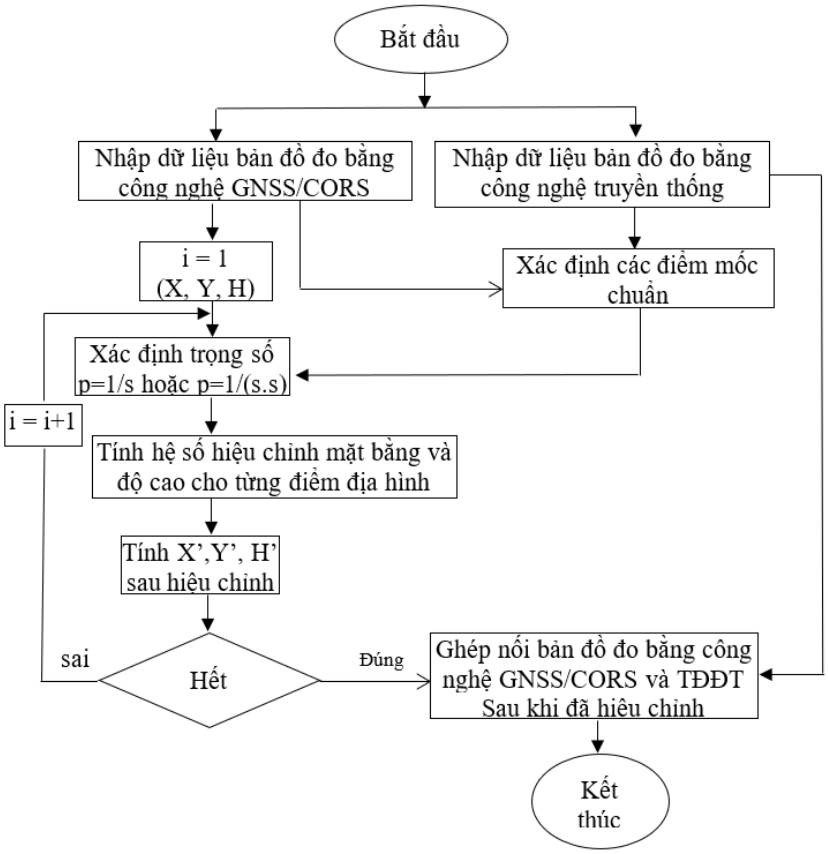
Tính toán thực nghiệm thấy rằng, với việc áp dụng trọng số nêu trên cho kết quả hiệu chỉnh có độ tin cậy cao hơn.

## 3. Kết quả nghiên cứu

Để thực hiện được các nội dung trên chúng tôi xây dựng mô đun ghép nối bản đồ để tự động hóa công tác xử lý một cách nhanh chóng và chính xác. Mô đun thực nghiệm được nêu trong hình 1. Sơ đồ mô tả quy trình ghép nối bản đồ được thể hiện trên hình 2.




*Hình 1. Mô đun ghép nối dữ liệu đo GNSS/CORS và TĐĐT*




*Hình 2. Sơ đồ quy trình ghép nối bản đồ đo GNSS/CORS và Toàn đạc điện tử*

## 4. Kết luận

Trên cơ sở lý thuyết và kinh nghiệm thực tế trong thành lập bản đồ tỷ lệ lớn, chúng tôi đề xuất giải pháp kết hợp trị đo điểm chi tiết trong thành lập bản đồ khi ứng dụng công nghệ GNSS/CORS và toàn đạc điện tử. Kết quả nghiên cứu là Môdul chương trình tự động hiệu chỉnh vị trí mặt bằng và độ cao của điểm chi tiết khi ứng dụng kết hợp công nghệ GNSS/CORS và toàn đạc điện tử. Từ cơ sở lý thuyết và kết quả tính toán thông qua mô đun chương trình cho thấy kết quả nghiên cứu hoàn toàn có thể ứng dụng hiệu quả trong công tác thành lập bản đồ địa hình, địa chính khi kết hợp dữ liệu do GNSS/CORS và Toàn đạc điện tử.

**Tài liệu tham khảo**

1. Hoàng Ngọc Hà (2020). Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS-GNSS. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, tr 67-85.
2. Đinh Công Hòa (2010). Lập trình bài toán trắc địa cơ sở. Nhà xuất bản giao thông vận tải, 266-338.
3. Hoàng Thị Thủy (2018). Nâng cao độ chính xác khi ứng dụng công nghệ RTK trong thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn, Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ. 37- 41.
4. Hoàng Thị Thủy, 2017, Ứng dụng công nghệ RTK và máy toàn đạc điện tử trong thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa Chất, Tập 58 - Kỳ 6.
5. Hoàng Thị Thủy,2017, Nâng cao độ chính xác khi ứng dụng công nghệ RTK trong thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn, Tạp chí khoa học đo đạc và bản đồ, số 38.

## ABSTRACT

## COMBINATION OF GNSS CORS MEASUREMENTS AND ELECTRONIC TOTAL STATION FOR ESTABLISHING LARGE-SCALE MAP

**Hoang Thi Thuy**

*Hanoi University of Mining and Geology*

*Corresponding author: hoangthuy200177@gmail.com*

When establishing large-scale maps, total station provides highly reliable, flexible and effective results in residential and vegetated areas. Meanwhile, CORS-GNSS technology has the advantage of fast results and economical efficiency in a well-ventilated area, regardless of the construction of a geodetic control network. In fact, establishing large-scale maps based on combining CORS-GNSS technology with traditional technology (I.E. Electronic Total Station) will generate two separated maps, these maps are usually displaced in terms of both ground and altitude. To solve this shortcoming, we propose to apply the problem of correcting coordinates and altitude to convert maps measured by CORS-GNSS technology to the map system measured by traditional technology or vice versa. The reference points are the control points or the clear feature points, which are measured by both CORS-GNSS and traditional technology.

*Keywords*: GPS, GNSS, CORS

# XÁC ĐỊNH ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ CAO MỰC NƯỚC HỒ CHỨA TỚI ĐỘ LÚN TUYẾN ĐẬP CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN

**Nguyễn Thị Kim Thanh, Trần Thùy Linh**

*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

*Tác giả liên hệ: namthuy811@gmail.com*

**Tóm tắt**: Độ cao mực nước hồ chứa là một trong những yếu tố tác động lớn nhất tới độ lún của tuyến đập thủy điện. Trong thực tế sản xuất, việc xác định ảnh hưởng lún do tác nhân này gây ra có ý nghĩa vô cùng quan trọng. Các nhà quản lý công trình có thể dựa vào mức độ ảnh hưởng lún để xác định giới hạn của độ cao mực nước trong hồ chứa từ đó có sự điều tiết hợp lý, tránh các rủi ro và đảm bảo sự an toàn cho tuyến đập. Nhận biết được tính cấp thiết của vấn đề, bài báo đã nghiên cứu xây dựng cơ sở lý thuyết và quy trình xác định mức độ ảnh hưởng của độ cao mực nước hồ chứa tới độ lún tuyến đập công trình thủy điện. Tiến hành thực nghiệm với dữ liệu quan trắc của điểm PVM8 trên đập thủy điện Hòa Bình trong các chu kỳ từ 2006-2009, kết quả là độ lún theo độ cao mực nước hồ đã được xác định và tách khỏi độ lún đo, điều này đã chứng minh cho sự đúng đắn của quy trình tính. Ngoài ra biểu đồ độ lún được lập từ kết quả tính đã thể hiện trực quan mối quan hệ và quy luật tác động của độ cao mực nước hồ với độ lún tuyến đập. Phương pháp tính được xây dựng trong bài báo phù hợp để áp dụng cho những trường hợp xác định ảnh hưởng lún của các yếu tố ngoại cảnh có quy luật biến đổi theo chu kỳ.

**Từ khóa**: Độ cao mực nước hồ chứa; Phân tích độ lún; Đập thủy điện; Yếu tố ngoại cảnh.

## 1. Đặt vấn đề

Khi phân tích kết quả quan trắc thì một trong các nhiệm vụ cần thực hiện là đánh giá sự ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh tới độ lún công trình. Đối với tuyến đập thủy điện, yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất tới độ lún là độ cao mực nước hồ chứa [4, 6, 7, 8]. Các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào phân tích quan hệ phụ thuộc giữa độ cao mực nước hồ chứa và chuyển dịch của tuyến đập. Một số nhà khoa học đã nghiên cứu áp dụng phương pháp phân tích tương quan tuyến tính đơn để đánh giá và xác định ảnh hưởng của độ cao mực nước hồ tới độ lún tuyến đập [1, 3, 5]. Mặc dù phương pháp phân tích tương quan tuyến tính đơn hiệu quả trong việc xác định sự phụ thuộc giữa hai yếu tố độ cao mực nước hồ và độ lún nhưng lại hạn chế phạm vi tính toán vì chỉ áp dụng cho hàm tuyến tính. Nếu tồn tại mối quan hệ phi tuyến giữa độ cao mực nước và độ lún thì rõ ràng phân tích tương quan tuyến tính đơn không phải là giải pháp phù hợp. Chính vì vậy, để khắc phục hạn chế trên, bài báo đề xuất một phương pháp tính hoàn toàn mới, dễ dàng đánh giá mối tương quan giữa tác nhân và độ lún công trình đồng thời xác định được giá trị ảnh hưởng lún và tách khỏi độ lún đo. Với việc xây dựng được quy trình tính độ lún do độ cao mực nước hồ gây ra cho tuyến đập, bài báo đã góp phần nâng cao hiệu quả xử lý số liệu quan trắc và hỗ trợ tốt cho công tác đánh giá an toàn tuyến đập trong thực tế sản xuất.

## 2. Cơ sở lý luận của bài toán

Nguyên tắc chọn hàm thể hiện chuyển dịch của công trình mà nhà khoa học chebusev đã

xây dựng như sau: "nếu chuyển dịch tuần hoàn thì chọn hàm tuần hoàn, nếu chuyển dịch không tuần hoàn thì chọn hàm đa thức vì hàm đa thức có thể thay thế cho bất kỳ hàm nào" [10]. Trên cơ sở đó, trong bài báo này, hàm lún theo thời gian của thuyến đập công trình thủy điện được tính theo hàm đa thức có dạng:

$$S_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \cdots + a_n t^n \quad (1)$$

Ở thời điểm ban đầu $t_0 = 0$, công trình chưa bị trồi lún ($S_0 = 0$) nên $a_0 = 0$. Vì vậy hàm lún (1) được viết lại như sau:

$$S_t = a_1 t + a_2 t^2 + \cdots + a_n t^n \quad (2)$$

Trong đó: $a_1, a_2, ..., a_n$ là hệ số của hàm lún theo thời gian

t là thời gian thực hiện quan trắc

n là bậc của hàm lún theo thời gian

Đối với tuyến đập thủy điện, ngoài độ lún theo thời gian còn chịu ảnh hưởng lún do độ cao mực nước hồ chứa gây ra. Ảnh hưởng của độ cao mực nước hồ tới độ lún tuyến đập được xác định theo công thức sau [9].

$$S_H = u_0 + u_1 H + u_2 H^2 + \cdots + u_m H^m \quad (3)$$

Trong đó: $u_0, u_1, \ldots, u_m$ là hệ số trong hàm lún theo độ cao mực nước hồ

H là độ cao mực nước của hồ chứa ở thời điểm t

m là bậc của hàm lún theo độ cao mực nước hồ.

Như vậy, độ lún đo là tổng hợp của độ lún theo thời gian ($S_t$) và độ lún theo độ cao mực nước hồ ($S_H$), nên:

$$S = S_t + S_H \quad (4)$$

Do độ cao mực nước hồ chứa thay đổi theo chu kỳ hằng năm nên dễ dàng tìm được các chu kỳ có độ cao mực nước tương đương nhau. Và khi ở các thời điểm đo khác nhau, độ cao mực nước hồ bằng nhau thì ảnh hưởng của nó tới độ lún công trình là như nhau. Dựa trên tính chất này, cơ sở của bài toán xác định giá trị ảnh hưởng lún do độ cao mực nước gây ra được xây dựng như sau:

Giả sử xét hai chu kỳ quan trắc i và j có độ cao mực nước gần bằng nhau (tức là $S_H^i \approx S_H^j$). Trong các chu kỳ i, j độ lún đo được tính lần lượt theo các công thức:

$$S^i = S_t^i + S_H^i \quad (5)$$

$$S^j = S_t^j + S_H^j \quad (6)$$

Tìm chênh lệch độ lún giữa hai chu kỳ tức là tính hiệu của hai biểu thức (6) và (5), được

$$\Delta S^{ij} = \left(S^j - S^i\right) = S_t^j - S_t^i \quad (7)$$

Như vậy trong (7), hiệu độ lún giữa hai chu kỳ không còn chịu ảnh hưởng của độ lún do độ cao mực nước hồ gây ra nữa. Khai triển (7) được biểu thức

$$\Delta S^{ij} = a_1\left(t_j - t_i\right) + a_2\left(t_j^2 - t_i^2\right) + \cdots + a_n\left(t_j^n - t_i^n\right) \quad (8)$$

Nếu coi $\Delta S^{ij}$ là trị đo và chọn được các chu kỳ có độ cao mực nước tương đương nhau thì thành lập được hệ phương trình số hiệu chỉnh dạng:

$$\begin{cases} V_{\Delta S_1} = a_1(t_j - t_i)_1 + a_2(t_j^2 - t_i^2)_1 + .. + a_n(t_j^n - t_i^n)_1 - \Delta S_1^{ij} \\ V_{\Delta S_2} = a_1(t_j - t_i)_2 + a_2(t_j^2 - t_i^2)_2 + .. + a_n(t_j^n - t_i^n)_2 - \Delta S_2^{ij} \\ \cdots \\ V_{\Delta S_k} = a_1(t_j - t_i)_k + a_2(t_j^2 - t_i^2)_k + .. + a_n(t_j^n - t_i^n)_k - \Delta S_k^{ij} \end{cases} \quad (9)$$

Hoặc viết dưới dạng ma trận V = AX + L, trong đó

$$A = \begin{bmatrix} (t_j - t_i)_1 & (t_j^2 - t_j^2)_1 & \dots & (t_j^n - t_i^n)_1 \\ (t_j - t_i)_2 & (t_j^2 - t_j^2)_2 & \dots & (t_j^n - t_i^n)_2 \\ \dots & \dots & & \dots \\ (t_j - t_i)_k & (t_j^2 - t_j^2)_k & \dots & (t_j^n - t_i^n)_k \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$X = (a_1 \;\; a_2 \dots \;\; a_n)^T \quad (11)$$

$$L = \left(-\Delta S_1^{ij} \quad -\Delta S_2^{ij} \quad \dots \quad -\Delta S_k^{ij}\right)^T$$

Nếu k > n thì hệ (9) được giải theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất với điều kiện $[V_{\Delta S}^2] = min$. Các hệ số (a) trong vector ẩn số được xác định theo công thức:

$$X = -(A^T A)^{-1} A^T L \quad (12)$$

Sau khi xác định sơ bộ được các hệ số (a), tính độ lún $S_t$ theo (1). Tính ảnh hưởng của độ cao mực nước tới độ lún công trình cho tất cả các chu kỳ theo công thức:

$$S_H = S_{đo} - S_t \quad (13)$$

Dựa vào (3) và (13), áp dụng nguyên lý số bình phương nhỏ nhất xác định các hệ số (u) của hàm lún theo độ cao mực nước hồ theo trình tự:

- Lập hệ phương trình số hiệu chỉnh dạng

$$V_{S_H} = u_0 + u_1 H + u_2 H^2 + \cdots + u_m H^m - S_H \quad (14)$$

Hoặc viết dưới dạng ma trận

$$V' = A'U + L' \quad (15)$$

Trong đó:

$$A' = \begin{bmatrix} 1 & H_1 & \dots & H_1^m \\ 1 & H_2 & \dots & H_2^m \\ \dots & \dots & & \dots \\ 1 & H_t & \dots & H_t^m \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$U = (u_0 \quad u_1 \quad u_2 \dots \; u_m)^T$$

$$L' = (-S_{H_1} \quad -S_{H_2} \quad \dots \quad -S_{H_t})^T$$

- Lập hệ phương trình chuẩn

$$(A')^T A' U + (A')^T L' = 0 \quad (17)$$

- Tính nghiệm

$$U = -((A')^T A')^{-1} (A')^T L' \quad (18)$$

- Sai số mô hình

$$\mu = \sqrt{\frac{[vv]}{N - (m+1)}} \quad (19)$$

## 3. Quy trình tính toán

Trên cơ sở lý luận của bài toán, quy trình tính được xây dựng gồm 2 bước như sau:

***Bước 1***: Xác định gần đúng các hệ số u trong hàm độ lún theo độ cao mực nước hồ với điều kiện $[V_{\Delta S}^2] = \min$

- Chọn các chu kỳ có độ cao mực nước gần bằng nhau
- Xác định hệ số (a) của hàm lún theo thời gian, tính $S_t$ với các chu kỳ có độ cao mực nước xấp xỉ bằng nhau
- Tính $S_H = S_{đo} - S_t$ cho tất cả các chu kỳ
- Tìm hệ số (u) của hàm lún theo độ cao mực nước hồ

***Bước 2***: Tính hệ số (u) với điều kiện $[V_S^2] = \min$. Sử dụng tất cả các chu kỳ đã có trong tập dữ liệu.

- Tính hệ số (a) của hàm lún theo thời gian
- Tính $S_H$
- Tìm hệ số (u) của hàm lún theo độ cao mực nước hồ
- Sau khi xác định được ảnh hưởng của độ cao mực nước hồ chứa tới độ lún công trình, tính $S_t = S_{đo} - S_H$, tiếp tục quá trình tìm a, u. Thực hiện tính lặp đi lặp lại cho tới khi a, u hội tụ.

***Cách chọn bậc đa thức***

- Thay bậc đa thức lần lượt từ bậc nhỏ nhất (n = 1, m = 1) cho các hàm lún theo thời gian và hàm lún theo độ cao mực nước hồ chứa.
- Với mỗi đa thức được đã được gán bậc, thực hiện tính toán theo 2 bước như trên, xác định các hệ số a, u và sai số mô hình.
- Bậc đa thức được chọn là khi đa thức đó có sai số mô hình tương đương với sai số đo [2].

## 4. Thực nghiệm

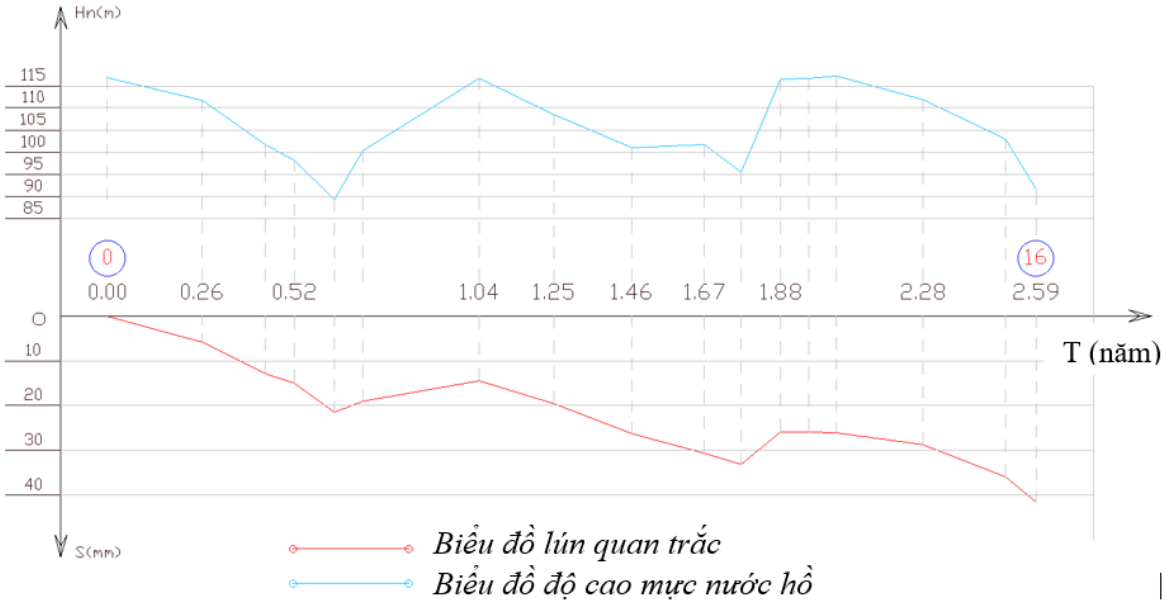
Áp dụng quy trình tính, xác định ảnh hưởng của độ cao mực nước hồ tới độ lún của một điểm quan trắc trên tuyến đập thủy điện với số liệu được cho trong Bảng 1.

*Bảng 1. Độ lún và độ cao mực nước hồ của điểm quan trắc*

| Chu kỳ | Thời gian quan trắc | Chênh lệch thời gian (so với ck 0) | $S_{đo}$ (m) (so với ck 0) | $H_{m.nước}$ (m) |
|---|---|---|---|---|
| **0** | 01/11/2006 | 0.00 | 0.0000 | 116.85 |
| **1** | 06/02/2007 | 0.26 | -0.0059 | 111.76 |
| **2** | 10/04/2007 | 0.44 | -0.0128 | 101.68 |
| **3** | 09/05/2007 | 0.52 | -0.0149 | 98.10 |
| **4** | 20/06/2007 | 0.64 | -0.0214 | 89.26 |
| **5** | 18/07/2007 | 0.71 | -0.0191 | 100.40 |
| **6** | 15/11/2007 | 1.04 | -0.0144 | 116.76 |
| **7** | 30/01/2008 | 1.25 | -0.0195 | 108.59 |
| **8** | 18/04/2008 | 1.46 | -0.0262 | 101.04 |
| **9** | 01/07/2008 | 1.67 | -0.0307 | 101.74 |
| **10** | 08/08/2008 | 1.77 | -0.0331 | 95.50 |
| **11** | 18/09/2008 | 1.88 | -0.0258 | 116.47 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **12** | 16/10/2008 | 1.96 | -0.0258 | 116.77 |
| **13** | 14/11/2008 | 2.04 | -0.0261 | 117.22 |
| **14** | 11/02/2009 | 2.28 | -0.0287 | 111.92 |
| **15** | 04/05/2009 | 2.51 | -0.0358 | 102.95 |
| **16** | 04/06/2009 | 2.59 | -0.0415 | 91.65 |

Từ số liệu quan trắc trong Bảng 1, vẽ được biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa độ lún và độ cao mực nước hồ theo Hình 1.




*Hình 1. Biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa độ lún và độ cao mực nước*

Để xác định được thành phần lún theo độ cao mực nước hồ trong độ lún đo, cần thực hiện quá trình tính lặp, tìm hệ số a và u của phương trình lún theo thời gian và theo độ cao mực nước hồ chứa như Bảng 2.

*Bảng 2. Tiến trình tính lặp xác định hàm lún theo độ cao mực nước hồ*

| Lần lặp | Mô hình lún theo mực nước | Sai số (mm) | Mô hình lún theo thời gian | Sai số (mm) |
|---|---|---|---|---|
| **Sơ bộ** | -0.107906 + 0.0009235H | 5.92 | - 0.004986T | 0.16 |
| **1** | -0.088814 + 0.0007601H | 3.88 | - 0.007993T | 4.54 |
| **2** | -0.076534 + 0.0006550H | 2.60 | - 0.009927T | 3.00 |
| **3** | -0.068635 + 0.0005874H | 1.82 | - 0.011170T | 2.05 |
| **4** | -0.063554 + 0.0005439H | 1.38 | - 0.011971T | 1.49 |
| **5** | -0.060286 + 0.0005159H | 1.15 | - 0.012485T | 1.18 |
| **6** | -0.058184 + 0.0004979H | 1.04 | - 0.012816T | 1.03 |
| **7** | -0.056831 + 0.0004864H | 0.99 | - 0.013029T | 0.96 |
| **8** | -0.055962 + 0.0004789H | 0.97 | - 0.013166T | 0.93 |
| **9** | -0.055402+ 0.0004741H | 0.96 | - 0.013254T | 0.92 |
| **10** | -0.055042+ 0.0004711H | 0.96 | - 0.013311T | 0.91 |
| **11** | -0.054811 + 0.0004691H | 0.96 | - 0.013348T | 0.91 |
| **12** | -0.054662 + 0.0004678H | 0.96 | - 0.013371T | 0.91 |

| Lần lặp | Mô hình lún theo mực nước | Sai số (mm) | Mô hình lún theo thời gian | Sai số (mm) |
|---|---|---|---|---|
| **13** | -0.054566+ 0.0004670H | 0.96 | - 0.013386T | 0.91 |
| **14** | -0.054505+ 0.0004664H | 0.96 | - 0.013396T | 0.91 |
| **15** | -0.054465 + 0.0004661H | 0.95 | - 0.013402T | 0.91 |
| **16** | -0.054439 + 0.0004659H | 0.95 | - 0.013406T | 0.91 |
| **17** | -0.054423 + 0.0004658H | 0.95 | - 0.013409T | 0.91 |
| **18** | -0.054413 + 0.0004657H | 0.95 | - 0.013410T | 0.91 |
| **19** | -0.054406 + 0.0004656H | 0.95 | - 0.013411T | 0.91 |
| **20** | -0.054401 + 0.0004656H | 0.95 | - 0.013412T | 0.91 |
| **21** | -0054399 + 0.0004655H | 0.95 | - 0.013412T | 0.91 |
| **22** | -0054397 + 0.0004655H | 0.95 | - 0.013413T | 0.91 |
| **23** | -0.054396 + 0.0004655H | 0.95 | - 0.013413T | 0.91 |
| **24** | -0.054395 + 0.0004655H | 0.95 | - 0.013413T | 0.91 |
| **25** | -0.054394 + 0.0004655H | 0.95 | - 0.013413T | 0.91 |
| **26** | -0.054394 + 0.0004655H | 0.95 | - 0.013413T | 0.91 |
| **27** | -0.054394 + 0.0004655H | 0.95 | - 0.013413T | 0.91 |
| **28** | -0.054394 + 0.0004655H | 0.95 | - 0.013413T | 0.91 |
| **29** | -0.054394 + 0.0004655H | 0.95 | - 0.013413T | 0.91 |

Sau quá trình tính lặp xác định được phương trình lún theo thời gian và phương trình lún theo độ cao mực nước hồ chứa lần lượt như sau:

$$S_t = -0.013413t \quad (20)$$

$$S_H = -0.054394 + 0.0004655H$$

Từ các phương trình lún ở (20), tính độ lún theo thời gian và độ lún theo độ cao mực nước hồ chứa trong 10 chu kỳ.

*Bảng 3. Độ lún theo độ cao mực nước và theo thời gian*

| CK | $S_{đo}$ (m) | $S_H$ (m) | $S_t$ (m) |
|---|---|---|---|
| **0** | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| **1** | -0.0059 | -0.0024 | -0.0035 |
| **2** | -0.0128 | -0.0071 | -0.0057 |
| **3** | -0.0149 | -0.0087 | -0.0062 |
| **4** | -0.0214 | -0.0128 | -0.0086 |
| **5** | -0.0191 | -0.0077 | -0.0114 |
| **6** | -0.0144 | 0.0000 | -0.0144 |
| **7** | -0.0195 | -0.0038 | -0.0157 |
| **8** | -0.0262 | -0.0074 | -0.0188 |
| **9** | -0.0307 | -0.0070 | -0.0237 |
| **10** | -0.0331 | -0.0099 | -0.0232 |

Kết quả tính toán được thể hiện trên biểu đồ Hình 2




*Hình 2. Biểu đồ thể hiện ảnh hưởng của độ cao mực nước hồ tới độ lún điểm quan trắc*

***Nhận xét:*** Từ kết quả tính trong bảng 3 và biểu đồ hình 2, có thể thấy rằng, độ lún do độ cao mực nước hồ gây ra cho điểm quan trắc trên tuyến đập ở mỗi chu kỳ khác nhau là không giống nhau. Độ cao mực nước hồ càng lên cao thì độ lún có xu hướng giảm.

**5. Kết luận**

- Nội dung bài báo đã xây dựng cơ sở toán học và quy trình tính toán xác định giá trị ảnh hưởng của độ cao mực nước hồ chứa tới độ lún tuyến đập công trình thủy điện.

- Kết quả tính toán thực nghiệm đã xác định được độ lún theo độ cao mực nước hồ chứa phù hợp với thực tế. Điều đó đã góp phần khẳng định phương pháp tính toán hoàn toàn đúng đắn và có độ tin cậy cao.

- Phương pháp tính được xây dựng trong bài báo có thể được áp dụng trong đánh giá ảnh hưởng lún của những yếu tố ngoại cảnh có quy luật biến đổi theo chu kỳ.

**Tài liệu tham khảo**

1. Trần Ngọc Đông (2011), "Đánh giá mức độ phụ thuộc độ chuyển dịch công trình vào một số yếu tố ngoại cảnh bằng phương pháp phân tích tương quan tuyến tính đơn", *Tạp chí KHCN Xây dựng*.

2. Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc (2010), *Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình*, Nxb Giao thông Vận tải, Hà Nội

3. Lê Đức Tình (2012), *Nghiên cứu giải pháp nâng cao hiệu quả công tác quan trắc biến dạng công trình ở Việt Nam*, Luận án tiến sỹ kỹ thuật.

4. Pelecanos, L., Kontoe, S. and Zdravković, L. (2016), *Dam- reservoir interaction effects on the elastic dynamic response of concrete and earth dams*. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 82, pp.138-141.

5. Loizos Pelecanos, Dimitrios Skarlatos, George Pantazis (2018), *Finite element analysis of the monitored long-term settlement behaviour of Kouris earth dam in Cyprus*, 9th European

Conference on Numerical Methods in Geotechnical Engineering (IX NUMGE), At Porto, Portugal
6. Pelecanos, L., Kontoe, S., Zdravković, L. (2018b), *Nonlinear analysis of nonlinear dynamic earth dam-reservoir interaction during earthquakes*, Journal of Earthquake Engineering.
7. Pytharouli, S.I. and Stiros, S.C. (2005), *Ladon dam (Greece) deformation and reservoir level fluctuations: evidence for a causative relationship from the spectral analysis of a geodetic monitoring record*, Engineering Structures, 27(3), pp.361-370.
8. Tedd, P., Charles, C.J.A., Holton, I.R. and Robertshaw, A.C. (1997), *The effect of reservoir drawdown and long-term consolidation on the deformation of old embankment dams*, Geotechnique, 47(1), pp.33-48
9. US.Army Corps of enginners (2018), *Stuctural Deformation Surveying.*
10. Большаков В. Д., Гайдев П. А., (1978), Теория математической обработки геодезических измерений, изд-во "Недра", Москва.

## ABSTRACT

# DETERMINING THE INFLUENCE OF THE ELEVATION OF WATER LEVEL IN THE RESERVOIR ON THE SETTLEMENT OF HYDROELECTRIC DAMS

**Nguyen Thi Kim Thanh, Tran Thuy Linh**
*University of Mining and Geology*
*Corresponding author: namthuy811@gmail.com*

The elevation of water-level in the reservoir is one of the factors that affects significantly the settlement of hydroelectric dams. In reality, determining the influence of settlement caused by this factor has an important signification. Managers at works can base on the influence value to determine the limit of elevation of water level in the reservoir and then regulate the water level reasonably, which avoids risks and guarantees safety for dams. With the such urgent requirement like that, the article studies for establishing theoretical base and process of calculating the influence of elevation of water level on the settlement of hydroelectric dams. Experiment was conducted on Hoa Binh dam with the observed data of the monitoring point PVM8 in cycles from 2006 to 2009, as a result, the settlement caused by elevation of water level is determined and is separated from the observed values, this proves the rightness of calculation process. Moreover, the chart of settlement established describes visually relationship and the rule of impact of elevation of water level on settlement. The calculation method is suitable to applying for cases of determining the influence of external factors that have the periodic change rule.

*Keywords:* The elevation of water level in the reservoir; Analysis of settlement; Hydroelectric dams; External factors.

# MỘT SỐ ĐIỂM MỚI TRONG DỰ THẢO TCVN 9400:2021

**Trần Ngọc Đông**

*Viện Khoa học công nghệ xây dựng*

*Tác giả liên hệ: tndongibst@gmail.com*

**Tóm tắt:** Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9400:2012 "Nhà và công trình dạng tháp - Xác định độ nghiêng bằng phương pháp trắc địa" đã được 15 năm kể từ khi ban hành và dự kiến sẽ được thay thế bởi phiên bản mới TCVN 9400:2021 "Công trình dân dụng và công nghiệp có chiều cao lớn - Xác định độ nghiêng bằng phương pháp trắc địa". Bài báo này giới thiệu một số điểm mới đáng chú ý trong Dự thảo TCVN 9400:2021 so với TCVN 9400:2012. Các điểm mới đó là: ứng dụng công nghệ GNSS để kiểm tra, quan trắc độ nghiêng nhà cao tầng; ứng dụng hệ thống VAS (Vertical Alignment System) để kiểm soát độ thẳng đứng nhà siêu cao tầng trong quá trình thi công; kiểm tra độ nghiêng nhà cao tầng theo phương pháp chiếu đứng; phương pháp quan trắc độ nghiêng các silô bằng kim loại; kiểm tra độ nghiêng cột điện cao thế bằng phương pháp đo tọa độ. Đây là các phương pháp rất cần thiết để đáp ứng nhu cầu thực tế, các phương pháp này đã được thực hiện khảo nghiệm và áp dụng vào thực tế sản xuất cho nên đủ độ tin cậy để đưa vào TCVN 9400:2021 làm cơ sở để ngoài sản xuất áp dụng.

**Từ khóa:** nhà cao tầng, độ nghiêng, hệ thống căn chỉnh dọc, công trình dạng tháp.

## 1. Đặt vấn đề

Tiêu chuẩn nhà và công trình dạng tháp - Xác định độ nghiêng bằng phương pháp trắc địa TCVN 9400:2012 [1]. Theo [3], mặc dù được xuất bản năm 2012 nhưng thực chất nó đã được chuyển ngang từ TCXDVN 357:2005 [4] với toàn bộ nội dung bên trong được giữ nguyên nên nhiều chỉ tiêu, quy định chưa đầy đủ và chưa phù hợp với trình độ khoa học công nghệ cũng như tiến bộ kỹ thuật trong lĩnh vực trắc địa công trình hiện nay. Điều này gây nhiều bất cập trong quá trình xác định độ nghiêng nhà và công trình dạng tháp bằng phương pháp trắc địa. Trong Dự thảo mới này [2], nhiều điểm mới đáng được quan tâm chú ý như: bổ sung sai số giới hạn khi quan trắc độ nghiêng của một số công trình; kiểm tra và quan trắc độ nghiêng nhà cao tầng bằng công nghệ GNSS, kiểm soát độ thẳng đứng các nhà cao tầng có số tầng nhiều và chiều cao lớn (nhà siêu cao tầng) bằng hệ thống VAS (Vertical Alignment System); kiểm tra độ nghiêng nhà cao tầng theo phương pháp chiếu đứng; quan trắc độ nghiêng các silô bằng kim loại có trụ thép rải đều xung quanh bằng phương pháp đo hướng kết hợp đo khoảng cách ngang cũng như cho phép có thể sử dụng công nghệ quét laser mặt đất (scan 3D) để kiểm tra và quan trắc độ nghiêng của silô; Phương pháp kiểm tra độ nghiêng cột điện cao thế đường dây trên không bằng phương pháp đo tọa độ và những điểm mới khác được trình bày dưới đây.

## 2. Một số điểm mới trong dự thảo TCVN 9400:2021

### *2.2.1 Bổ sung quy định về sai số giới hạn quan trắc độ nghiêng*

Sai số giới hạn khi quan trắc độ nghiêng của một số công trình được nêu trong bảng 1 [2, 3].

*Bảng 1. Sai số giới hạn khi quan sát độ nghiêng công trình*

| Loại công trình | Sai số giới hạn đo đạc |
|---|---|
| Nhà nhiều tầng (cao ≥ 75 m) | 0.0001 x H |
| Công trình lồng thang máy bằng bê tông cốt thép | |
| - Các tòa nhà làm việc, silô kết cấu bê tông liền khối, móng liền khối | 0.0006 x H |
| - Tòa nhà chịu lực độc lập kết cấu bê tông liền khối | 0.0008 x H |
| - Cũng tòa nhà như trên nhưng kết cấu lắp ghép | 0.0008 x H |
| - Tòa nhà độc lập | 0.0008 x H |
| Ống khói nhà máy | |
| H < 100 m | 0.001 x H |
| 100 m < H < 200 m | 0.0002 x H |
| 200 m < H < 300m | 0.0006 x H |
| H > 300 m | 0.0006 x H |
| Các silô chứa vật liệu rời, bồn chứa dầu, khí hoá lỏng | 0.001 x H |
| Tháp truyền hình, ăng ten vô tuyến viễn thông (VTVT) | 0.0002 x H |
| Cột điện cao thế đường dây trên không: | |
| - Cột đỡ thẳng | 0.0006 x H |
| - Cột néo, cột néo góc | 0.0005 x H |

Việc bổ sung sai số giới hạn để quan trắc độ nghiêng đối với một số công trình cụ thể là cần thiết. Căn cứ vào sai số giới hạn để lựa chọn thiết bị và phương pháp quan trắc phù hợp.

***2.2.2. Phương pháp kiểm tra độ nghiêng nhà cao tầng trong giai đoạn thi công xây dựng bằng công nghệ định vị vệ tinh (GNSS)***

Phương pháp kiểm tra độ nghiêng nhà cao tầng trong giai đoạn thi công xây dựng bằng công nghệ định vị vệ tinh (GNSS) gồm các bước thực hiện như sau:

*Bước 1:* Xây dựng các điểm khống chế trên mặt đất, các mốc khống chế trên mặt đất phải có kết cấu vững chắc và được đặt tại các vị trí ổn định, đảm bảo thu được tín hiệu vệ tinh. Số lượng mốc khống chế trên mặt đất tối thiểu là 03 mốc.

*Bước 2:* Thiết lập các điểm khống chế trên các sàn tầng thi công để tiến hành thu tín hiệu vệ tinh. Số điểm khống chế trên sàn tầng thi công tối thiểu là 03 điểm. Tiến hành đo đạc mạng lưới GNSS gồm các điểm khống chế trên mặt đất và các điểm khống chế trên sàn tầng thi công. Bình sai mạng lưới GNSS xác định tọa độ điểm khống chế trên sàn tầng thi công.

*Bước 3:* Tính chuyển tọa độ các điểm đo GNSS trên sàn tầng thi công về hệ tọa độ thi công công trình.

*Bước 4:* Từ các điểm khống chế tọa độ trên sàn thi công tiến hành dựng các đường thẳng song song với các trục chính của tòa nhà.

*Bước 5:* Từ các đường thẳng song song với các trục chính của tòa nhà, sử dụng máy kinh vĩ (hoặc máy toàn đạc điện tử) kết hợp với thước nivo để kiểm tra khoảng cách từ đường thẳng

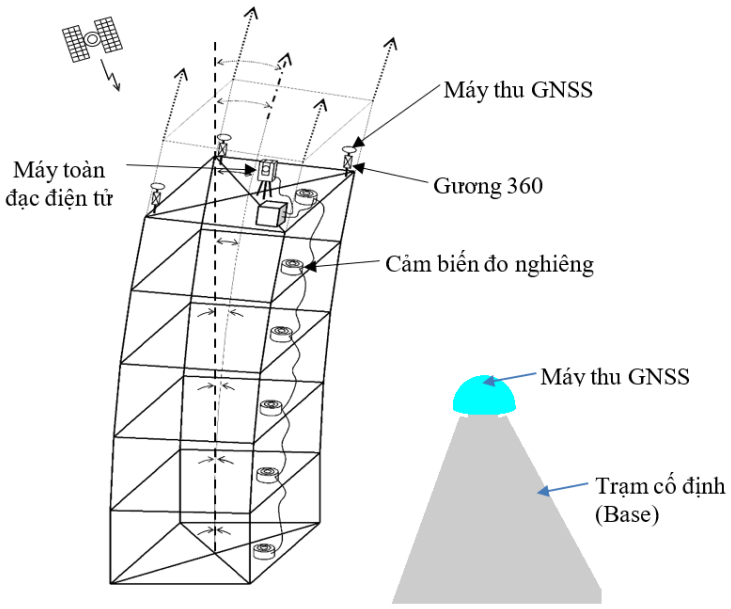
này đến các điểm cần kiểm tra độ nghiêng. Trên cơ sở so sánh kết quả đo ở tầng hiện tại với các tầng phía dưới để đánh giá độ nghiêng của các cột, các bức tường và các chi tiết khác cần quan tâm đánh giá độ nghiêng.

Phương pháp này cũng có thể được sử dụng để đo kiểm tra đánh giá độ lệch tọa độ các điểm khống chế do nhà thầu thi công xây dựng tòa nhà chuyển lên các sàn tầng thi công hoặc dùng để quan trắc độ nghiêng theo thời gian của tòa nhà cao tầng trong giai đoạn khai thác sử dụng.

Phương pháp chuyển điểm từ mặt đất lên sàn thi công ở trên cao bằng công nghệ GNSS có sai số nằm trong khoảng vài milimét. Xác định đường thẳng song song với các trục chính và đo đạc độ nghiêng từ các đường thẳng song song này đến các điểm cần kiểm tra độ nghiêng bằng máy kinh vĩ (hoặc máy toàn đạc điện tử) cũng có sai số khoảng vài milimét. Tổng hợp các nguồn sai số thì phương pháp này đạt độ chính xác khoảng 1.0 cm.

***2.2.3. Kiểm soát độ thẳng đứng các nhà cao tầng có số tầng nhiều và chiều cao lớn (nhà siêu cao tầng) bằng hệ thống VAS (Vertical Alignment System)***

Đối với các nhà cao tầng có số tầng nhiều và chiều cao lớn (nhà siêu cao tầng) nên sử dụng hệ thống VAS (Vertical Alignment System) để kiểm soát và đảm bảo độ thẳng đứng của tòa nhà trong quá trình thi công [4, 8]. Hệ thống VAS là hệ thống công nghệ có độ chính xác cao, sai số không bị tích lũy theo độ cao của tòa nhà, các thành phần chính của hệ thống như mô tả ở hình 1:




*Hình 1. Các thành phần chính của hệ thống VAS*

- Trạm cố định (Base): Đây là trạm đặt máy thu tín hiệu vệ tinh được kết nối trực tiếp với máy tính (máy chủ) có phần mềm quản lý trạm. Trạm có nhiệm vụ thu tín hiệu vệ tinh từ các hệ thống vệ tinh GNSS một cách liên tục 24/7, sử dụng để tính toán ra giá trị tọa độ hiện tại của

trạm sau đó so sánh với giá trị tọa độ đã biết của vị trí đặt máy thu để tính toán các số hiệu chỉnh cần thiết;

- Các máy thu GNSS gắn trên sàn công tác của hệ thống cốp pha trượt trên tòa nhà đang thi công (gồm có từ 3 đến 4 máy thu đặt ở các góc của sàn trượt (sàn công tác)). Mỗi máy thu GNSS được lắp tổ hợp với một gương phản chiếu 360$^o$. Nhiệm vụ của các máy thu này là thu tín hiệu vệ tinh và truyền về trạm Base để nó xác định tọa độ chính xác (theo thời gian thực) của tâm máy thu và cũng là tọa độ của tâm gương phản chiếu. Như vậy các máy thu GNSS và các gương 360$^o$ cùng tổ hợp với chúng luôn luôn chuyển động do tải trong gió, hoạt động của cần cẩu và các hoạt động kỹ thuật khác trong quá trình thi công nhưng tọa độ theo thời gian thực của chúng luôn luôn được xác định;

- Hệ thống các cảm biến độ nghiêng (Tilt Sensor) có nhiệm vụ xác định độ nghiêng (dao động) của tòa nhà. Toàn bộ dữ liệu từ các cảm biến độ nghiêng được truyền tức thời về máy chủ có cài đặt phần mềm quản lý trạm, kết quả xử lý đồng bộ dữ liệu thu nhận được từ các cảm biến này chính là kết quả dao động tức thời của toàn bộ tòa nhà theo thời gian, phần mềm sẽ tính ra lượng hiệu chỉnh cần thiết để hiệu chỉnh hệ thống trục của tầng mới xây về vị trí ban đầu ứng với trạng thái không bị dao động của tòa nhà;

- Máy toàn đạc điện tử được lắp cố định tại một điểm ở gần giữa sàn công tác. Tọa độ chính xác của tâm máy được xác định bằng chương trình giao hội nghịch (Resection) được cài đặt sẵn trong máy thông qua việc ngắm đến các gương gắn tổ hợp cùng các máy thu GNSS. Dựa vào tọa độ của máy và các gương có thể dễ dàng triển khai hệ thống trục của tòa nhà theo tọa độ thời gian thực;

Với sự trợ giúp của hệ thống thiết bị công nghệ VAS trên từng mặt sàn mới xây dựng của tòa nhà, các kỹ thuật viên trắc địa luôn luôn triển khai được hệ trục ứng với trạng thái tĩnh ban đầu của tòa nhà mà không bị ảnh hưởng của các yếu tố không mong muốn như gió, hoạt động của các thiết bị thi công trên công trình và các yêu tố khác.

***2.2.4. Phương pháp kiểm tra độ nghiêng nhà cao tầng theo phương pháp chiếu đứng***

Phương pháp kiểm tra độ nghiêng nhà cao tầng theo phương pháp chiếu đứng gồm các bước thực hiện như sau:

*Bước 1:* Xây dựng hệ thống mốc khống chế tọa độ (điểm gốc) trên mặt sàn bê tông cốt 0.000 m (tại tầng 01) để làm cơ sở chuyển tọa độ từ sàn cốt 0.000 m lên các tầng thi công ở trên. Số điểm khống chế trên mặt sàn cốt 0.000 m tối thiểu là 3 điểm, tọa độ các điểm khống chế này phải được xác định đảm bảo độ chính xác theo yêu cầu đề ra.

*Bước 2:* Dùng máy chiếu đứng chuyển tọa độ các điểm gốc lên các sàn tầng thi công ở trên: Khi dùng máy chiếu đứng để chuyển tọa độ tâm mốc theo đường thẳng đứng từ mặt bằng gốc lên các sàn tầng thi công ở bên trên thì trên hướng thẳng đứng đã được chọn trước cần đặt các lỗ thông tầng kích thước 200 mm x 200 mm (hoặc lỗ tròn đường kính 200 mm) thẳng với các mốc trên mặt sàn cốt 0.000 m. Định tâm thiết bị chiếu đứng trên điểm gốc, cân bằng máy để đưa điểm ngắm về vị trí thẳng đứng. Trên mặt bằng cần chuyển tọa độ lên đặt vào đường

thẳng đứng quang học (hoặc laser) một tấm lưới chiếu (tấm Paletka). Tấm lưới này thường được làm bằng mi ca trong suốt trên đó có kẻ một mạng lưới ô vuông. Dựa theo lưới ô vuông này xác định được vị trí chính xác của đường thẳng đứng được chiếu lên. Để kiểm tra và nâng cao độ chính xác, việc đọc số trên lưới ô vuông được tiến hành ở 4 vị trí bàn độ của máy ($0^0$ - $180^0$, $90^0$ - $270^0$) và đánh dấu được vị trí điểm trung bình.

*Bước 3:* Từ các điểm khống chế tọa độ đã được chiếu lên, tiến hành dựng các đường thẳng song song với các trục chính của tòa nhà.

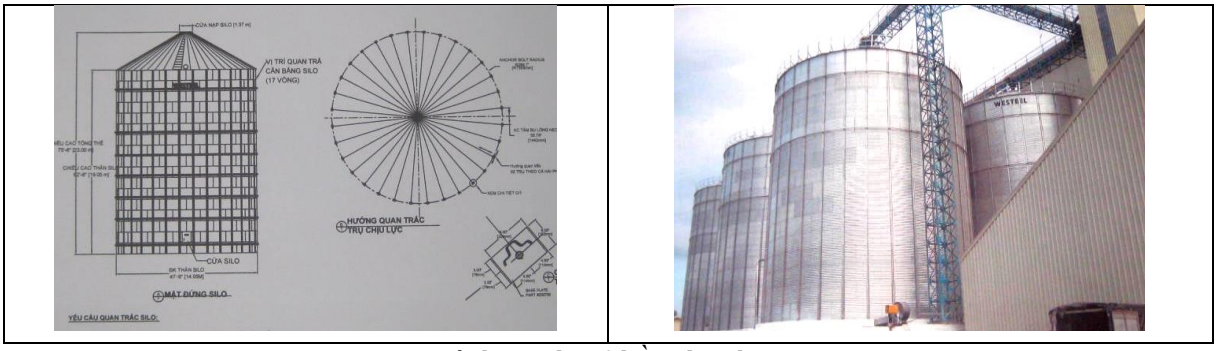
*Bước 4:* Từ các đường thẳng song song với các trục chính của tòa nhà, sử dụng máy kinh vĩ (hoặc máy toàn đạc điện tử) kết hợp với thước nivo để kiểm tra khoảng cách từ đường thẳng này đến các điểm cần kiểm tra độ nghiêng. Trên cơ sở so sánh kết quả đo ở tầng hiện tại với các tầng phía dưới để đánh giá độ nghiêng của các cột, các bức tường và các chi tiết khác cần quan tâm đánh giá độ nghiêng.

Phương pháp chiếu đứng cũng được sử dụng để đo kiểm tra đánh giá độ lệch tọa độ các điểm khống chế do nhà thầu thi công xây dựng tòa nhà chuyển lên các sàn tầng thi công. Tùy thuộc vào chiều cao của tòa nhà và máy chiếu đứng sử dụng mà có thể phải áp dụng phương pháp chiếu phân đoạn để chuyển tọa độ lên các tầng ở trên.

Phương pháp chiếu điểm lên trên bằng máy chiếu đứng có độ chính xác cao, sai số nằm trong khoảng vài milimét. Xác định đường thẳng song song với các trục chính và đo đạc độ nghiêng từ các đường thẳng song song này đến các điểm cần kiểm tra độ nghiêng bằng máy kinh vĩ (hoặc máy toàn đạc điện tử) cũng có sai số khoảng vài milimét. Tổng hợp các nguồn sai số thì phương pháp này đạt độ chính xác khoảng 1.0 cm.

### *2.2.6. Phương pháp quan trắc độ nghiêng các silo bằng kim loại*

Các silô vỏ kim loại (tôn mạ kẽm hoặc thép mạ kẽm) có trụ thép rải đều xung quanh thường được sử dụng để chứa nguyên liệu sản xuất các thực phẩm dinh dưỡng hoặc thức ăn gia súc. Đối với các silô bằng bê tông cốt thép thì toàn bộ thành bê tông của silô chịu lực còn đối với các silô loại này thì vai trò chịu lực chính là các trụ thép rải đều xung quanh, vì vậy quan trắc độ nghiêng đối với các silô loại này cần phải thực hiện đối với các trụ chịu lực.

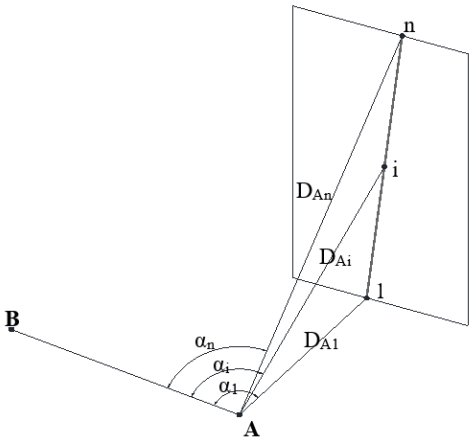



*Hình 2. Silo vỏ bằng kim loại*

Đối với các silô kim loại véc tơ tổng hợp độ nghiêng của một điểm quan trắc trên trụ silô có thể phân tích thành 2 thành phần: $e_R$ là thành phần theo hướng bán kính; $e_T$ là thành phần theo hướng tiếp tuyến.

Thành phần $e_R$ xác định bằng máy toàn đạc điện tử bằng chương trình đo khoảng cách ngang.

Thành phần $e_T$ xác định bằng phương pháp đo góc theo trình tự như sau (Hình 3):




*Hình 3. Quan trắc độ nghiêng trụ đỡ silô theo hướng*

- Đặt máy tại một điểm cố định (A) và ngắm chuẩn tới một điểm B.
- Lần lượt đo các góc ngang $\alpha_1,\ldots, \alpha_n$ tới các điểm quan trắc: 1, 2, …, n.
- Thành phần độ lệch theo hướng tiếp tuyến (đơn vị góc) chính là sai lệch của các giá trị $\alpha_i$ so với $\alpha_1$

$$d\alpha_i = \alpha_i - \alpha_1 \quad (1)$$

- Thành phần độ lệch theo hướng tiếp tuyến $e_T$:

$$e_{Ti} = \frac{d\alpha_i}{\rho} \text{ x } D \quad (2)$$

Với khoảng cách từ máy tới điểm đo nhỏ hơn hoặc bằng 100 m, máy toàn đạc sử dụng để quan trắc có độ chính xác đo cạnh $m_S = \pm(2mm + 2.10^{-6}.D)$ mm và sai số đo góc $m_\beta = 10$" thì độ chính xác xác định độ nghiêng theo hướng bán kính là 3.0 mm và độ chính xác xác định độ nghiêng theo hướng tiếp tuyến tính theo công thức (3) là 5.0 mm.

$$m_{e_T} = \frac{m_\beta}{\rho} \text{ x } D \quad (3)$$

Sai số xác định véc tơ độ nghiêng tổng hợp là:

$$m_e = \sqrt{m_{e_R}^2 + m_{e_T}^2} = \sqrt{3^2+5^2} = 5.8 \text{ mm}$$

*Ví dụ minh họa quan trắc độ nghiêng các silô bằng kim loại:*

Kết quả quan trắc độ nghiêng của một trụ silô kim loại đường kính 14.5 m gồm 10 vòng đo với tổng chiều cao là 20 m được ghi trong bảng sau 2.

Trên bảng 2: Cột (8) là giá trị độ nghiêng tổng hợp tại 1 điểm đo trên 1 trụ tính theo công thức:

$$e = \sqrt{e_R^2 + e_T^2} \quad (4)$$

Đối với các silô loại này độ nghiêng riêng rẽ của từng trụ là rất quan trọng phục vụ cho việc lên phương án sửa chữa. Độ nghiêng tổng hợp của silô chỉ là số liệu tham khảo. Khi cần

thiết có thể tính độ nghiêng tổng hợp theo công thức:

$$E = \sum_{1}^{n} e_i \quad (5)$$

Cũng giống như các silô bằng bê tông cốt thép và các công trình có chiều cao lớn khác, thiết bị tiện lợi nhất trong trường hợp này là máy toàn đạc điện tử có chế độ đo trực tiếp không cần gương.

Đối với các silô có kết cấu bằng kim loại, bồn chứa dầu, bồn chứa khí hóa lỏng có thể sử dụng phương pháp quét laser mặt đất (scan 3D) để đo đạc, phân tích đánh giá chi tiết và một cách trực quan về độ lồi, lõm của vỏ bồn, đánh giá độ nghiêng theo chiều dọc ở vị trí bất kỳ của bồn cũng như đánh giá độ nghiêng tổng thể và phân tích toàn diện bồn.

*Bảng 2. Kết quả quan trắc độ nghiêng*

| Điểm quan trắc | Độ cao (m) | Khoảng cách ngang Di (m) | $e_R$ (m) | Góc đo (0 ' ") | Chênh lệch góc đo (0 ' ") | $e_T$ (m) | e (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
| 1 | 0.0 | 20.136 | 0.000 | 10º16’02” | 0º00’00” | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 2.0 | 20.129 | -0.007 | 10º16’08” | 0º00’06” | +0.001 | 0.007 |
| 3 | 4.0 | 20.137 | +0.001 | 10º16’27” | 0º00’25” | +0.002 | 0.002 |
| 4 | 6.0 | 20.135 | -0.001 | 10º16’39” | 0º00’37” | +0.004 | 0.004 |
| 5 | 8.0 | 20.129 | -0.007 | 10º16’47” | 0º00’45” | +0.004 | 0.008 |
| 6 | 10.0 | 20.118 | -0.018 | 10º16’58” | 0º00’56” | +0.005 | 0.019 |
| 7 | 12.0 | 20.113 | -0.023 | 10º17’21” | 0º01’19” | +0.008 | 0.024 |
| 8 | 14.0 | 20.107 | -0.029 | 10º17’36” | 0º01’34” | +0.009 | 0.030 |
| 9 | 16.0 | 20.106 | -0.030 | 10º17’48” | 0º01’46” | +0.010 | 0.032 |
| 10 | 18.0 | 20.102 | -0.034 | 10º18’32” | 0º02’30” | +0.015 | 0.037 |
| 11 | 20.0 | 20.101 | -0.035 | 10º18’50” | 0º02’48” | +0.016 | 0.038 |

## 3. Kết luận

Trong dự thảo tiêu chuẩn TCVN 9400:2021 “Công trình dân dụng và công nghiệp có chiều cao lớn - Xác định độ nghiêng bằng phương pháp trắc địa” lần này, ngoài các nội dung đã bổ sung và cập nhật mới như trên còn bổ sung bổ sung thêm nội dung xác định độ nghiêng mặt tường và các kết cấu xây dựng và bổ sung phụ lục trích dẫn một số Tiêu chuẩn Việt Nam quy định về độ nghiêng giới hạn để làm cơ sở đánh giá độ nghiêng của công trình.

Các nội dung bổ sung mới vào dự thảo TCVN 9400:2021 nêu trên là rất cần thiết để đáp ứng nhu cầu thực tế. Điều này đã khắc phục được một số bất cập trong quá trình xác định độ nghiêng công trình dân dụng và công nghiệp có chiều cao lớn bằng phương pháp trắc địa. Các phương pháp nêu trên đã được thực hiện khảo nghiệm và áp dụng vào thực tế sản xuất cho nên đủ độ tin cậy để đưa vào TCVN 9400:2021 làm cơ sở để ngoài sản xuất áp dụng.

## Tài liệu tham khảo

1. TCVN 9400:2012, Nhà và công trình dạng tháp - Xác định độ nghiêng bằng phương pháp trắc địa.

2. Dự thảo TCVN 9400:2021, Công trình dân dụng và công nghiệp có chiều cao lớn - Xác định độ nghiêng bằng phương pháp trắc địa (Chủ trì TS.Trần Ngọc Đông và nhóm đề tài, Viện KHCN Xây dựng).
3. Thuyết minh Dự thảo TCVN 9400:2021, Công trình dân dụng và công nghiệp có chiều cao lớn - Xác định độ nghiêng bằng phương pháp trắc địa (Chủ trì TS.Trần Ngọc Đông và nhóm đề tài, Viện KHCN Xây dựng).
4. Ngô Văn Hợi (11/2017), "Giải pháp công nghệ đảm bảo độ thẳng đứng của tòa nhà siêu cao tầng Land mark 81 Thành phố Hồ Chí Minh", Hội thảo "Thí nghiệm, kiểm định và quan trắc công trình xây dựng" do Cục Giám định Nhà nước về chất lượng công trình xây dựng tổ chức 11/2017, Hà Nội.
5. Diêm Công Huy, Ngô Văn Hợi, Trần Ngọc Đông & nnk (2016), Giáo trình đào tạo nghiệp vụ về quan trắc công trình xây dựng. Nhà xuất bản Xây dựng.
6. СП 126.13330.2012 Геодезические работы в строителъстве.
7. GB50026-2020: Standard for engineering surveying.
8. Douglas McL HAYES, Ian R SPARKS, Joël VAN CRANENBROECK, *Core Wall Survey Control System for High Rise Buildings.* XXIII FIG Congress, Munich, Germany, October 8-13, 2006.

## ABSTRACT

### SOME NEW POINTS IN DRAFT TCVN 9400:2021

**Tran Ngoc Dong**
*Vietnam Institute for Building Science and Technology*
*Corresponding author: tndongibst@gmail.com*

Vietnamese standard TCVN 9400:2012 "Houses and buildings in the form of towers - Tilt monitoring by geodetic method" has been 15 years since its promulgation and is expected to be replaced by a new version of TCVN 9400: 2021 "Civil and industrial buildings with great height - Tilt monitoring by geodetic method". This article introduces some notable new points in the Draft TCVN 9400: 2021 compared to TCVN 9400: 2012. The new points are: application of GNSS technology to check and monitor the tilt of high-rise buildings; applying VAS (Vertical Alignment System) system to control the verticality of super high-rise buildings during construction; check the tilt of high-rise buildings by vertical projection method; method of monitoring the tilt of metal silos; check the tilt of high voltage power poles by coordinate measurement method. These are very necessary methods to meet actual needs. These methods have been tested and applied to actual production, so they are reliable enough to be included in TCVN 9400: 2021 as a basis to outside production apply.

*Keywords:* high-rise building, tilt, vertical alignment system, tower building.

# QUAN TRẮC ĐỘ LÚN TRÊN CÁC TUYẾN ĐƯỜNG GIAO THÔNG

**Ngô Văn Hợi**
*Chuyên gia Hội đồng nghiệm thu nhà nước*

## 1. Tóm tắt

Trong chương trình đào tạo môn Trắc địa Công trình của khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai có những môn học chuyên sâu hẹp như Trắc địa công trình Công nghiệp, Trắc địa công trình giao thông, Trắc địa công trình thủy lợi trong đó phần trắc địa công trình công nghiệp, Trắc địa công trình thủy lợi có cả phần quan trắc biến dạng công trình gồm quan trắc độ lún và quan trắc chuyển dịch ngang tuy nhiên trong phần Trắc địa công trình giao thông lại không có phần quan trắc biến dạng làm cho các kỹ sư sau khi tốt nghiệp ra trường có suy nghĩ là việc quan trắc biến dạng (quan trắc độ lún và chuyển dịch ngang) các tuyến đường cũng có chức năng và nhiệm vụ cũng như qui trình quan trắc giống hệt như quan trắc biến dạng đối với các công trình dân dụng, công nghiệp và các công trình thủy lợi. Tuy nhiên việc quan trắc biến dạng đặc biệt là việc quan trắc độ lún đối với các công trình giao thông có nhiều đặc điểm khác biệt rất lớn so với các công trình dân dụng và công nghiệp hoặc các công trình thủy lợi dẫn đến qui trình quan trắc cũng như việc xử lý số liệu cũng không giống như những gì chúng ta thực hiện đối với các công trình công nghiệp từ trước tới nay. Trong bài viết này chúng tôi sẽ trình bày các đặc điểm công tác quan trắc độ lún trên các công trình giao thông để cung cấp cho các thầy và các kỹ sư Trắc địa công trình một số thông tin quan trọng về vấn đề này.

**Từ khóa**: Quan trắc độ lún, chuyển dịch ngang, giao thông, thủy lợi.

## 2. Đặc điểm của công tác quan trắc độ lún các công trình giao thông

### *a. Về mục đích quan trắc*

Đối với các công trình dân dụng và công nghiệp hoặc công trình thủy lợi, thủy điện việc quan trắc độ lún được thực hiện để phát hiện sớm những biến dạng nguy hiểm nhằm mục đích cảnh báo cho những người có trách nhiệm kịp thời đưa ra các giải pháp kỹ thuật (nếu cần) để ngăn ngừa các sự cố nhằm đảm bảo an toàn cho công trình. Đối với các công trình này việc quan trắc độ lún chủ yếu được thực hiện trong quá trình khai thác sử dụng và việc này được làm chủ yếu để theo dõi "sức khỏe" của công trình chứ không ảnh hưởng tốt hoặc xấu đến chất lượng của công trình. Ngược lại việc quan trắc độ lún trên các tuyến dường giao thông lại được thực hiện trong giai đoạn thi công, đúng hơn là ở giai đoạn cải tạo đất yếu ở phần nền đường và mục đích chính của nó là để xác định độ cố kết của đất mà dựa vào đó người ta sẽ quyết định tiếp tục quá trình cải tạo đất hay kết thúc nó để chuyển sang giai đoạn thi công tiếp theo. Nếu số liệu quan trắc chuẩn xác thì sẽ xác định được độ cố kết một cách tin cậy và các quyết định của TVTK đưa ra sẽ là chính xác và công trình sẽ có chất lượng phù hợp với các tiêu chí do thiết kế đặt ra. Ngược lại nếu các số liệu quan trắc không chính xác thì các quyết định của Tư vấn thiết kế cũng sẽ không chính xác. Như vậy có thể nói chất lượng của công tác quan trắc độ lún khi xây dựng các tuyến đường giao thông ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng của các tuyến đường. Sự cố trên một số công trình giao thông quan trọng ở Việt Nam như cao tốc Nội Bài -

Lào Cai, cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi và nhiều tuyến cao tốc khác theo đánh giá của chúng tôi đều có nguyên nhân từ chất lượng kém của công tác quan trắc.

*b. Về thời gian và chu kỳ quan trắc*

Như đã nói ở trên đối với các công trình giao thông hầu như không quan trắc độ lún trong quá trình khai thác sử dụng ngoại trừ những trường hợp đặc biệt. Việc quan trắc được thực hiện trong quá trình thi công phần nền đường và được chia thành hai pha:

Pha 1: Quan trắc trong quá trình thi công đắp nhằm mục đích khống chế tốc độ đắp để tránh xảy ra tình trạng sụt, trượt do đắp quá nhanh. Theo tiêu chuẩn hiện hành [1] khối đắp được coi là ổn định nếu giá trị độ lún của nó không vượt quá 10mm/ngày đêm. Trong pha 1 việc quan trắc được thực hiện hàng ngày nghĩa là chu kỳ quan trắc là 1 ngày.

Pha 2: Quan trắc trong quá trình chờ cố kết . Trong pha này chương trình quan trắc phụ thuộc hoàn toàn vào phương pháp xử lý số liệu được lựa chọn. Nếu lựa chọn xử lý số liệu theo phương pháp Asaoka thì việc quan trắc phải được thực hiện theo các chu kỳ đều nhau, chu kỳ quan trắc có thể là 1 ngày, 3 ngày, 7 ngày hoặc nhiều hơn tùy theo thiết bị sử dụng và tốc độ lún cụ thể. Nếu lựa chọn xử lý số liệu theo phương pháp Hyperbolic thì thời gian giữa các chu kỳ đo có thể không đều nhau. Giai đoạn đầu tốc độ lún lớn chu kỳ quan trắc có thể dày, càng về sau độ lún càng giảm dần thì chu kỳ quan trắc thưa ra.

***c. Về độ chính xác quan trắc***

Nhìn chung yêu cầu độ chính xác quan trắc độ lún trên các tuyến đường giao thông không quá cao do độ lún quan trắc thường khá lớn. Chúng tôi tìm hiểu các qui định về yêu cầu độ chính xác quan trắc trong các tiêu chuẩn của ngành giao thông có liên quan thấy có hai tài liệu [1] và [2] đề cập đến vấn đề này. Cả hai tài liệu đều qui định giống nhau là *"Mức độ chính xác yêu cầu phải đến mm".* Qui định trên đây theo chúng tôi là chưa rõ ràng vì hai lý do chính sau đây:

- Tiêu chuẩn không nêu rõ đặc trưng cho độ chính xác ở đây là sai số trung phương hay sai số giới hạn;
- Thuật ngữ *"đến mm"* nên hiểu là ±1mm hay từ 1 → 9,9mm

Chúng tôi tìm hiểu thêm các tiêu chuẩn của nước ngoài thì thấy tiêu chuẩn của Trung Quốc [4] qui định "Trong giai đoạn thi công đắp nền đường độ chính xác quan trắc tương đương với thủy chuẩn hạng IV còn trong giai đoạn chờ cố kết độ chính xác quan trắc tương đương với thủy chuẩn hạng III quốc gia". Qui định này theo chún tôi là tương đối hợp lý.

***d. Về xử lý số liệu quan trắc***

Việc xử lý số liệu quan trắc độ lún khi quan trắc các công trình giao thông khác nhiều so với xử lý số liệu quan trắc các công trình dân dụng và công nghiệp hoặc công trình thủy lợi thủy điện. Nội dung của nó gồm 2 phần:

Phần 1: Xử lý số liệu đo thủy chuẩn từng chu kỳ

Xử lý số liệu đo độ lún tính ra độ lún của các mốc quan trắc (bàn lún) trong từng chu kỳ. Việc này được thực hiện sau khi hoàn thành quan trắc từng chu kỳ.

Phần 2: Xác định độ cố kết của đất

Dựa vào độ lún xác định được có thể xác định được độ cố kết của đất theo công thức sau:

$$K = \frac{S_t}{S_F} * 100\% \quad (1)$$

Trong đó:

$K$- độ cố kết của đất,

$S_t$ - Độ lún tại thời điểm t đang xét

$S_F$ - Độ lún toàn phần (độ lún khi t → ∞)

Một trong những nội dung rất quan trắc của công tác xử lý số liệu khi quan trắc độ lún là dự độ lún toàn phần $S_F$. Việc dự báo độ lún toàn phần dựa hoàn toàn vào các số liệu quan trắc độ lún đã thực hiện được và các mô hình lún theo thời gian. Hiện nay trên thế giới và ở Việt Nam thường sử dụng hai phương pháp để dự báo độ lún toàn phần mà chúng tôi trình bày dưới đây.

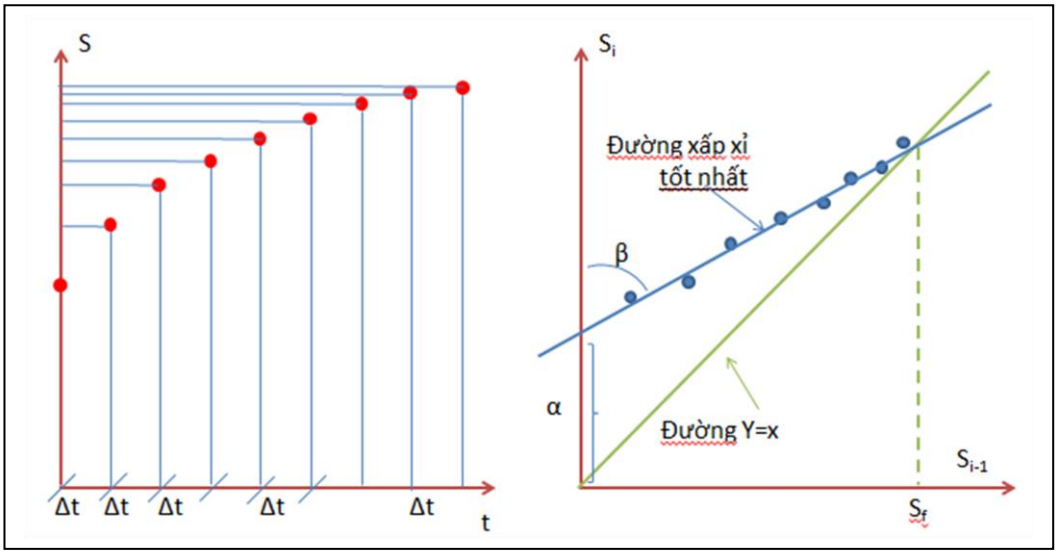
**3. Các phương pháp dự báo độ lún**

***a. Phương pháp Asaoka***

Đây là phương pháp do nhà địa kỹ thuật người Nhật Bản đề xuất năm 1978 và sau đó được công đồng địa kỹ thuật trên thế giới sử dụng rộng rãi trong đó có Việt Nam.

Nội dung của phương pháp Asaoka dựa trên lý thuyết cố kết một chiều của Terzaghi, nó được biểu diễn bằng phương trình sau:

$$S_i = \alpha + \beta S_{i-1} \quad (2)$$




*Hình 1. Nội dung phương pháp Asaoka*

Trên cơ sở phương trình cố kết này ông đưa ra giả pháp dự báo độ lún toàn phần bằng phương pháp đồ giải gồm các bước sau:

Sau khi chất đủ tải, trong thời gian chờ cố kết tổ chức quan trắc theo các chu kỳ cố định ($\Delta t = const$)

Dựng hệ trục tọa độ vuông góc với trục tung là $S_i$ và trục hoành là $S_{i-1}$. Mỗi một cặp số liệu $S_i$ và $S_{i-1}$ sẽ cho chúng ta một điểm. Theo lý thuyết tất cả các điểm sẽ nằm trên một đường thẳng, đường thẳng này có độ dốc là $\beta$ ($\beta < 1$) và cắt trục tung tạo vị trí có tọa độ (0, α)

Do đã dừng chất tải nên áp lực tác động lên bề mặt lớp đất yếu là cố định nên đất sẽ dần dần cố kết. Độ cố kết của đất càng tăng thì tốc độ lún của đất cũng giảm dần. Khi độ cố kết đạt 100% lún cố kết sẽ chấm dứt, tốc độ lún sẽ bằng không, nghĩa là $S_i = S_{i-1}$ đường thẳng $S_i = \alpha + \beta S_{i-1}$ sẽ cắt đường phân giác của hệ trục tọa độ, hoàng độ của điểm giao cắt chính là độ lún toàn phần và nó được xác định theo công thức sau:

$$S_f = \frac{\alpha}{1-\beta} \tag{3}$$

Phương pháp đồ giải để giải bài toán Asaoka tuy rất tiện lợi, dễ hiểu và dễ sử dụng nhưng nó cũng bộc lộ rất nhiều nhược điểm. Thứ nhất, để xác định hệ số α chúng ta cần tiến hành ngoại suy. Khi thời gian đắp kéo dài thì khoản cách ngoại suy càng lớn nên việc xác định hệ số α càng kém chính xác; Thư hai khi hệ số β xấp xỉ bằng 1 thì đường xấp xỉ tốt nhất gần như song song với đường phân giác (Y = x) nên rất khó xác định vị trí giao cắt của hai đường này làm giảm đáng kể độ chính xác xác định độ lún toàn phần và cuối cùng phương pháp đồ giải không thể đánh giá được độ chính xác của các yếu tố dự báo và đây là nhược điểm lớn nhất của phương pháp này. Để khắc phục các nhược điểm này chúng tối đã đưa ra thuật toán để giả bài toán này bằng nguyên ly bình phương nhỏ nhất.

***b. Phương pháp hyperbolic***

Trong phương pháp hyperbolic diễn biến độ lún theo thời gian được mô tả bằng phương trình

$$S_t = S_o + \frac{t}{\alpha + \beta t} \tag{4}$$

Trong đó $S_t$ - Độ lún tại thời điểm t đang xét

So - Độ lún tại thời điểm vưban đầu (thời điểm dừng cấp tải)

t - Thời gian

α, β - Các hệ số

Đây là phương trình của một đường hyperbolic nên phương pháp này được gọi là phương pháp hyperbolic.

Độ lún toàn phần SF chính là giới hạn của hmf (4) khi $t \to \infty$. Dễ dàng thấy rằng khi $t \to \infty$ thi $S_t \to S_F = S_o + 1/\beta$. Để xác định các hệ số α và β các nhà địa kỹ thuật cũng thường sử dụng phương pháp đồ giải nhưng đây là các giải gần đúng và cũng có nhược điểm lớn là không đánh giá được độ chính xác của các yếu tố dự báo nên chúng tôi cũng đã đưa ra thuật toán để giải nó theo nguyên lý bình phương nhỏ nhất.

Ngoài hai phương pháp trên đây thì hàm số mũ cũng là một hàm rất phù hợp để dự báo độ lún.

**4. Một số bất cập trong quan trắc các tuyến đường giao thông hiện nay**

Chúng tôi có may mắn được tiếp cận với một số hồ sơ quan trắc của một công trình giao thông của Viêt Nam trong đó có một công trình rất lớn, quan trọng do một công ty nổi tiếng của nước ngoài thi công. Công tác quan trắc được giao cho một đối tác của Việt Nam thực hiện. Hồ sơ gồm số liệu quan trắc của 28 điểm quan trắc độ lún (bàn lún). Thời gian quan trắc kéo dài trên dưới 1 năm trong đó thời gian quan trắc chờ cố kết từ 15 đến 21 tuần, chu kỳ quan trắc 1 tuần /1 lần, toàn bộ số liệu được xử lý bằng phương pháp Asaoka. Theo báo cáo chính thức của Ban quản lý dự án chất lượng công tác xử lý đất yếu thông qua các kết quả quan trắc là rất tốt. Với dộ cố kết K thiết kế là 90% thì tất độ cố kết tại tất cả các điểm quan trắc (bàn lún) đều đạt và vượt yêu cầu. Cụ thể như sau:

| Thứ tự | Chỉ tiêu cố kết | Số lượng | % |
|---|---|---|---|
| 1 | K<90% | 0 | 0% |
| 2 | 90%<K<95% | 3 | 10.7% |
| 3 | K>95% | 25 | 89.3% |

Việc xử lý số liệu quan trắc của nhà thầu được thực hiện bằng phương pháp Asaoka đồ giải với sự trợ giúp của phần mềm Excels nên kết quả tính toán là chính xác nhưng thiếu phần đánh giá độ chính xác của các kết quả dự báo nên không thể biết độ tin cậy của các kết quả trên đây như thế nào.

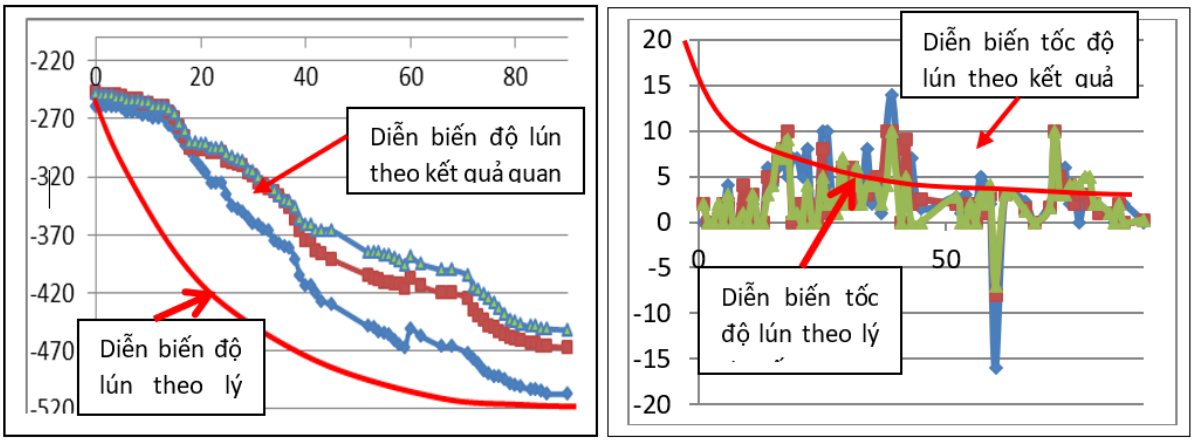
Chúng tôi đã tiến hành xử lý lại các chuỗi số liệu quan trắc theo nguyên lý bình phương nhỏ nhất kết hợp với việc đánh giá độ chính xác của các kết quả dự báo theo các công thức của lý thuyết sai số. Các kết quả tính toán của chúng tôi và của nhà thầu đề phù hợp với nhau. Kết quả đánh giá độ chính xác của các yếu tố dự báo được thống kê trong bảng sau

| Thứ tự | Sai số $m_K$ | Số lượng | % |
|---|---|---|---|
| 1 | <10% | 1 | 3.6 |
| 2 | 10.1%< $m_K$<20% | 7 | 25.0 |
| 3 | 20.1%< $m_K$<30% | 8 | 28.0 |
| 4 | 30.1%< $m_K$<40% | 1 | 3.6 |
| 5 | 40.1%< $m_K$<50% | 6 | 21.4 |
| 6 | $m_K$>50% | 5 | 17.8 |

Như vậy, nếu chỉ đánh giá chất lượng của công tác cải tạo đất qua giá trị của độ cố kết K nhận được thì chúng ta có một bức tranh rất sáng sủa: Độ cố kết vượt và vượt rất xa so với giá trị mà TVTK yêu cầu. Tuy nhiên nếu tham khảo thêm sai số của độ cố kết mắc phải thì kết quả quan trắc không thể được xếp vào loại đạt yêu cầu. Nếu giới hạn sai số $m_K$<10% thì chỉ có m điểm quan trắc đạt yêu cầu còn 95% các điểm quan trắc là không đat. Tại các vị trí này mặc dù độ cố kết đạt rất cao nhưng vẫn tiềm ẩn nguy cơ xảy ra lún nứt.

Cần lưu ý rằng việc quan trắc tại dự án trên đây được thực hiện "cẩn thận" nhất so với rất nhiều các dự án mà chúng tôi có điều kiện tiếp cận. Rất nhiều dự án khác công tác quan trắc

được thực hiện với độ chính xác kém tới mức không thể xử lý nổi, các chuỗi số liệu quan trắc dưới đây là một ví dụ




*Hình 2. Diễn biến độ lún và tốc độ lún theo thời gian: Vai trái (xanh dương), Tim(đỏ), vai phải (lục)*

Từ đồ thị chúng ta thấy các số liệu quan trắc hoàn toàn không phù hợp với diễn biến theo lý thuyết cơ học đất của độ lún và tốc độ lún theo thời gian và điều này chỉ có thể lý giải bơie nguyên nhân chất lượng kém của công tác quan trắc.

Theo ý kiến của chúng tôi nguyên nhân của hiện trạng yếu kém trên đây là

***a. Các cán bộ làm công tác quan trắc không được đào tạo***

Như chúng tôi đã nói ở trên công tác quan trắc thường do các nhà thầu tự thực hiện. Thông thường các nhà thầu không có cán bộ quan trắc chuyên nghiệp mà công việc này thường do cán bộ kỹ thuật thi công thực hiện. Do không được đào tạo bài bản nên họ không có kiến thức đầy đủ về chuyên môn do đó không am hiểu về qui trình quan trắc, về cơ chế tác động của các sai số. Do không am hiểu nhiều nên đa số các cán bộ kỹ thuật như vậy lại rất chủ quan cho rằng việc quan trắc độ lún là một việc quá đơn giản chính vì vậy họ thường thực hiện việc đo thủy chuẩn không theo qui trình cần thiết để loại trừ các loại sai số do đó chất lượng đo cực kỳ kém thậm chí trong các chuỗi số liệu quan trắc còn tồn tại rất nhiều sai số thô khi xử lý số liệu cho ra các kết quả vô lý

***b. Sử dụng máy móc thiết bị không phù hợp***

Muốn chất lượng công tác quan trắc tốt phải đầu tư thiết bị chuyên dùng đắt tiền nhưng hầu hết các nhà thầu sử dụng máy thủy bình có độ chính xác thấp và mia rút bằng nhôm (chỉ dùng để phục vụ cho thi công) thậm chí sử dụng máy toàn đạc điện tử để thực hiện công tác quan trắc. Các thiết bị nói trên vừa có độ chính xác thấp lại có thể không được kiểm nghiệm hiệu chỉnh định kỳ đúng qui định, kết quả là sai số của máy móc lớn hơn nhiều so với độ lún cần quan trắc làm cho các số liệu quan trắc sẽ không có độ tin cậy như mong muốn.




*Hình 3. Sử dụng thiết bị không phù hợp để quan trắc độ lún*

***c. Không đánh giá độ chính xác của các kết quả dự báo***

Tất cả các số liệu báo cáo đều không được đánh giá độ chính xác do đó người sử dụng không thể biết được mức độ tin cậy của các số liệu được cung cấp dẫn đến việc có thể đưa ra các quyết định không chính xác

***d. Các yêu cầu kỹ thuật đối với công tác quan trắc chưa được qui định một cách chặt chẽ trong tiêu chuẩn kỹ thuật chuyên ngành.***

Liên quan đến độ chính xác quan trắc lún nền đường ô tô đắp trên đất yếu trong mục II.3.2 của 22TCN 362-2000 - Qui trình khảo sát thiết kế nền đường ô tô trên đất yếu qui định: ”Mức độ chính xác yêu cầu phải đến mm”. Qui định như vậy là chưa chặt chẽ vì người ta có thể hiểu mức độ mm là độ chính xác nằm trong khoảng từ 1 đến 9 mm. Nếu quan trắc lún với độ chính xác cỡ vài milimet ở giai đoạn đầu khi độ lún của nền đất khoảng hàng chục milimet thì còn chấp nhận được nhưng ở giai đoạn cuối khi độ cố kết đã đạt 70-80% độ lún quan trắc chỉ cỡ 1-2 mm thậm chí nhỏ hơn 1 mm trong một chu kỳ quan trắc thì rõ ràng độ chính xác như qui định như trên là không đủ.

Những bất cập trên đây là nguyên nhân chính làm cho của công tác quan trắc do các nhà thầu thực hiện có chất lượng cực kỳ kém ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng của các tuyến đường. Theo đánh giá của chúng tôi nguyên nhân chính của các hư hỏng trên các tuyến đường cao tốc ngàn tỷ như hình ảnh dưới đây là do chất lượng kém của công tác quan trắc gây ra.




*Hình 4. Hư hỏng đặc trưng trên một số tuyến đường ở Việt Nam*

## 5. Kết luận và kiến nghị

### *a. Kết luận*

Công tác quan trắc độ lún khi xây dựng các công trình giao thông hiện nay còn nhiều bất cập, chất lượng thực tế của công tác xử lý đất yếu chưa được thực sự tốt như trong báo cáo của nhà thầu. Đây không phải là một trường hợp cá biệt mà là tình trạng phổ biến trên hầu hết các công trình giao thông và có lẽ đây là một trong những nguyên nhân dẫn đến sự hư hỏng nhanh chóng của rất nhiều tuyến đường, cá biệt có những công trình có vốn đầu tư hàng tỷ đô la nhưng vừa đưa vào khai thác sử dụng đã bị lún, nứt gây bức xúc trong dư luận. Vì vậy cần có giải pháp để nâng cao chất lượng của công tác quan trắc để góp phần nâng cao chất lượng của các tuyến đường trong giai đoạn tới khi mà chúng ta đã và sẽ triển khai nhiều dự án giao thông quan trọng trong đó có dự án cao tốc Bắc Nam CT01 và 5000 km cao tốc khác.

### *b. Kiến nghị*

Để nâng cao chất lượng của các công trình giao thông đắp trên nền đất yếu cần phải nhanh chóng nâng cao chất lượng của công tác quan trắc và phải đưa việc quản lý chất lượng công tác quan trắc vào nề nếp. Để làm việc này cần tiến hành một loạt các biện pháp đồng bộ như: Soát xét lại các qui định về yêu cầu độ chính xác của công tác quan trắc, tốt nhất nên ban hành một tiêu chuẩn riêng về công tác quan trắc trong xử lý đất yếu, ban hành qui trình lập, thẩm định và phê duyệt phương án kỹ thuật quan trắc và báo cáo kỹ thuật quan trắc có sự tham gia giúp ý của các chuyên gia am hiểu về công tác này và cuối cùng là phải trang bị cho đội ngũ cán bộ kỹ thuật làm công tác quan trắc những kiến thức cơ bản về quan trắc hiện trường và xử lý số liệu đồng thời phải trang bị cho họ các thiết bị quan trắc phù hợp có như vậy mới nâng cao được chất lượng của công tác quan trắc và cũng là nâng cao được chất lượng của công trình.

## Tài liệu tham khảo

1. 22TCN 262-2000 Qui trình khảo sát nền đường ô tô đắp trên đất yếu - Tiêu chuẩn thiết kế (Ban hành theo Quyết định số 1398/QĐ-BGTVT ngày 1/ 6/ 2000 của Bộ trưởng Bộ GTVT)
2. TCVN 9842:2013 Xử lý đất yếu bằng phương pháp cố kết hút chân không có màng kín khí trong xây dựng các công trình giao thông -Thi công và nghiệm thu
3. Ngô văn Hợi. Đánh giá độ cố kết của đất yếu thông qua các kết quả quan trắc lún bằng phương pháp Trắc địa, Tạp chí KHCN Xây dựng số 3 2010, p 44-48
4. GBT/21275-2017 Quan trắc độ lún nền đường đắp trên đất yếu (bản tiếng Trung)
5. A. Asaoka “Observational Procedure of Settlement Prediction”, Soil and Foundations Vol. 18, Dec. 1978.

# ABSTRACT

## SETTLEMENT MONITORING OF TRAFFIC WORK

**Ngo Van Hoi**

*National technical council expert*

In the training program of Surveying Engineering at the Department of Geomatics and Land-Administration, there are narrow specialized subjects such as Industrial Engineering, Traffic Works and Hydrograhic Surveying in which the Surveying section of civil works. In industry, Surveying of Hydrograhic works has deformation monitoring including settlement monitoring and horizontal displacement monitoring. However, in the Traffic works, the deformation monitoring, especially the settlement monitoring has many characteristics that are very different from those of civil and industrial works or hydrographic works, leading to the process of the monitoring as well as the data processing is not the same as what we have done for industrial works so far. In this article, we will present the characteristics of settlement monitoring on traffic works to provide some important information on this issue.

*Keyword:* Settlement Monitoring, Deformation Monitoring, Traffic Works.

- when it has to be **right**

Leica Geosystems




CÔNG TY CỔ PHẦN THIẾT BỊ SISC VIỆT NAM

ĐẠI DIỆN PHÂN PHỐI CHÍNH HÃNG LEICA GEOSYSTEMS/HEXAGON

CUNG CẤP GIẢI PHÁP TRỌN GÓI:

- Máy toàn đạc điện tử
- Thiết bị định vị vệ tinh GNSS
- Máy thủy chuẩn
- Hệ thống quan trắc công trình
- Thiết bị GIS
- Máy quét laser 3D
- Thiết bị lập bản đồ số di động
- Máy chụp ảnh, quét LiDAR hàng không
- Các giải pháp phần mềm địa không gian

SISC GROUP
Science for life

CÔNG TY CỔ PHẦN THIẾT BỊ SISC VIỆT NAM
SISC VIETNAM INSTRUMENTATION JOINT STOCK COMPANY
Văn phòng 1: SISC Tower, Số 63 - 71 Láng Hạ, Ba Đình, Hà Nội
Văn phòng 2: Số 19 Phố Thọ Tháp, Cầu Giấy, Hà Nội
Tel: 84 - 24 3747 2258 - Fax: 84 - 24 3747 2260
Website: www.sisc.com.vn - Email: info@sisc.com.vn

CÔNG TY CỔ PHẦN THIẾT BỊ SÀI GÒN
SAIGON INSTRUMENTATION JOINT STOCK COMPANY
Số 27 - 29 - 31 Đường 9A, Đô thị Nam Sài Gòn
Bình Chánh, TP. Hồ Chí Minh
Tel: 84 - 28 5431 8877 - Fax: 84 - 28 5431 8570
Website: www.sisc.com.vn - Email: info@sisc.com.vn

# TIỂU BAN 2

## CÔNG NGHỆ MỚI TRONG VIỄN THÁM VÀ ĐỊA TIN HỌC

# CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN TRONG THAM MƯU VÀ BẢO ĐẢM ĐỊA HÌNH CHO CÁC HOẠT ĐỘNG CỦA QUÂN ĐỘI

**Hoàng Minh Ngọc**
*Cục Bản đồ/BTTM QĐND Việt Nam*
*Tác giả liên hệ: Ngocmpt68@gmail.com*

**Tóm tắt**: Cục Bản đồ/BTTM QĐND Việt Nam là cơ quan tham mưu chiến lược đầu ngành toàn quân về Địa hình quân sự, có chức năng nhiệm vụ tham mưu và bảo đảm địa hình cho hoạt động của Quân đội. Đồng thời kết hợp kinh tế - quốc phòng, quốc phòng - kinh tế phục vụ phát triển kinh tế xã hội. Trong những năm qua, Cục Bản đồ đã tập trung nghiên cứu phát triển và ứng dụng mạnh mẽ khoa học - công nghệ địa không gian vào lĩnh vực chuyên ngành Địa hình quân sự trên cơ sở của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0; nổi bật trên các lĩnh vực sau:

**Từ khóa:** Địa hình quân sự, Công nghệ viễn thám, Định vị-dẫn đường, GIS

## 1. Công nghệ Viễn thám

Cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ trong kỷ nguyên số và cuộc Cách mạng Công nghiệp 4.0, Cục Bản đồ đã đẩy mạnh ứng dụng công nghệ Viễn thám phục vụ mục đích quốc phòng. Về hệ thống văn bản quy phạm pháp luật: đã hoàn thành Kế hoạch triển khai thực hiện Chiến lược phát triển viễn thám quốc gia đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2040 trong Bộ Quốc phòng; ban hành Thông tư quy định hoạt động viễn thám quân sự, hướng dẫn triển khai thống nhất trong toàn quân. Các kết quả nổi bật trong lĩnh vực viễn thám quân sự gồm:

- Ứng dụng ảnh vệ tinh các chủng loại khác nhau để xây dựng cơ sở dữ liệu (CSDL) địa hình và thông tin địa lý quân sự, nâng cao hiệu quả công tác ĐHQS: Thành lập, cập nhật bản đồ, xây dựng CSDL địa hình và thông tin địa lý; hỗ trợ giải quyết các bài toán phân tích, chiết xuất thông tin chuyên đề; thành lập mô hình số độ cao (DEM) từ ảnh vệ tinh lập thể; ứng dụng thiết bị bay không người lái có điều khiển (UAV) trong thành lập bản đồ tỷ lệ lớn có độ chính xác cao, bản đồ 3 chiều (3D), ...

- Chủ trì thực hiện 02 đề tài NCKH cấp Quốc gia thuộc Chương trình KHCN Vũ trụ do Việt Hàn lâm KHCN Việt Nam chủ trì: "Nghiên cứu kết hợp ảnh viễn thám quang học và radar thành lập bản đồ chuyên đề quân sự, hỗ trợ đánh giá địa hình lãnh thổ Việt Nam và vùng phụ cận phục vụ nhiệm vụ quốc phòng"; "Ứng dụng ảnh Vệ tinh VNREDSat-1 để xây dựng CSDL địa hình và thông tin địa lý quân sự nâng cao hiệu quả công tác tham mưu và bảo đảm địa hình ngoài lãnh thổ".

- Xây dựng CSDL địa hình và bản đồ phục vụ ứng phó thiên tai và tìm kiếm cứu nạn các khu vực trọng điểm; xây dựng CSDL bản đồ khu vực cấm bay, khu vực hạn chế bay đối với tàu bay không người lái và các thiết bị bay siêu nhẹ; thành lập bản đồ không gian 3 chiều các thành phố trọng điểm về Quốc phòng - An ninh,… Đang hoàn thiện thủ tục trình Thủ tướng Chính phủ phê duyệt để triển khai Đề án "Ứng dụng viễn thám phục vụ mục đích quốc phòng". Để thực hiện các nhiệm vụ của Quân đội, Cục Bản đồ đã triển khai đầu tư hệ thống bay quét Lidar và chụp ảnh số đa hướng CityMapper2 phục vụ thành lập bản đồ 3D các thành phố.

Hoạt động viễn thám quân sự được tiến hành và tổ chức ở cả 03 tầng không gian: Tầng

cao (vệ tinh), tầng trung (hàng không) và tầng thấp (thiết bị bay không người lái UAV). Đi kèm là hạ tầng kỹ thuật bảo đảm bao gồm hệ thống trạm thu nhận ảnh mặt đất, trang thiết bị và phần mềm chuyên dụng đồng bộ.

Nhu cầu về sử dụng dữ liệu ảnh viễn thám trong các hoạt động quân sự là là rất lớn. Thông tin chiết xuất từ dữ liệu viễn thám là đầu vào quan trọng để các hệ thống vũ khí công nghệ cao, thế hệ mới hoạt động có hiệu quả, phát huy tính năng kỹ-chiến thuật. Các kỹ thuật và thuật toán được phát triển cho phép ứng dụng thành quả của trí tuệ nhân tạo đã giúp xác định vị trí và nhận dạng chính xác đối tượng từ ảnh viễn thám đảm bảo tính thời sự của thông tin trong lĩnh vực quân sự.

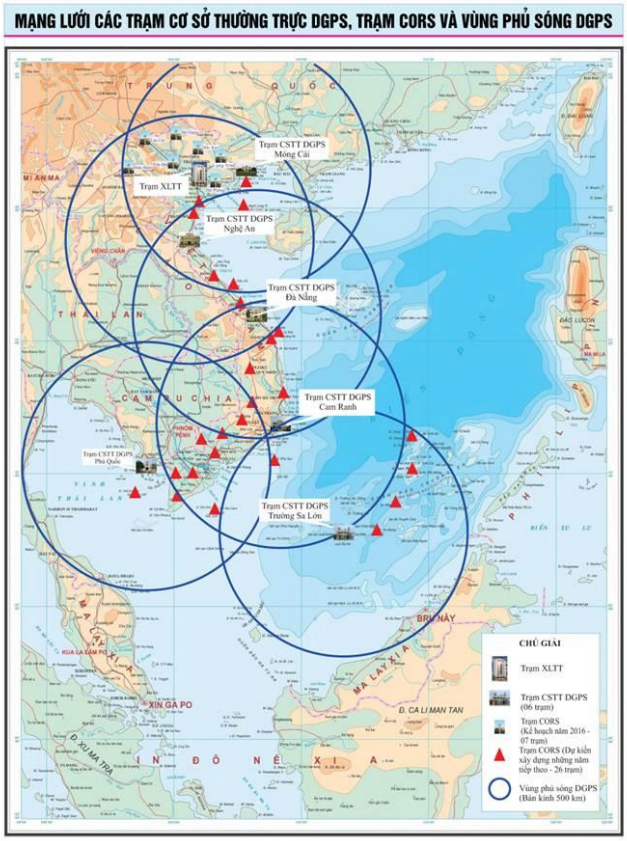
Việc nghiên cứu, ứng dụng công nghệ Viễn thám trong Quân đội đã được triển khai để cập nhật chỉnh lý CSDL nền địa lý và bản đồ phục vụ nhiệm vụ quân sự, quốc phòng; ứng phó thiên tai và tìm kiếm cứu nạn; các hoạt động trinh sát địa hình, giám sát, theo dõi tàu thuyền, giàn khoan, phương tiện nổi trên biển, căn cứ, mục tiêu, công trình quân sự, công trình xây dựng vi phạm chủ quyền lãnh thổ; quản lý biên giới, lãnh thổ,... đem lại hiệu quả thiết thực.

Thông qua các chương trình, đề tài cấp quốc gia, cấp bộ và cơ sở, học tập, huấn luyện chuyên sâu, nâng cao trình độ tại các cơ sở đào tạo có uy tín trong và ngoài nước, đội ngũ cán bộ khoa học kỹ thuật chuyên ngành viễn thám đã có cơ hội nghiên cứu, trao đổi học thuật, chuyển giao công nghệ, từng bước nâng cao trình độ chuyên môn, làm chủ và tiệm cận công nghệ của khu vực và thế giới.

**2. Công nghệ Định vị, dẫn đường**

Cục Bản đồ đã hoàn thành xây dựng Hệ thống Trạm định vị vệ tinh quân sự hiện đại chất lượng cao, phù hợp với điều kiện Việt Nam bảo đảm các yêu cầu về đo đạc, định vị và dẫn đường cho các nhiệm vụ Quốc phòng - An ninh. Hệ thống Trạm định vị vệ tinh quân sự được thiết kế và triển khai xây dựng trên phạm vi toàn quốc bao gồm 50 trạm, tập trung ở các khu vực biên giới đất liền, các đảo ven bờ và Quần đảo Trường Sa để đáp ứng các yêu cầu đo đạc, định vị, dẫn đường và thu thập thông tin địa lý độ chính xác cao trong không gian tác chiến của Quân đội. Hệ thống Trạm điều khiển xử lý trung tâm có nhiệm vụ giám sát, điều khiển hoạt động các trạm CSTT DGPS, trạm CORS; thu nhận, quản lý, chuẩn hóa, lưu trữ và cấp phát dữ liệu GNSS phục vụ mục đích khác nhau. Các trạm CSTT DGPS có nhiệm vụ điều biến tín hiệu, kiểm tra chất lượng tín hiệu, khuếch đại và phát tín hiệu hiệu chỉnh DGPS; độ chính xác định vị dưới 1m với bán kính 100km; dưới 2m với bán kính 200km; dưới 3m với bán kính 300km; bán kính phát tối đa 500 km; chế độ hoạt động 24/24 h. Các trạm Cors có nhiệm vụ thu tín hiệu GNSS liên tục, đóng vai trò như một mốc tọa độ, độ cao.

Dữ liệu các trạm định vị vệ tinh GPS/DGPS tích hợp với hải đồ điện tử đã được lắp đặt đồng bộ cho các tàu của Quân chủng Hải quân, BTL Cảnh sát biển và lực lượng Kiểm ngư, góp phần nâng cao công tác bảo đảm an toàn hàng hải và đấu tranh bảo vệ chủ quyền quốc gia. Ngoài ra, hệ thống này còn ứng dụng tích hợp công nghệ (GPS, GPRS, GIS) phục vụ định vị, dẫn đường và giám sát, lắp đặt cho các phương tiện cơ động quân sự; nghiên cứu xây dựng mô hình Quasigeoid cục bộ phục vụ cho nhiệm vụ định vị, dẫn đường trực tiếp bằng công nghệ GNSS của Quân đội... Bên cạnh đó, Cục Bản đồ còn nghiên cứu ứng dụng công nghệ thành lập trạm tham chiếu ảo sử dụng các Trạm CSTT DGPS/CORS; nghiên cứu chế tạo thiết bị quản lý, giám sát, điều hành xe cứu hộ, cứu nạn; quản lý, giám sát máy bay trực thăng, vận tải trên nền địa hình quân sự.



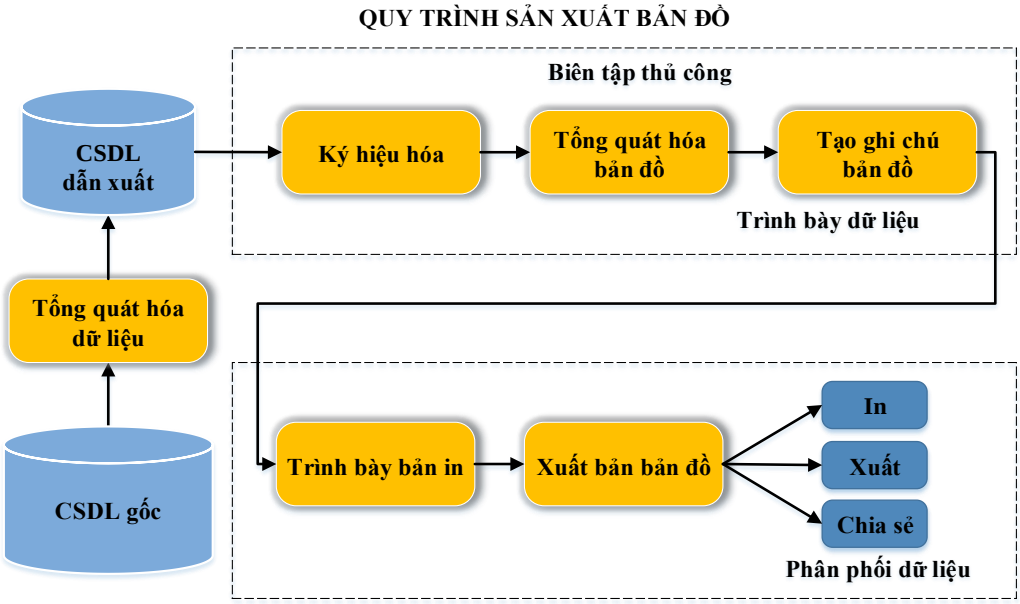

*Hình 1: Mạng lưới trạm Cơ sở thường trực DGPS và trạm CORS của Việt Nam*

Hiện nay, Cục Bản đồ đang nghiên cứu tiền khả thi xây dựng Hệ thống định vị dẫn đường mặt đất (eLoran), dự kiến bắt đầu triển khai trong gian đoạn 2024-2028. Đây là là hệ thống định vị độc lập, không phụ thuộc vào các Hệ thống GNSS và không bị phá nhiễu, đảm bảo yếu tố bí mật trong định vị dẫn đường cho các phương tiện quân sự.

**3. Công nghệ mô phỏng và GIS**

Cục Bản đồ đã hoàn thành giải pháp công nghệ sản xuất bản đồ từ CSDL nền địa lý, đang ứng dụng có hiệu quả trong triển khai sản xuất CSDL địa hình theo mô hình quản lý tập trung; đã hoàn thành giải pháp tổng quát hóa tự động CSDL nền địa lý tỷ lệ 1:50.000 và 1:100.000 từ CSDL nền địa lý tỷ lệ 1:25.000; tiếp tục nghiên cứu giải pháp tổng quát hóa CSDL nền địa lý tỷ lệ 1:500.000 và 1:1.000.000 từ CSDL nền địa lý tỷ lệ 1:250.000 nhằm đồng bộ hệ thống sản xuất bản đồ theo xu hướng công nghệ tự động hóa.

Trong những năm qua, Cục Bản đồ đã làm chủ công nghệ mô phỏng và thành lập bản đồ 3 chiều(3D), đang triển khai thực hiện Dự án "*Thành lập bản đồ không gian 3 chiều một số thành phố trọng điểm"* về quốc phòng - an ninh; hoàn thành giải pháp công nghệ sản xuất sa bàn bằng công nghệ cắt 3D; đã nghiên cứu thành công giải pháp công nghệ sa bàn tương tác 3D phục vụ mô phỏng, diễn tập, huấn luyện, sẵn sàng chiến đấu, dự kiến sẽ chuyển giao công nghệ ứng dụng trong toàn quân đồng bộ với Bộ phần mềm viết, vẽ văn kiện tác chiến trên nền bản đồ số địa hình 2D, 3D nhằm rút ngắn thời gian tác nghiệp, phục vụ hiệu quả công tác huấn luyện và diễn tập trong toàn quân.




*Hình 2: Quy trình công nghệ sản xuất bản đồ tại Cục Bản đồ*

Bên cạnh đó, Cục Bản đồ cũng đã chủ động nghiên cứu phát triển các giải pháp phần mềm ứng dụng Hệ thông tin địa lý (GIS), đang triển khai Hệ thống thông tin địa lý tham mưu địa hình cho các hoạt động của Quân đội và nghiên cứu triển khai xây dựng Hệ thông tin địa lý tham mưu địa hình trên nền tảng công nghệ GIS3D.

Cùng với xu hướng phát triển công nghệ phân tích dữ liệu lớn trên nền tảng trí tuệ nhân tạo, Cục Bản đồ đã triển khai ứng dụng quản lý dữ liệu địa lý, dữ liệu viễn thám theo mô hình đa tỷ lệ theo công nghệ Bigdata nhằm kịp thời chia sẽ, cung cấp thông tin cho các cơ quan, đơn vị trong toàn quân khai thác sử dụng đáp ứng yêu cầu, nhiệm vụ của Quân đội trong tình hình mới. Đồng thời các dữ liệu này cũng được chuẩn hóa, tích hợp cho Hệ thống trang bị vũ khí hiện đại nhằm phát huy tối đa tính năng kỹ - chiến thuật của vũ khí, khí tài trong điều kiện chiến tranh hiện đại.

## 4. Kết luận

Công nghệ địa không gian có vai trò rất quan trọng trong các hoạt động quân sự quốc phòng, góp phần bảo vệ chủ quyền biên giới lãnh thổ. Vì vậy, cần có sự phối hợp chặt chẽ giữa các cơ quan, đơn vị trong và ngoài Quân đội tham mưu cho Chính phủ xây dựng, hoàn thiện cơ chế chính sách nhằm thúc đẩy, khuyến khích nghiên cứu khoa học công nghệ Địa không gian phục vụ nhiệm vụ quốc phòng - an ninh và phát triển kinh tế xã hội của đất nước trong kỷ nguyên số.

Các kết quả nghiên cứu cần được kịp thời ứng dụng trong thực tiễn cùng với việc chia sẻ thông tin dữ liệu trong khuôn khổ quy định của pháp luật nhằm nâng cao hơn nữa vai trò của công nghệ Địa không gian trong phát triển kinh tế - xã hội./.

# ỨNG DỤNG GIS VÀ VIỄN THÁM THEO DÕI THỜI VỤ TRỒNG LÚA TẠI HUYỆN PHÚ VANG, TỈNH THỪA THIÊN HUẾ

**Trương Đỗ Minh Phượng, Trịnh Ngân Hà, Nguyễn Văn Tiệp**
*Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế*
*Tác giả liên hệ: truongdominhphuong@huaf.edu.vn*

**Tóm tắt:** Nghiên cứu này được thực hiện nhằm nghiên cứu khả năng ứng dụng được công nghệ GIS - Viễn thám để theo dõi thời vụ trồng lúa và xây dựng bản đồ phân vùng mùa vụ trồng lúa tại huyện Phú Vang, tỉnh Thừa Thiên Huế. Nghiên cứu đã sử dụng ảnh chuỗi ảnh viễn thám Sentinel-2 của các tháng trong năm 2019 tại khu vực nghiên cứu để phân tích sự biến động theo thời gian của giá trị NDVI trong từng lớp đối tượng từ đó giúp xác định được các khu vực vùng trồng lúa và lịch thời vụ tại địa bàn nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng sử dụng ảnh viễn thám Sentinel và các phương pháp giải đoán ảnh dựa trên chỉ số NDVI có ứng dụng lớn trong việc theo dõi lịch thời vụ trồng lúa và xây dựng bản đồ phân vùng mùa vụ đất trồng lúa năm 2019 tại huyện Phú Vang với tổng diện tích đất trồng lúa 2 vụ là 5.624,1 ha (chiếm 87,7% tổng diện tích lúa gieo trồng toàn huyện), được trải rộng trên diện tích của toàn huyện ở nhiều xã và diện tích đất trồng lúa 1 vụ là 1.570,8 ha (chiếm 12,3% diện tích), phân bố chủ yếu tại các xã ven đầm phá như Phú An, Phú Diên, Phú Đa, Vinh Xuân, Vinh Hà và Vinh Thái.

**Từ khóa:** GIS, NDVI, Sentinel, thời vụ trồng lúa, viễn thám.

## 1. Đặt vấn đề

Cơ cấu mùa vụ lúa hiện nay tại tỉnh Thừa Thiên Huế nói chung và huyện Phú Vang nói riêng còn khá phức tạp khiến cho công tác điều tra, thống kê, theo dõi thời vụ xuống giống, lập bản đồ hiện trạng vùng trồng lúa trở nên khó khăn. Hiện nay, công tác theo dõi thời vụ xuống giống chủ yếu dựa vào điều tra và các báo cáo định kỳ, điều này không đảm bảo được độ chính xác, đòi hỏi nhiều thời gian, kinh phí và thường không đáp ứng kịp nhu cầu ra quyết định, hoạch định chính sách của địa phương [3]. Do đó, việc theo dõi được diện tích gieo trồng các vùng lúa ở từng thời điểm của từng địa phương sẽ giúp cho các nhà quản lý nông nghiệp dễ dàng giám sát được sự sinh trưởng và phát triển của cây lúa; quản lý, chỉ đạo sản xuất và hạn chế những thiệt hại do thiên tai gây ra, đảm bảo sản xuất có hiệu quả.

Ngày nay, nhiều nghiên cứu trên thế giới đã cho thấy khả năng sử dụng dữ liệu viễn thám, vệ tinh thu nhận tại các thời điểm thích hợp có thể giúp theo dõi sự phát triển cây lúa và lập bản đồ vùng trồng lúa. Với sự phát triển của hệ thống ảnh viễn thám có độ phân giải thời gian cao và sử dụng miễn phí, có khả năng đáp ứng được nhu cầu cho việc theo dõi tiến độ phát triển cây lúa, xác định cơ cấu mùa vụ trên diện rộng cho các khu vực trên địa bàn tỉnh và việc sử dụng ảnh vệ tinh vào nghiên cứu thực trạng, đưa ra hướng giải quyết các vấn đề thực tiễn không còn xa lạ [1]. Việc ứng dụng GIS và viễn thám theo dõi lịch thời vụ trồng lúa có nhiều ưu điểm như ít tốn kém, tiết kiệm thời gian và công sức hơn nhưng vẫn có thể đảm bảo tính chính xác

so với việc đi thăm đồng trực tiếp sẽ giúp các nhà quản lý có nhiều quyết định chính xác trong việc quy hoạch cũng như định hướng phát triển cây lúa nói riêng và nền nông nghiệp của tỉnh Thừa Thiên Huế nói chung.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Phương pháp thu thập và phân tích và xử lý số liệu

Nghiên cứu tiến hành thu thập dữ liệu ảnh viễn thám Sentinel-2 của 11 tháng trong năm 2019 được tải về từ trang https://scihub.copernicus.eu nhằm theo dõi cơ cấu mùa vụ trồng lúa tại huyện Phú Vang. Ảnh được tải có độ phân giải thời gian là 10 ngày chụp lặp và độ phân giải không gian là lần lượt là 10 m (kênh 2, 3, 4, 8), 20 m (kênh 5, 6, 7, 8A, 11, 12) và 60 m (kênh 1, 9, 10).

Các ảnh sau khi được tải về sẽ được tiến hành tiền xử lý trên phần mềm ArcGIS gồm loại nhiễu dưới ảnh hưởng của sương mù, khí quyển và điều kiện chiếu sáng; cắt ảnh theo ranh giới và loại bỏ mây trên khu vực nghiên cứu để phục vụ cho các bước phân loại tiếp theo.Các số liệu được tính toán, tổng hợp dưới dạng bảng, biểu đồ trên các phần mềm xử lý số liệu như Excel nhằm đưa ra những phân tích, đánh giá cho các nội dung nghiên cứu.

### 2.2. Phương pháp kết hợp công nghệ GIS và viễn thám

#### *2.2.1. Tạo chỉ số khác biệt thực vật - NDVI*

Các ảnh sau khi được tiền xử lý sẽ sử dụng công cụ Raster Caculator của phần mềm ArcGIS để tính toán chỉ số NDVI cho từng tháng và tạo chuỗi ảnh NDVI đa thời gian cho từng tháng theo công thức:

$$NDVI = (IR - R) / (IR + R)$$

Trong đó: IR, R là phổ phản xạ của kênh cận hồng ngoại và kênh đỏ.

Chỉ số NDVI có giá trị trong khoảng từ - 1 đến +1, thực vật phát triển càng mạnh thì giá trị NDVI càng lớn. Từ đó, tiến hành xây dựng khóa giải đoán cho các lớp đối tượng dựa vào mối tương quan giữa giá trị NDVI và sự hiện diện của thực vật

#### *2.3.2. Phương pháp giải đoán ảnh viễn thám*

- *Phân loại không kiểm định (Unsupervised Classification):* Nghiên cứu đã chọn phân loại không kiểm định theo phương pháp khoảng cách ngắn nhất (ISODATA) với 5 lớp đối tượng đầu ra dựa trên tổ hợp chuỗi ảnh NDVI đã xác định. Thông qua việc đánh giá sự biến động giá trị NDVI cho từng lớp đối tượng đầu ra để phân biệt được các đối tượng với nhau ở bước này sẽ tăng độ chính xác khi tiến hành giải đoán ảnh ở các bước tiếp theo.

- *Phân loại có kiểm định (Supervised Classification):* Phương pháp này được sử dụng để giải đoán các lớp đối tượng trên ảnh dựa trên các mẫu giải đoán sau khi đã phân biệt được các lớp đối tượng khác nhau ở bước phân loại không kiểm định. Thuật toán sử dụng trong phân loại có kiểm định là phân loại theo xác suất cực đại (maximum likelihood).

#### *2.3.3. Phương pháp đánh giá độ tin cậy*

Việc đánh giá độ chính xác kết quả giải đoán dựa trên tham chiếu với dữ liệu ảnh Google Earth sát với thời điểm nghiên cứu thông qua hệ số Kappa theo công thức:

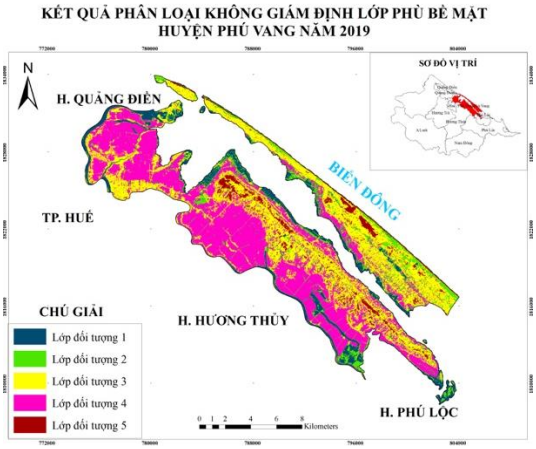
$$\kappa = \frac{N\sum_{i=1}^{r} x_{ii} - \sum_{i=1}^{r}(x_{i+}.x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{r}(x_{i+}.x_{+i})}$$

Trong đó, N: Tổng số pixel lấy mẫu, r: Số lớp đối tượng phân loại; $x_{ii}$: Số pixel đúng trong lớp thứ nhất; $x_{i+1}$: Tổng pixel lớp thứ *i* của mẫu; $x_{i-1}$: Tổng pixel của lớp thứ *i* sau phân loại; Giá trị hệ số Kappa nằm giữa 0 và 1 trong đó k≥0,8 là có độ chính xác cao, 0,4<k<0,8 là có độ chính xác trung bình và k≤0,4 là độ chính xác thấp.

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

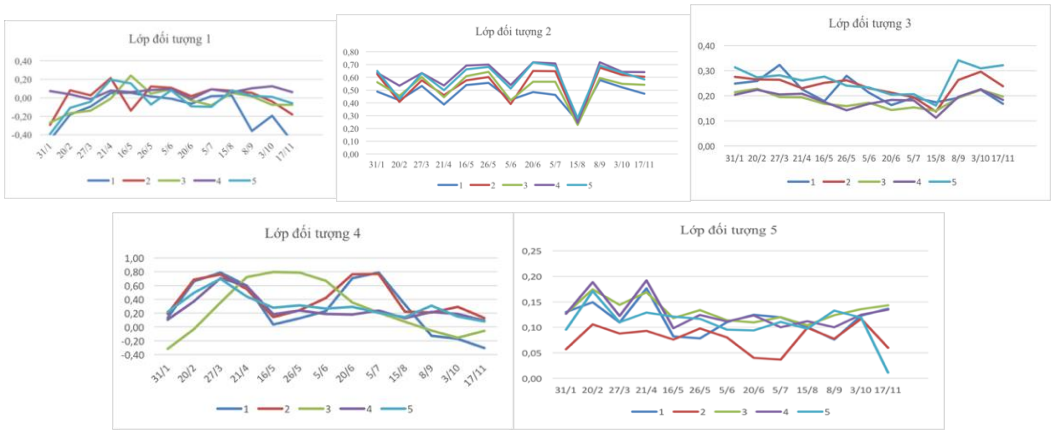
### *3.1. Xác định các đối tượng phân loại theo phương pháp không kiểm định*

Nghiên cứu đã tiến hành phân loại không kiểm định theo phương pháp khoảng cách ngắn nhất (ISODATA) với 5 lớp đối tượng đầu ra. Kết quả phân loại được thể hiện ở Hình 1.




*Hình 1. Kết quả phân loại các lớp đối tượng theo phương pháp không kiểm định*

Sau khi có kết quả phân loại, nghiên cứu tiến hành xác định các đối tượng thông qua các điểm kiểm tra (Mỗi lớp đối tượng lấy ngẫu nhiên 5 điểm tại các vị trí khác nhau) để theo dõi sự thay đổi giá trị NDVI trong từng lớp. Kết quả thống kê và phân tích sự biến động giá trị NDVI trong từng lớp đối tượng như sau:

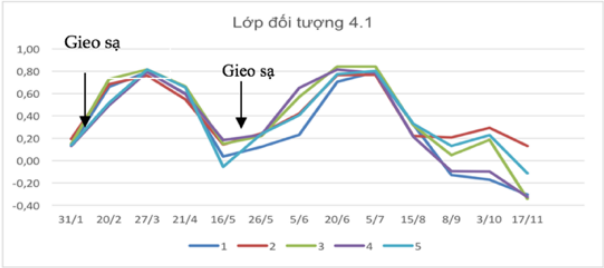



*Hình 2. Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 5 lớp đối tượng theo phân loại không kiểm định*

Qua theo dõi và phân tích sự biến động giá trị NDVI trong từng lớp, nghiên cứu đã xác định: Lớp 1 chỉ số NDVI có giá trị rất thấp tại mọi thời điểm cho thấy đây là lớp đối tượng mặt nước; Lớp 2 có chỉ số NDVI ở mức khá cao (từ 0,4 - 0,7) cho thấy đây là lớp đối tượng đất

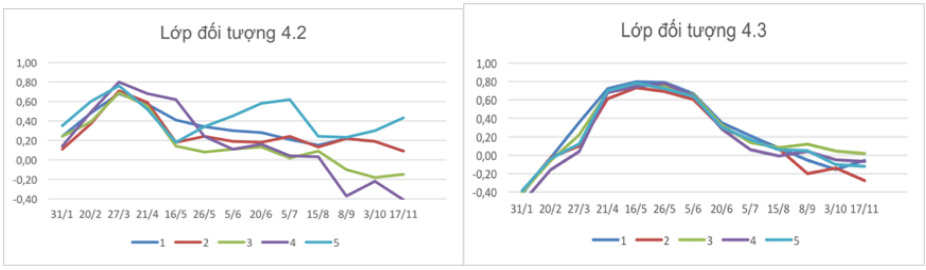
trồng cây hằng năm, cây lâu năm hoặc rừng phòng hộ; Lớp 3 có giá trị NDVI tương đối thấp (khoảng từ 0,1 đến 0,3) cho thấy đây là lớp đối tượng có công trình xây dựng. Lớp 4 cho thấy giá trị NDVI có sự biến động tuân theo quy luật sinh trưởng, được lặp lại 2 lần trong năm hoặc chỉ xuất hiện 1 lần trong năm tại các điểm khảo sát. Đây là lớp đối tượng đất trồng lúa, bao gồm đất trồng lúa 2 vụ và lúa 1 vụ. Lớp 5 có giá trị NDVI dao động trong khoảng khá thấp (từ 0,05 đến dưới 0,2), và không theo một quy luật nào cho thấy đây là lớp đối tượng đất trống, đất cồn cát.

Để phân tích rõ hơn tính chất mùa vụ của lớp đối tượng đất trồng lúa (lớp đối tượng 4), nghiên cứu nhận thấy có các khu vực sau:




*Hình 3. Biến đổi theo thời gian của chỉ số NDVI trong vùng lúa 2 vụ*

- Lúa 2 vụ (4.1): Chỉ số NDVI lớp này biến động theo thời gian tuân theo quy luật đồ thị hình sin (Hình 3). Chỉ số NDVI trong lớp này đạt cực đại 2 lần trong năm vào tháng 4 và tháng 7, tương ứng với giai đoạn lúa làm đòng và trổ bông. Đối với vụ Đông Xuân, thời gian gieo cấy vào khoảng tháng 1, lúa làm đòng và trổ bông vào khoảng cuối tháng 3 đầu tháng 4 và thời gian thu hoạch khoảng từ 10 đến 15/5. Đối với vụ hè thu, thời gian gieo cấy bắt đầu vào khoảng 16 đến 26/5, cây đạt sinh trưởng lớn nhất vào giữa tháng 7 và tiến hành thu hoạch từ 15/8 trở đi.




*Hình 4. Biến đổi theo thời gian của chỉ số NDVI trong vùng lúa 1 vụ*

- Lúa 1 vụ Đông Xuân (4.2): Do một số khu vực của huyện trong nhiều năm qua thường xuyên bị thiếu nước tưới về mùa khô do hạn hán và hiện tượng xâm nhập mặn nên trong các tháng vụ hè thu tại các khu vực này, một phần diện tích lúa phải bỏ hoang do không thể gieo trồng vì thiếu nước tưới. Người dân chỉ có thể tiến hành sản xuất cho vụ Đông Xuân với thời gian gieo cấy bắt đầu từ tháng 1 và thu hoạch vào tháng 5 tương tự vụ Đông Xuân ở các khu vực lúa 2 vụ.

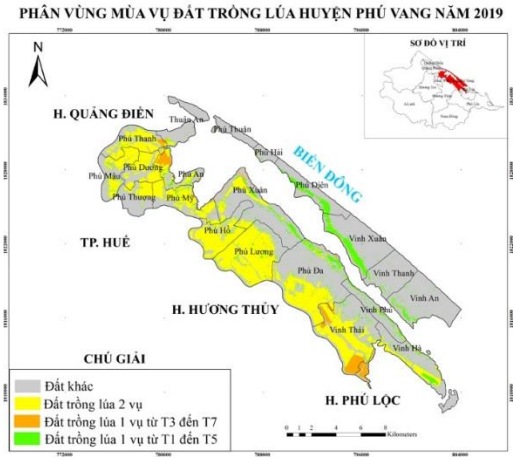
+ Lúa 1 vụ muộn (4.3): Giá trị NDVI trong lớp này tại thời điểm tháng 1 và tháng 2 rất thấp (dưới 0). Qua khảo sát, đây vẫn là thời điểm các ruộng lúa đang ngập nước do địa hình ở các khu vực này khá thấp trũng. Bắt đầu từ tháng 3, giá trị NDVI có sự tăng lên, đây cũng chính là thời điểm gieo sạ của lúa 1 vụ năm 2019. Giá trị NDVI tiếp tục tăng vào các tháng tiếp theo và đạt giá trị cực đại vào khoảng giữa cuối tháng 5 lúc cây lúa làm đòng và trổ bông. Sau đó giá trị NVDI có xu

hướng giảm dần tương ứng với khoảng thời gian thu hoạch vào tháng 7.

### *3.2. Phân vùng mùa vụ trồng lúa tại huyện Phú Vang*

Nghiên cứu tiến hành lấy mẫu giải đoán ảnh cho các lớp đối tượng bằng công cụ Image Classification trên phần mềm ArcGIS, theo đó dựa vào màu sắc và các giá trị của chỉ số NDVI để tiến hành phân loại, chọn ra các mẫu cho mỗi đối tượng vùng khác nhau và phân loại theo phương pháp xác suất cực đại. Kết quả lấy mẫu phân loại và phân vùng mùa vụ đất trồng lúa được biên tập như ở Hình 5.

| STT | Loại đất | Mẫu giải đoán |
|---|---|---|
| 1 | Đất mặt nước | |
| 2 | Lúa 2 vụ | |
| 3 | Lúa 1 vụ | |
| 4 | Lúa 1 vụ muộn | |
| 5 | Đất có công trình xây dựng | |
| 6 | Đất trống | |
| 7 | Đất nông nghiệp khác | |




*Hình 5. Kết quả lấy mẫu và phân vùng mùa vụ đất trồng lúa huyện Phú Vang*

Kết quả đánh giá độ chính xác phân loại dựa vào các điểm mẫu khảo sát cho kết quả chỉ số Kappa là 0,804. Như vậy, kết qủa thu được trong quá trình phân loại tương đối có độ chính xác khá tốt, việc phân loại đã phân tách được những đối tượng riêng biệt có độ tin cậy cao.

Dựa vào số liệu thống kê diện tích từ kết quả phân vùng ở Hình 5 có thể thấy rõ sự khác biệt trong phân bố diện tích đất trồng lúa của các khu vực như sau: Vùng diện tích lúa 2 vụ có tổng diện tích là 5.624,1 ha (chiếm 87,7% tổng diện tích gieo trồng toàn huyện) được trải rộng trên diện tích của toàn huyện, tập trung nhiều ở các xã: Phú Dương, Phú Mậu, Phú Mỹ, Phú Hồ, Phú Thanh, Phú Lương, Phú Đa, Vinh Thái. Trong đó diện tích lúa 2 vụ ở xã Phú Lương là lớn nhất với 1.110,9 ha. Vùng lúa 1 vụ với tổng diện tích là 1.570,8 ha (chiếm 12,3% tổng diện tích gieo trồng) phân bố nhiều tại các xã: Phú An, Phú Diên, Phú Đa, Vinh Xuân, Vinh Hà và Vinh Thái. Trong đó xã Vinh Hà là xã có diện tích lúa 1 vụ lớn nhất với 428,1 ha. Diện tích lúa 1 vụ chủ yếu tập trung hầu hết ở các xã ven biển và đầm phá, nơi quanh năm bị ảnh hưởng trực tiếp của nước mặn và hạn hán.

## 4. Kết luận

Nghiên cứu đã cho thấy khả năng sử dụng ảnh viễn thám Sentinel-2 và phương pháp giải đoán ảnh có độ chính xác cao trong việc theo dõi thời vụ trồng lúa và xây dựng bản đồ phân vùng mùa vụ đất trồng lúa tại huyện Phú Vang cho các diện tích lúa 2 vụ và lúa 1 vụ nhằm cung cấp thông tin số liệu, bản đồ giúp theo dõi được diện tích gieo trồng các vùng lúa ở từng thời điểm, dễ dàng giám sát được sự sinh trưởng và phát triển của cây lúa, từ đó làm cơ sở quản lý, chỉ đạo sản xuất và hạn chế những thiệt hại do thiên tai gây ra, đảm bảo sản xuất có hiệu quả.

**Tài liệu tham khảo**

1. Trần Thị Hiền, Võ Quang Minh (2010), *Ảnh viễn thám Modis trong theo dõi tiến độ xuống giống trên vùng đất trồng lúa ở ĐBSCL,* Kỷ Yếu hội thảo Ứng dụng GIS toàn quốc 2010. Nhà xuất bản Nông nghiệp. Số 198- 2010/CXB/209-05/NN: 85-93.
2. Dương Văn Khảm, Bùi Đức Giang, Chu Minh Thu và Nguyễn Thị Huyền (2007), *Sử dụng tư liệu viễn thám đa thời gian để đánh giá biến động chỉ số thực vật lớp phủ và một số phân tích về thời vụ và trạng thái sinh trưởng của cây lúa ở đồng bằng sông Hồng và sông Cửu Long*, Hội nghị khoa học Viện Khí tượng Thủy văn lần thứ 10.
3. Sở NN&PTNT tỉnh Thừa Thiên Huế (2020), *Báo cáo tổng kết sản xuất trồng trọt và bảo vệ thực vật năm 2019, phương hướng, nhiệm vụ năm 2020.*
4. Kotera, A., Toshihiro Sakamoto, Masayuki Yokozawa (2007), *Determining the Spatial Pattern ofRice Cropping Schedules using TimeSeries Satellite Imagery of the Red River Delta, Vietnam*, International Journal of Geoinformatics, 3(4): 366-374.

## ABSTRACT

## APPLICATION OF GIS AND REMOTE SENSING ON MONITORING THE RICE CROP IN PHU VANG DISTRICT, THUA THIEN HUE PROVINCE

**Truong Do Minh Phuong, Trinh Ngan Ha, Nguyen Van Tiep**
*University of Agriculture and Forestry, Hue University*
*Corresponding author: truongdominhphuong@huaf.edu.vn*

This research aims to study the applicability of GIS - remote sensing technology on monitoring the rice crop and mapping rice crop zoning map in Phu Vang district, Thua Thien Hue province. The research used monthly images of Sentinel-2 remote sensing images in 2019 to analyze the fluctuation of NDVI value over the time in each class, this helps to define rice growing areas and rice crop calendar in the study area. The research results show that the applicability of using Sentinel-2 images and remote sensing image classification methods based on NDVI value has great applications on monitoring rice crop calendar and mapping rice crop zoning map in 2019 in Phu Vang district with a total area of 2-crop rice land of 5,624.1 ha (accounting for 87.7% of the district's cultivated rice area) which spread over the area of the whole district in many communes and the area of 1-crop rice land is 1,570.8 ha (accounting for 12.3% of the area) , distributed mainly in communes along the lagoon such as Phu An, Phu Dien, Phu Da, Vinh Xuan, Vinh Ha and Vinh Thai.

*Key words:* GIS, NDVI, Sentinel, rice crop, remote sensing

# XỬ LÝ TRANH CHẤP ĐẤT ĐAI DƯỚI SỰ TRỢ GIÚP CỦA ẢNH CHỤP TỪ MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI

**Trần Trung Anh[1], Nguyễn Trường Khoa[2], Trần Trường Sinh[3]**
*[1]Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*[2]Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Quảng Trị*
*[3]Chi nhánh Văn phòng Đăng ký Đất đai huyện Hướng Hóa, tỉnh Quảng Trị*
*Tác giả liên hệ: trantrunganh@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày về việc giải quyết các tranh chấp đất đai ở cơ sở cấp xã có sự trợ giúp của tư liệu ảnh bay chụp từ máy bay không người lái. Vấn đề xử lý số liệu bay chụp ảnh máy bay không người lái và sử dụng thành quả này làm minh chứng tường minh cho giải quyết thỏa đáng sự tranh chấp đất đai giữa các bên dân sự, đẩy nhanh tiến độ và giảm khiếu kiện kéo dài, vượt cấp. Kinh nghiệm thực tế từ khu vực huyện Hướng Hóa, tỉnh Quảng Trị. Bài báo đưa ra một quy trình công nghệ giải quyết các yêu cầu kỹ thuật và thủ tục hành chính nhằm đẩy nhanh tiến độ xử lý tranh chấp đất đai.

**Từ khóa:** UAV, tranh chấp đất đai, công nghệ đo ảnh, địa chính.

## 1. Đặt vấn đề

Theo khoản 24 Điều 3 Luật Đất đai 2013 thì Tranh chấp đất đai là tranh chấp về quyền, nghĩa vụ của người sử dụng đất giữa hai hoặc nhiều bên trong quan hệ đất đai [11]. Theo đó, chỉ những tranh chấp xác định ai là người có quyền sử dụng đất (gồm cả việc tranh chấp ranh giới giữa các thửa đất) mới là tranh chấp đất đai [11]. Các bên tranh chấp đất đai có thể bao gồm giữa các bên như người dân, doanh nghiệp, tổ chức. Việc xác định tranh chấp đất đai để có quy trình xử lý phù hợp là rất quan trọng, trong bài báo này chủ yếu trình bày về việc xử lý tranh chấp đất đai có nguyên nhân xảy ra bởi xung đột ranh giới sử dụng đất, hình thửa đất, sự chồng lấn, loại đất giữa các bên liên quan bắt đầu từ cơ sở cấp xã. Với sự tham gia của công nghệ máy bay không người lái với sản phẩm là bình đồ ảnh số độ phân giải siêu cao có tác dụng rất lớn cho việc xác định nguyên nhân, minh chứng, trực quan cho giải pháp giải quyết tranh chấp đất đai.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### *2.1. Khu vực nghiên cứu*

Khu vực nghiên cứu thuộc địa bàn huyện Hướng Hóa, tỉnh Quảng Trị. Hướng Hóa là một huyện miền núi, biên giới nằm ở phía tây tỉnh Quảng Trị, Việt Nam, có vị trí địa lý $16^0$42’ vĩ độ Bắc, $106^0$42’ kinh độ Đông, cách thành phố Đông Hà khoảng 65 km về phía tây, trung tâm huyện là thị trấn Khe Sanh, một thị trấn có nhiều di tích lịch sử chiến tranh. Huyện có Thị trấn Cửa khẩu Quốc tế Lao Bảo nằm trên trục đường Quốc lộ 9A thông thương với Lào. Đường Hồ Chí Minh xuyên suốt từ phía bắc đến đông nam của huyện, sang Thừa Thiên Huế. Huyện có đường biên giới dài 156 km thuộc 11 xã tiếp giáp với Lào. Trong đó con sông Sê Pôn là biên

giới tự nhiên với gần 100 km giữa huyện và nước Lào tại phía tây nam của huyện. Diện tích tự nhiên toàn huyện khoảng 1151 km², dân số khoảng 90.920 người (2019). Huyện nằm hoàn toàn trên dãy Trường Sơn nên địa hình phần lớn là vùng núi cao ở phía bắc, với đỉnh cao nhất 1617m, vùng núi đông bắc và tây nam thấp hơn; xen kẽ là dải đất thấp theo đường quốc lộ 9 từ Đa Karông đến biên giới Việt - Lào. Ở khu vực huyện Hướng Hóa, tỉnh Quảng Trị hiện nay có nhiều dự án phát triển điện gió, là địa bàn đi qua của dự án Phát triển đô thị dọc hành lang tiểu vùng sông Mê Kong, các dự án về xây dựng đường dây truyền tải điện… liên quan đến công tác thu hồi đất, đền bù giải phóng mặt bằng [9]. Các vấn đề cần giải quyết như: địa hình khu vực đo vẽ bản đồ khó khăn, vất vả, thu thập thông tin địa chính của khu vực đo vẽ, cập nhật, chính xác hóa theo hiện trạng so đối với hồ sơ cũ (về vị trí, ranh thửa đất, hiện trạng đất…), giám sát thực hiện quy hoạch sử dụng đất [7,8].




*Hình 1. Các vị trí được xử lý tranh chấp đất đai ở huyện Hướng Hóa, Quảng Trị*

Trong khu vực nghiên cứu, việc xảy ra tranh chấp, khiếu kiện, mâu thuẫn đất đai cũng thường xảy ra, gây áp lực cần giải quyết xử lý cho UBND cấp xã và cán bộ địa chính xã. Bài báo nghiên cứu xây dựng quy trình giải quyết tranh chấp đất đai dưới sự hỗ trợ của tư liệu máy bay không người lái, được thực hiện bởi đơn vị phối hợp kỹ thuật là phòng Tài nguyên và Môi trường huyện. Dưới sự trực quan, chính xác của bình đồ ảnh số độ phân giải siêu cao, những ý kiến đề xuất của các bên tranh chấp được giải quyết thỏa đáng, hạn chế khiếu kiện lên cấp cao hay xử lý tại tòa án, giảm áp lực cho cán bộ cấp xã, đồng thời cũng là cơ sở để cập nhật hiện trạng chính xác cho thông tin về hình học, thuộc tính của các thửa đất đã từng xảy ra tranh chấp kéo dài, hỗ trợ đẩy nhanh tiến độ giải phóng mặt bằng của các dự án phát triển kinh tế của địa phương.

### *2.2. Thu thập số liệu*

Số liệu ở khu vực nghiên cứu được thu thập gồm có: các hồ sơ địa chính, giải phóng mặt bằng của các vị trí thửa đất đang xảy ra tranh chấp, hồ sơ minh chứng của các bên liên quan, các quyết định liên quan đến thành lập hội đồng. Đơn vị đã tiến hành bay chụp ảnh bằng máy bay không người lái DJI Phantom 4RTK [2], có xác định tọa độ tâm chụp ảnh chính xác bằng công nghệ định vị vệ tinh động tức thời (GNSS-RTK). Trên mặt đất được đo đạc bổ sung ranh

thửa thực địa bằng GNSS-RTK. Các bên tranh chấp, hội đồng hòa giải và đơn vị đo đạc bay chụp cùng chứng kiến quá trình thu thập số liệu ảnh chụp, số liệu đo đạc thực địa được xác định chính xác.




*Hình 2. Vị trí giải quyết tranh chấp và thiết bị bay chụp (ảnh Trần Trường Sinh)*

Trong khu vực nghiên cứu có 3 vị trí giải quyết tranh chấp đất đai, các số liệu thu thập được trình bày trong bảng 1.

*Bảng 1. Số liệu thu thập được ở khu vực thực nghiệm*

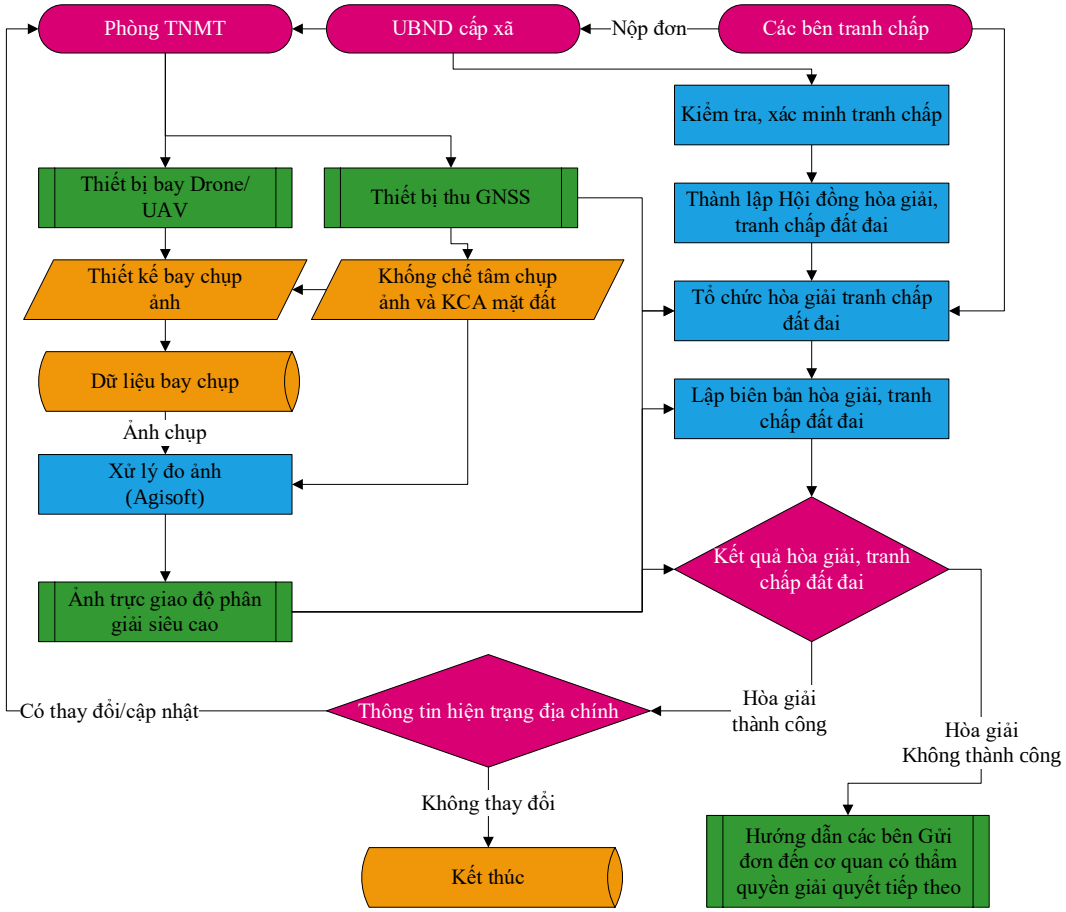
| **Vị trí** | **Tranh chấp giữa các chủ thể** | **Tài liệu thu thập được** | **Tư liệu chụp ảnh máy bay không người lái** | **Số liệu đo đạc thực địa** |
|---|---|---|---|---|
| Hướng Linh | Doanh nghiệp với người dân | Bản đồ địa chính dạng số, Hồ sơ địa chính liên quan, các quyết định liên quan. | Số ảnh: 362<br>GSD: 6.2cm<br>H: 250m<br>Diện tích: 1.67km$^2$ | RTK, thước dây |
| Tân Hợp | Người dân với người dân | Bản đồ địa chính dạng số, Hồ sơ địa chính liên quan | Số ảnh: 1175<br>GSD: 2.2cm<br>H: 85m<br>Diện tích: 1.17km$^2$ | RTK, thước dây |
| Hướng Lộc | Doanh nghiệp với người dân | Bản đồ địa chính dạng số, Hồ sơ địa chính liên quan, các quyết định liên quan | Số ảnh: 385<br>GSD: 6.1cm<br>H: 240m<br>Diện tích: 1.64km$^2$ | RTK, thước dây |

### *2.3. Giải pháp xây dựng quy trình công nghệ*

Giải pháp để xử lý tranh chấp đất đai trước hết cần xác định rõ các bên tranh chấp, vấn đề tranh chấp là gì (tranh chấp ranh thửa, mục đích sử dụng…), cần kết hợp giữa kỹ thuật, pháp luật và linh hoạt theo thực tiễn của địa phương.

Quy trình công nghệ xử lý giải quyết tranh chấp đất đai được xây dựng dựa trên sự phù hợp về kỹ thuật về sử dụng dữ liệu bay không người lái, và quy trình giải quyết tranh chấp đất đai theo Luật Đất đai 2013 khi các bên không tự hòa giải được với nhau và một trong các bên đưa đơn đề nghị giải quyết tranh chấp đất đai lên UBND cấp xã.

Trong quy trình ở hình 3 có ba bên là Phòng Tài nguyên và Môi trường (TNMT hoặc đơn vị tư vấn trung gian) phụ trách công tác bay chụp, đo đạc thực địa và xử lý ảnh, UBND cấp xã nhận đơn từ các bên tranh chấp, đồng thời là trung gian thành lập các bước của quy trình giải quyết tranh chấp đất đai gồm: thông báo, đề nghị Phòng TNMT trợ giúp về mặt kỹ thuật, kiểm tra, xác minh tranh chấp, thành lập hội đồng hòa giải, tổ chức hòa giải, lập biên bản hòa giải… và thứ 3 là các chủ thể tranh chấp (có thể là giữa các chủ thể như: doanh nghiệp, tổ chức, người dân…).




*Hình 3. Quy trình công nghệ giải quyết tranh chấp đất đai ở cơ sở cấp xã có sự tham gia của dữ liệu ảnh từ máy bay không người lái*

## 3. Kết quả và thảo luận

### *3.1. Kết quả*

Khối ảnh được xử lý trên phần mềm Agisoft [1], được kiểm tra đạt yêu cầu độ chính xác [4] cho hỗ trợ thành lập bản đồ địa chính. Độ chính xác của 3 khối ảnh Hướng Linh, Tân Hợp, Hướng Lộc sau bình sai đạt sai số trung phương trung bình đều nhỏ hơn 3cm. Các số liệu kiểm tra độ chính xác vị trí điểm rõ nét trên thực địa đều nằm trong giới hạn cho phép. Các dữ liệu đo đạc trực tiếp về góc thửa được triển vẽ lên nền bình đồ ảnh và nối không bị sai sót về hình thửa.

*Bảng 2. Thành quả bình đồ ảnh UAV và kết quả giải quyết tranh chấp*

| Bình đồ ảnh | Vị trí thửa tranh chấp | Kết quả |
|---|---|---|
|  Hướng Linh |  Doanh nghiệp-người dân | Hòa giải thành công |
|  Tân Hợp |  Người dân - người dân | Hòa giải thành công |
|  Hướng Lộc |  Người dân - doanh nghiệp | Hòa giải thành công |

Sau khi tiến hành bay chụp ảnh, xử lý đo ảnh, được sản phẩm bình đồ ảnh độ chính xác cao, kết hợp trị đo cạnh thửa và trị đo trực tiếp khác, các trị đo được triển lên nền bình đồ ảnh; Hồ sơ địa chính thu thập cũng được đối chiếu trên nền bình đồ ảnh. Xét yêu cầu của các chủ thể tranh chấp, được quan sát nền ảnh đối chiếu trị đo thực địa chính xác… các chủ thể tranh chấp đã chấp nhận hòa giải với nhau, thống nhất không khiếu kiện ra tòa hoặc cấp cao hơn. Sản phẩm bình đồ ảnh được lưu trữ, là cơ sở để giải quyết các tranh chấp khác nếu có phát sinh trong khu vực, đồng thời cũng là tài liệu hữu ích để đối soát lại, cập nhật lại về hồ sơ địa chính.

### *3.2. Thảo luận*

Với thành quả bình đồ ảnh chụp từ máy bay không người lái được sử dụng giải quyết tranh chấp đất đai ở khu vực thực nghiệm đã trợ giúp xác định nguyên nhân gây ra tranh chấp đất đai. Khi các bên tranh chấp được trực tiếp quan sát hình ảnh độ phân giải cao của nền bình đồ ảnh có định vị chính xác, đồng thời chồng xếp các vị trí đo đạc hiện trạng, vị trí của hồ sơ địa chính cũ và các thông tin liên quan. Các bên tranh chấp, hội đồng hòa giải đã cơ bản thống nhất được phương án giải quyết, đảm bảo dân chủ, chính xác và khách quan. Trong các vị trí ở khu thực nghiệm hầu hết các vụ tranh chấp đất đai đã được hòa giải và cập nhật thông tin địa chính dưới sự trợ giúp của nền bình đồ ảnh của máy bay không người lái.

## 4. Kết luận

Xử lý tranh chấp đất đai là công việc phức tạp trong quan hệ dân sự vì liên quan đến quyền và lợi ích của các bên liên quan. Trong điều kiện của vùng thực nghiệm có nhiều khó khăn về trang thiết bị, trình độ dân trí của người dân chỉ tin khi nhìn tận mắt chứng kiến hình ảnh, nên sản phẩm bình đồ ảnh độ chính xác cao được xử lý từ ảnh chụp máy bay không người lái thực sự đem lại những lợi ích rất thiết thực. Sự phối hợp giữa các bên phải bao gồm cả yếu tố kỹ thuật, pháp luật và đo đạc trực tiếp nên trong bài báo đã trình bày quy trình tổng quát như đề xuất ở hình 3 có thể tham khảo cho các bước chính của công tác xử lý tranh chấp đất đai ở cấp cơ sở, đồng thời sản phẩm bình đồ ảnh cũng được lưu trữ để làm minh chứng cho công tác cập nhật hồ sơ địa chính, xử lý tranh chấp đất đai khác có trong khu vực đã bay chụp nhằm tiết kiệm tài chính, công sức của đơn vị.

Kiến nghị Bộ Tài nguyên và Môi trường cần sớm ban hành quy định kỹ thuật sử dụng sản phẩm máy bay không người lái trong đo đạc địa chính. Khuyến khích các đơn vị tư vấn, các cán bộ liên quan đến công tác quản lý đất đai đầu tư thiết bị bay chụp không người lái để trợ giúp, làm nền tảng tham khảo cho công tác đo vẽ bản đồ địa chính và quản lý đất đai hiện đại.

## Tài liệu tham khảo

[1] Agisoft LLC, 2018. *Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 1.5*. Available at: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_en.pdf. Accessed 18 July 2020.

[2] Dji, 2020. Phantom 4 RTK User Manual ver 2.2.

[3] Julián Tomaštík, Martin Mokroš, Peter Surový, Alžbeta Grznárová and Ján Merganiˇc, 2019. UAV RTK/PPK Method—An Optimal Solution for Mapping

Inaccessible Forested Areas?. *Remote Sens. 2019, 11, 721; doi:10.3390/rs11060721*.
[4] Trần Trung Anh, Nguyễn Đạt Quảng, Quách Mạnh Tuấn, 2019. *Kiểm định thống kê trị đo tâm chụp GNSS-RTK trong bình sai khối ảnh UAV*. Hội thảo KHCN Phát triển Công nghệ Đo đạc Bản đồ trong thu thập số liệu Địa không gian, trang 146-154. Nhà Xuất bản Tài nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
[5] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2014), Thông tư số 25/2014/TT-BTNMT ngày 19/5/2014 Quy định về Bản đồ địa chính.
[6] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2014), Thông tư số 24/2014/TT-BTNMT ngày 19/5/2014 Quy định về Hồ sơ địa chính.
[7] Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Quảng Trị (2021), Báo cáo Tổng kết công tác quản lý tài nguyên và môi trường năm 2020 và kế hoạch, nhiệm vụ năm 2021.
[8] Phòng Tài nguyên và Môi trường huyện Hướng Hóa (2020), Báo cáo Tình hình thực hiện nhiệm vụ năm 2020, phương hướng, nhiệm vụ trọng tâm năm 2021.
[9] UBND huyện Hướng Hóa, cổng thông tin điện tử tại địa chỉ http://huonghoa.quangtri.gov.vn/ (truy cập 15/4/2021)
[10]. https://luatvietnam.vn/dat-dai-nha-o/thu-tuc-giai-quyet-tranh-chap-dat-dai-567-20204-article.html (truy cập 20/4/2021)
[11] Quốc Hội (2013), Luật số: 45/2013/QH13 ngày 29/11/2013 Luật Đất đai

## ABSTRACT

RESOLVING OF LAND DISPUTES USING DRONES

**Tran Trung Anh[1], Nguyen Truong Khoa[2], Tran Truong Sinh[3]**
*[1] Hanoi University of Mining and Geology*
*[2]Quang Tri Department of Natural Resources and Environment*
*[3]Quang Tri's Land Registration Office, Huong Hoa branch*
*Corresponding author: trantrunganh@humg.edu.vn*

The paper presents the resolving of land disputes at the commune level with the help of aerial photography from drones. The processing of flight data and photos taken from drones would be proof for satisfactorily resolving land disputes between civil parties, speeding up progress and reducing drag claims long and over level. The practical experiment was selected in Huong Hoa district, Quang Tri province. In addition, the paper also offers a workflow for resolving UAV technical requirements and administrative procedures to accelerate the settlement of land disputes.

*Keywords:* UAV, land disputes, Photogrammetry, Land administration.

# VAI TRÒ CỦA VỆ TINH TRỌNG LỰC GRACE TRONG THEO DÕI BIẾN ĐỘNG TÀI NGUYÊN NƯỚC TẠI KHU VỰC CÓ ĐỊA HÌNH ĐẶC TRƯNG Ở VIỆT NAM

**Lê Tiến Duy[1], Lê Đức Tình[2], Nguyễn Dũng Dương[1], Lê Thị Liên[1]**

*[1] Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội*

*[2] Trường đại học Mỏ - Địa chất*

*Tác giả liên hệ: ltduy.ph@hunre.edu.vn*

**Tóm tắt:** Nhằm mục đích lập bản đồ biến đổi theo thời gian của trường trọng lực Trái đất (Gravity Recovery and Climate Experiment - GRACE), nhiệm vụ vệ tinh Phục hồi trọng lực và thí nghiệm khí hậu (GRACE) được áp dụng để xác định tổng trữ lượng nước mặt đất (Terrestrial water storage - TWS), chủ yếu bao gồm nước ngầm (Ground water - GW), nước mặt (surface water - SW), độ ẩm của đất (Soil moisture - SM) và nước tuyết tương đương (snow water equivalent - SWE). Trong nghiên cứu này, yếu tố băng tuyết có thể bỏ qua (khu vực nghiên cứu tồn tại rất ít), yếu tố độ ẩm đất (SM) được mô phỏng theo mô hình bề mặt đất của Hệ thống đồng hóa dữ liệu đất toàn cầu (Global Land Data Assimilation System - GLDAS) và sau đó được sử dụng để phân lập dị thường trữ lượng nước từ tổng trữ lượng mặt đất (TWS) có nguồn gốc từ GRACE Dữ liệu GRACE được sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm 163 dị thường TWS hàng tháng loại RL05 được phát hành từ tháng 4 năm 2002 đến tháng 6 năm 2017, do Trung tâm Nghiên cứu vũ trụ (Center for Space Research - CSR), Trung tâm Nghiên cứu Khoa học Địa chất Đức (German Research Center for Geosciences - GFZ) và từ Phòng thí nghiệm Động cơ phản lực của NASA (Jet Propulsion Laboratory - JPL) cung cấp. Biến động trữ lượng nước mặt đất (TWS) được xác định từ các sản phẩm của GRACE (CSR, GFZ và JPL) và mô hình NOAH của GLDAS. Phân tích số liệu cho thấy giải pháp thu được thông qua việc loại bỏ độ ẩm đất (SM) trong mô hình NOAH là tương đối phù hợp. Căn cứ vào xu hướng biến động trữ lượng nước hàng năm của các biến số SM và CSR-SM, GFZ-SM, JPL-SM, có thể khẳng định tại khu vực Bắc Bộ, tổng trữ lượng nước bao gồm cả nước ngầm và độ ẩm đất không có xu hướng cạn kiệt trong khoảng thời gian từ 2002 đến 2017, hầu hết đều cho kết quả tăng nhẹ.

**Từ khóa:** Vệ tinh Phục hồi trọng lực và Thí nghiệm khí hậu, Hệ thống đồng hóa dữ liệu đất toàn cầu, Tổng trữ lượng nước mặt đất, Tài nguyên nước, Độ ẩm đất.

## 1. Đặt vấn đề

Biến đổi khí hậu là nguyên nhân chính khiến cho mối quan hệ giữa các yếu tố mất đi sự cân bằng vốn có. Điều này chính là một mối đe dọa đối với an ninh lương thực, chất lượng nguồn nước và nguồn năng lượng. Biến đổi khí hậu là một hiện tượng mà con người không thể phủ nhận những tác động hiển nhiên của nó [1].

Chúng ta cần hiểu về vấn đề khan hiếm nước ngọt bắt đầu từ việc hiểu rõ về sự phân bố nước trên toàn hành tinh. Khoảng 98% lượng nước trên hành tinh của chúng ta là nước mặn,

chỉ có 2% là nước ngọt. Trong 2% ít ỏi này, gần 70% lượng nước là tuyết và băng, 30% là nước ngầm, dưới 0,5% là nước mặt ở các sông, hồ và ít hơn 0,05% trong khí quyển.

Tài nguyên nước (TNN) là các nguồn nước mà con người sử dụng hoặc có thể sử dụng vào những mục đích khác nhau, nước được dùng trong các hoạt động nông nghiệp, công nghiệp, dân dụng, giải trí và môi trường, hầu hết các hoạt động trên đều cần nước ngọt. Vấn đề lớn nhất với việc quản lý tài nguyên nước là theo dõi, kiểm soát nguồn nước định kì, sự sụt giảm của nguồn nước ngầm, nó hầu như là vô hình, với hậu quả thường thể hiện nhiều năm sau khi có nguyên nhân. Dễ thấy rằng mô hình hạn hán đang gắn chặt với sự cạn kiện nước ngầm, nước bề mặt có thể phục hồi sau ít cơn mưa lớn nhưng mất nhiều hơn thế để phục hồi lượng nước bị hút ra khỏi tầng ngậm nước.

Sự suy giảm tài nguyên nước dưới đất tại vùng Đồng bằng Bắc bộ luôn là vấn đề được các ban ngành quan tâm, khu vực này có ba tầng chứa nước chính đang được khai thác sử dụng, đó là các tầng chứa nước Holocen (qh), Pleistocen (qp) và Pliocen (n2). Hiện trạng khai thác và trữ lượng tiềm năng của các tầng chứa nước đã được thống kê [2]. Theo con số thống kê tính toán so với trữ lượng khai thác tiềm năng thì lượng nước khai thác hiện nay chỉ chiếm một phần nhỏ. Tuy nhiên, ở khắp mọi nơi hiện trạng mực nước và chất lượng nước đang có xu hướng suy giảm. Mực nước trong các giếng khoan khai thác suy giảm liên tục, nhiều nơi diễn ra xâm nhập mặn, diện tích nước nhạt bị thu hẹp [2].

Xuất phát từ tầm quan trọng trong việc dự báo TNN, chúng tôi đã lựa chọn phương pháp sử dụng dữ liệu vệ tinh Phục hồi trọng lực và thí nghiệm khí hậu (GRACE) và Hệ thống đồng hóa dữ liệu đất toàn cầu (Global Land Data Assimilation System - GLDAS) để theo dõi biến động TNN tại khu vực Bắc bộ.

Sứ mệnh của GRACE bao gồm 2 vệ tinh được thiết kế để lập bản đồ chuẩn xác những biến đổi trọng trường của Trái Đất. Hai vệ tinh giống hệt nhau bay trên quỹ đạo cực ở độ cao khoảng 500 km phía trên Trái Đất, được đặt cách nhau một khoảng cách 220 km trên cùng một quỹ đạo. Khoảng cách giữa 2 vệ tinh được đo liên tục bằng GPS và radar.

**2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu**

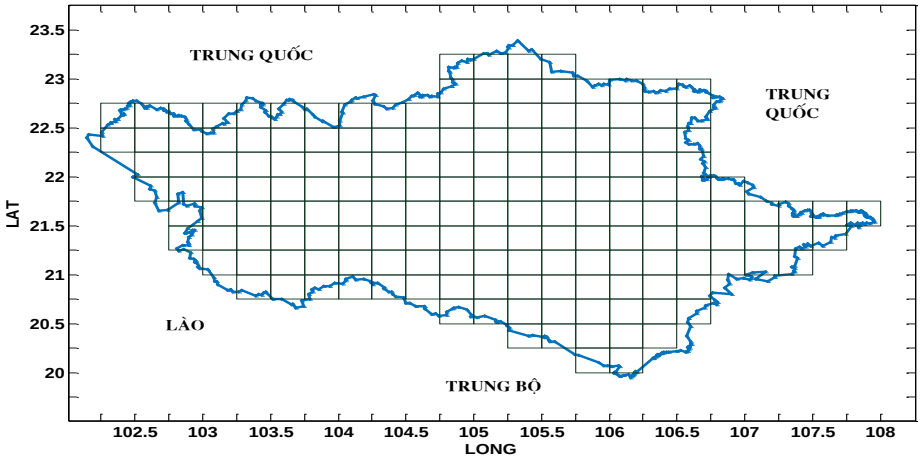
Tất cả các dạng nước được lưu trữ trên và bên dưới bề mặt Trái đất có thể được gọi chung là Trữ lượng nước trên cạn (TWS). Nó là một đại diện của nguồn nước có giá trị, TWS có tầm quan trọng đáng kể đối với việc quản lý tài nguyên nước. Nói chung, các nguồn nước có trong TWS bao gồm các đóng góp từ thay đổi của nước ngầm (GW), nước bề mặt đất, tức là độ ẩm của đất (SM) và nước tuyết (SWE), áp dụng theo [3]:

$$\Delta TWS = \Delta GW + \Delta SM + SWE \quad (1)$$

Vì khu vực nghiên cứu tồn tại rất ít nước tuyết nên Công thức (1) có thể được viết lại:

$$\Delta TWS = \Delta GW + \Delta SM \quad (2)$$

Trong đó, biến động từ SM có thể được mô phỏng từ mô hình thủy văn toàn cầu GLDAS [4]. Trên cơ sở loại bỏ biến động SM từ dữ liệu vệ tinh trọng lực Grace (ΔTWS) chúng ta có thể dự đoán được biến động trữ lượng nước ngầm (có thể gọi chung là Tài nguyên nước).




*Hình 1. Phạm vi nghiên cứu giới hạn bởi đường viền màu xanh dương, được chia làm 171 ô lưới kích thước 0.25x0.25 độ nhằm theo dõi biến động trữ lượng nước*

### *2.1. Thu thập và xử lý dữ liệu GRACE*

Trong bài báo này, các giải pháp trường trọng lực GRACE (Bản phát hành **Level 2 Release-05**) từ Trung tâm Nghiên cứu vũ trụ (CSR) của Đại học Texas tại Austin, Trung tâm nghiên cứu khoa học địa chất của Đức (GFZ) và Phòng thí nghiệm Động cơ phản lực của NASA (JPL) được sử dụng để ước tính TWS từ tháng 4 năm 2002 đến tháng 6 năm 2017. Kết quả TWS có một khoảng thời gian dữ liệu bị thiếu do quản lý pin (tháng 6/2002; 7/2002; 6/2003; 01/2011; 6/2011; 5/2012; 10/2012; 3/2013; 8/2013; 9/2013; 2/2014; 7/2014; 12/2014; 6/2015; 10/2015; 11/2015; 4/2016; 9/2016; 10/2016; 2/2017) được điền vào bởi phép nội suy tuyến tính.

Dựa trên nghiên cứu của Cheng và Tapley đã đề xuất thay thế các hệ số C20 bằng các ước tính từ giải pháp vệ tinh laser (Satellite Laser Ranging - SLR), trong đó, các giá trị thu được từ các quan sát GRACE có độ không đảm bảo lớn hơn các giá trị của SLR [5]. Sự thay đổi theo mùa của các sóng hài hình cầu bậc 1 đại diện cho các biến thể của Geocenter Earth Trái đất không được cung cấp bởi riêng GRACE. Do đó, sử dụng các kết quả được tính toán bởi Swenson et al. [6,7] đã được chứng minh để cải thiện các ước tính về độ biến thiên khối lượng từ GRACE. Đồng thời sử dụng bộ lọc Gaussian với bán kính làm mịn 300 km và bộ lọc khử nhiễu P2M5 [8,9] (nghĩa là đối với các hệ số điều hòa hình cầu bậc 5 trở lên, đa thức bậc 2 được gắn vào các cặp chẵn sự phù hợp đa thức được loại bỏ khỏi các hệ số và áp dụng tương tự cho các cặp lẻ) để giảm thiểu ảnh hưởng của các lỗi "sọc" [6,10,11]. Sau khi xử lý có liên quan, mô hình tính toán của trữ lượng nước trên mặt đất (tính theo EWH) như sau [12]

$$\Delta\bar{h}_{region} = \frac{a\rho_E}{3\Omega_{region}\rho_w}\sum_{l=0}^{\infty}\sum_{m=0}^{l}\frac{2l+1}{1+k_l}W_l(v_{lm}^c\Delta\hat{C}_{lm} + v_{lm}^s\Delta\hat{S}_{lm}) \quad (3)$$

Trong đó: a là bán kính trung bình của Trái đất; $\rho_E$ là mật độ trung bình của Trái đất rắn (5517 kg / m3), $\rho_w$ là mật độ nước (giả định là 1000 kg /m3); $\Omega_{region}$ là diện tích góc của vùng; $k_l$ là love number của bậc $l$ đại diện cho các phản ứng của Trái đất đối với tải trọng bề mặt và có thể thu được [13]; $v_{lm}^c$ và $v_{lm}^s$ là các hệ số điều hòa hình cầu mô tả hình dạng của khu vực; $W_l$ tương ứng với toán tử làm mịn Gaussian; $\Delta\hat{C}_{lm}$ và $\Delta\hat{C}_{lm}$ là phần dư của các hệ số điều hòa

hình cầu của trường trọng lực, trong đó giá trị trung bình dài hạn đã bị loại bỏ. Dữ liệu 20 tháng bị thiếu được tính toán theo phương pháp hồi quy tuyến tính. Toàn bộ quá trình xử lý dữ liệu Grace được chạy trên phần mềm Matlab.

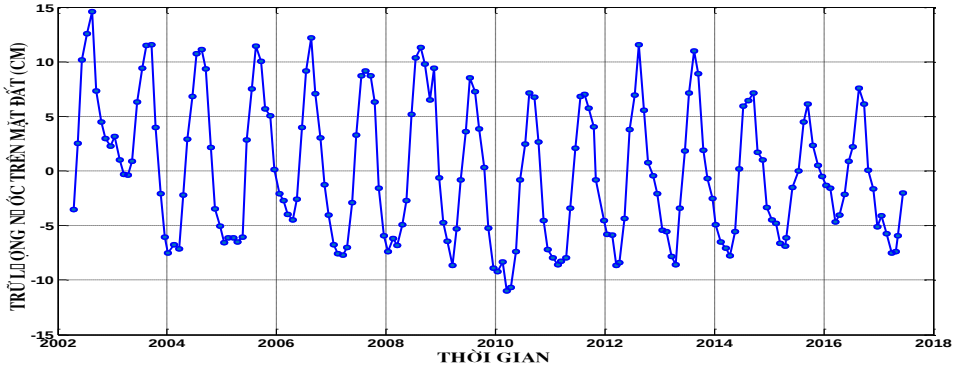
### *2.2. Mô hình thủy văn*

Được phối hợp phát triển bởi các cơ quan của Mỹ, bao gồm Trung tâm bay không gian Goddard của NASA (GSFC), Cơ quan Khí quyển và Đại dương Quốc gia (NOAA) và Trung tâm dự báo môi trường quốc gia (NCEP), Hệ thống đồng hóa dữ liệu đất đai toàn cầu (GLDAS) trình bày các biến thể địa hình gần như thời gian thực được tối ưu hóa và có thể cung cấp thông tin về lượng ẩm đất bề mặt toàn cầu và tuyết tích lũy. Jin và cộng sự [14,15] chỉ ra rằng khi mô tả các thay đổi thủy văn toàn cầu, GLDAS hoạt động tốt hơn các mô hình khác.

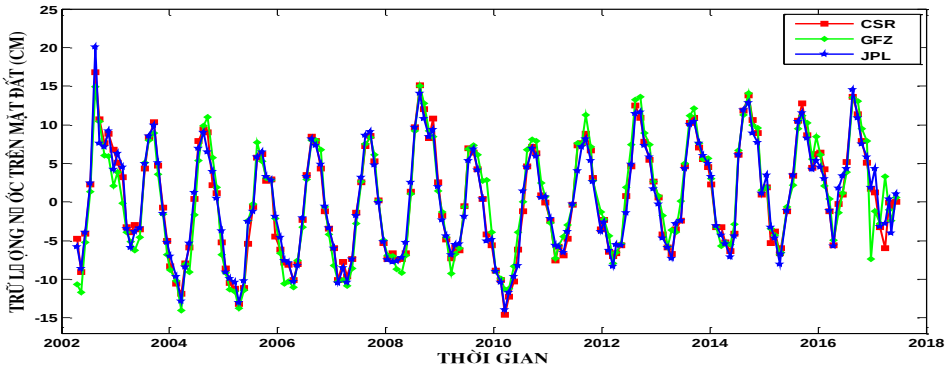
Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng độ ẩm đất trung bình hàng tháng từ mô hình GLDAS_Noah, SM là tổng dữ liệu của 4 lớp độ ẩm đất: 0 ÷ 10cm; 10 ÷ 40cm; 40 ÷ 100cm và 100 ÷ 200cm cho mỗi tháng trong lưới 0,25 x 0,25 độ.

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Kết quả tính toán độ ẩm trung bình của đất tích lũy từ tháng 04 năm 2002 đến tháng 06 năm 2017 với dữ liệu hàng tháng trong ô lưới 0.25x0.25 độ từ mô hình GLDAS_NOAH. Hình 2 cho thấy độ ẩm đất từ GLDAS biến động tương đối đều đặn theo chu kì từng năm.




*Hình 2. Biến động trữ lượng nước từng tháng của mô hình thủy văn NAOH_SM*

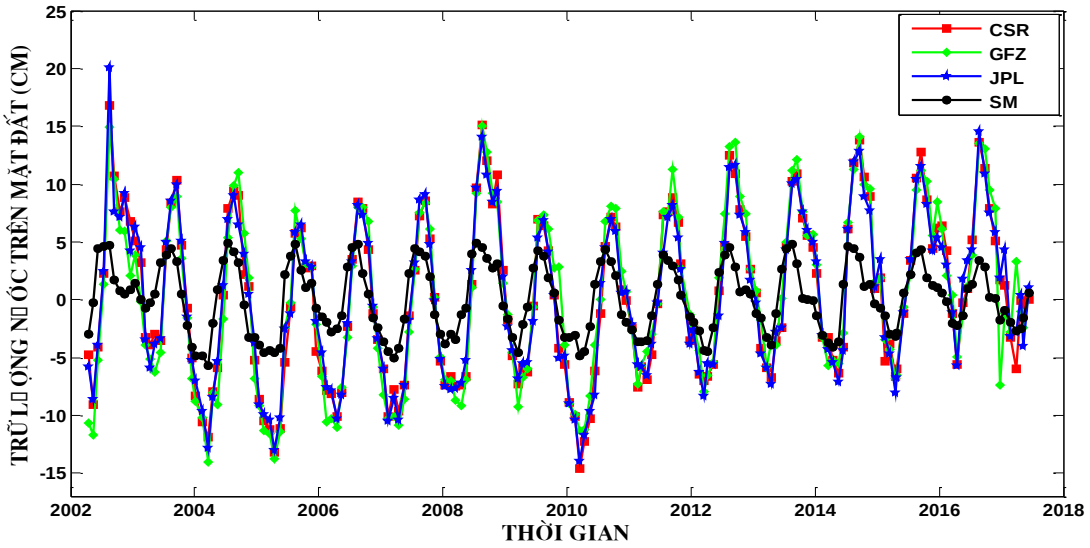



*Hình 3. Biến động trữ lượng nước từng tháng*
*dựa trên dữ liệu vệ tinh Grace của 3 tổ chức (CSR, GFZ và JPL)*

Độ ẩm của đất được đặc trưng bởi đặc điểm nổi bật theo mùa, với biên độ hàng năm khoảng 3.64 ± 0.27cm (Bảng 1).

*Bảng 1. Biên độ hàng năm và xu hướng của mô hình thủy văn NAOH_SM*

| Biến số | Biên độ hàng năm (cm) | Xu hướng (cm) | RMSD (cm) |
|---|---|---|---|
| SM | 3.64 ± 0.27 | 0.01 ± 0.04 | 1.27 |




*Hình 4. Biến động trữ lượng nước từng tháng dựa trên dữ liệu vệ tinh Grace của 3 tổ chức (CSR, GFZ và JPL) và mô hình thủy văn NAOH_ SM*

So sánh TWS thu được từ GRACE với SM, được thể hiện trong Hình 4. Mặc dù có sự khác biệt trong các biến thể trữ nước được tính toán thông qua biến thời gian Mô hình trường trọng lực do CSR, GFZ và JPL cung cấp trong một vài giai đoạn, kết quả tổng thể là nhất quán. Các thay đổi trường trọng lực hàng tháng của GRACE bắt nguồn từ một loạt các quan sát đảo ngược phức tạp của các quan sát có phạm vi tương đối giữa hai vệ tinh. Các chiến lược giải pháp khác nhau đã được các tổ chức khác nhau áp dụng trong quá trình xử lý, chẳng hạn như xác định quỹ đạo chính xác từ GPS trên tàu và hiệu chỉnh gia tốc nền tàu vũ trụ. Đây là lý do chính cho sự khác biệt trong các sản phẩm từ các cơ sở khác nhau. Các pha của chuỗi thời gian TWS bắt nguồn từ GRACE và chuỗi thời gian SM được mô phỏng tương đối tốt, cả hai đều có đỉnh trữ nước xảy ra ở (tháng 8, tháng 9 và tháng 10) và mức thấp nhất vào khoảng (tháng 2, tháng 3 và tháng 4).

*Bảng 2. Biên độ và xu hướng hàng năm của động trữ lượng vệ tinh trọng lực Grace và mô hình thủy văn NAOH_SM*

| Biến số | Biên độ hàng năm (cm) | Xu hướng(cm) | RMSD(cm) |
|---|---|---|---|
| CSR | 8.28 ± 0.69 | 0.31 ± 0.11 | 3.52 |
| GFZ | 8.81 ± 0.63 | 0.44 ± 0.10 | 3.18 |
| JPL | 8.08 ± 0.69 | 0.30 ± 0.11 | 3.50 |

*Bảng 3. Biên độ và xu hướng của hiệu biến động trữ lượng nước giữa vệ tinh trọng lực Grace và mô hình thủy văn NAOH_SM*

| Biến số | Biên độ hàng năm (cm) | Xu hướng(cm) | RMSD(cm) |
|---|---|---|---|
| CSR-SM | 5.33 ± 0.56 | 0.30 ± 0.09 | 2.67 |
| GFZ-SM | 5.84 ± 0.50 | 0.43 ± 0.08 | 2.39 |
| JPL-SM | 5.15± 0.56 | 0.29 ± 0.09 | 2.68 |

**4. Kết luận.**

Trong nghiên cứu này, chúng tôi trình bày một ứng dụng để ước tính các biến đổi trữ lượng tài nguyên nước dựa trên cảm nhận từ xa những thay đổi TWS từ GRACE ở khu vực Bắc Bộ trong thời gian 16 năm từ 2002 đến 2017. Giả sử nước ngầm, độ ẩm của đất là những yếu tố duy nhất góp phần quan trọng vào việc dự trữ nước trong khu vực. Để cách ly tài nguyên nước khỏi TWS, SM đã được sử dụng như thông tin phụ trợ. Kết quả từ 3 sản phẩm khác nhau của Grace tương đối đồng nhất, có sự khác biệt nhỏ trong một số thời kỳ, có thể là do các phương pháp tính toán không nhất quán được áp dụng bởi ba tổ chức. Nếu căn cứ vào RMSD của 3 biến số CSR-SM, GFZ-SM, JPL-SM (Bảng 3) thì kết quả mô hình GFZ-SM là tốt nhất, đạt 2.39cm. Nếu kết luận như vây thì chưa đủ cơ sở khoa học, bởi hiện tại chưa có mô hình để kiểm chứng mức độ tương quan cho từng sản phẩm. Tuy nhiên, có thể khẳng định tại khu vực nghiên cứu, tổng trữ lượng nước bao gồm cả nước ngầm và độ ẩm đất không có xu hướng cạn kiệt trong khoảng thời gian từ 2002 đến 2017, hầu hết đều cho kết quả tăng nhẹ.

Dựa vào dữ liệu vệ tinh trọng lực GRACE và mô hình thủy văn bề mặt GLDAS, chúng ta hoàn toàn có đủ cơ sở để xác định sự biến đổi trữ lượng nước ngầm trong phạm vi đủ lớn, đó là tài nguyên vô cùng lớn và đặc biệt quý giá nằm trong lòng đất mà từ trước tới nay đã mất rất nhiều công sức, chi phí để theo dõi và quản lí. Ứng dụng này thực sự có ý nghĩa khi áp dụng cho các vùng nghèo dữ liệu.

**Tài liệu tham khảo**

1. *Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam*. NXB Tài nguyên- Môi trường và Bản đồ Việt Nam, 2016.

2. PGS.TS Đoàn Văn Cánh & NNK - Hội địa chất thủy văn Việt Nam. *Tài nguyên nước dưới đất đồng bằng Bắc bộ, những thách thức và giải pháp*. Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy lợi số 20 - 2014.

3. Rodell, M.; Chen, J.; Kato, H.; Famiglietti, J.S.; Nigro, J.; Wilson, C.R. Estimating groundwater storage changes in the Mississippi River basin (USA) using GRACE. Hydrogeol. J. 2007, 15, 159-166.

4. Rodell, M.; Houser, P.R.; Jambor, U.; Gottschalck, J.; Mitchell, K.; Meng, C.J.; Arsenault, K.; Cosgrove, B.; Radakovich, J.; Bosilovich, M.; et al. *The global land data assimilation system*. Bull. Am. Meteorol. Soc. 2004, 85, 381-394.

5. Cheng and Tapley (Cheng, M.K.; Tapley, B.D. *Variations in the Earth's oblateness during*

*the past 28 years*. J.Geophys. Res.: Solid Earth 2004, doi:10.1029/2004JB003028)

6. Swenson, S.; Wahr, J. *Post-processing removal of correlated errors in GRACE data*. Geophys. Res. Lett. 2006, doi:10.1029/2005GL025285

7. Swenson, S.; Chambers, D.; Wahr, J. *Estimating geocenter variations from a combination of GRACE and ocean model output*. J. Geophys. Res.: Solid Earth 2008, 113, B08410.

8. Chen, J.L.; Wilson, C.R.; Tapley, B.D.; Grand, S. *GRACE detects coseismic and postseismic deformation from the Sumatra-Andaman earthquake*. Geophys. Res. Lett. 2007, doi:10.1029/2007GL030356.

9. Chen, J.L.; Wilson, C.R.; Tapley, B.D.; Longuevergne, L.; Yang, Z.L.; Scanlon, B.R. *Recent La Plata basin drought conditions observed by satellite gravimetry*. J. Geophys. Res.: Atmos. 2010, doi:10.1029/2010JD014689 .

10. Swenson, S.; Yeh, P.J.F.; Wahr, J.; Famiglietti, J. *A comparison of terrestrial water storage variations from GRACE with in situ measurements from Illinois*. Geophys. Res. Lett. 2006, doi:10.1029/2006GL026962

11. Duan, X.J.; Guo, J.Y.; Shum, C.K.; van der Wal, W. *On the postprocessing removal of correlated errors in GRACE temporal gravity field solutions*. J. Geod. 2009, 83, 1095-1106.

12. Ruya Xiao, Xiufeng He, Yonglei Zhang , Vagner G. Ferreira, Liang Chang. *Monitoring Groundwater Variations from Satellite Gravimetry and Hydrological Models: A Comparison with in-situ Measurements in the Mid-Atlantic Region of the United States*. Remote Sens. 2015.

13 Han, D.; Wahr, J. *The viscoelastic relaxation of a realistically stratified earth, and a further analysis of postglacial rebound*. Geophys. J. Int. 1995, 120, 287-311.

14. Jin, S.; Feng, G. *Large-scale global groundwater variations from satellite gravimetry and hydrological models, 2002-2012*. Glob. Planet. Chang. 2013, 106, 20-30

15. Jin, S.G.; Hassan, A.A.; Feng, G.P. *Assessment of terrestrial water contributions to polar motion from GRACE and hydrological models*. J. Geodyn. 2012, 62, 40-48.

# ABSTRACT

## THE ROLE OF GRACE GRAVITY SATELLITE TO MONITORING WATER FLUCTUATIONS IN TYPICAL TOPOGRAPHIC AREAS IN VIETNAM

**Le Tien Duy[1], Le Duc Tinh[2], Nguyen Dung Duong[1], Le Thi Lien[1]**

[1] *HaNoi University of Natural Resources and Environment*

[2] *Hanoi University of Mining and Geology*

*Corresponding author: ltduy.ph@hunre.edu.vn*

Aimed at mapping time variations in the Earth's gravity field, the Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) satellite mission is applicable to access terrestrial water storage (TWS), which mainly including groundwater (GW), surface water (SW), soil moisture (SM) and snow water equivalent (SWE).

In this study, the omitted snow element (the study area does not exist), the soil moisture factor (SM) is modeled after the soil surface model of the Global Land Data Assimilation System(GLDAS) and then used to isolate groundwater anomalies from GRACE-derived TWS

The GRACE data used in this study includes 163 monthly TWS anomalies of type RL05 released from March 2002 to June 2017, by the Center for Space Research (CSR), The German Research Center for Geosciences (GFZ) and the Jet Propulsion Laboratory (JPL) are provided. Fluctuations in groundwater reserves (TWS) was determined from GRACE's products (CSR, GFZ and JPL) and the NOAH model of GLDAS. Data analysis shows that the solution obtained through the removal of soil moisture (SM) in the NOAH model is relatively appropriate.

Based on the annual trend of water reserve fluctuations of the variables CSR-SM, GFZ-SM, JPL-SM, it can be confirmed that in the Northern region, the total water reserve includes both groundwaters did not tend to be depleted in the period from 2002 to 2017, most of which showed a slight increase.

*Keywords:* Gravity Recovery Satellite and Climate Experiment; Land surface model of the global soil data assimilation system; Groundwater; Surface water, Soil moisture

# TÁI TẠO MÔ HÌNH VÀ KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG ĐƯỜNG HẦM BẰNG CÔNG NGHỆ QUÉT LASER MẶT ĐẤT

**Hoàng Thị Vân[1], Phạm Như Hách[1], Nguyễn Minh Hoàng[1], Lê Đình Hiển[2]**

*[1] Công ty Cổ phần thiết bị SISC Việt Nam*

*[2] Xí nghiệp Bay chụp & Đo vẽ Ảnh - Công ty TNHH MTV Tài nguyên Môi trường Việt Nam*

*Tác giả liên hệ: phamnhuhach@sisc.com.vn*

**Tóm tắt:** Sử dụng công nghệ quét laser tạo ra mô hình đám mây điểm 3D thực tế đường hầm giao thông cho phép phân tích so sánh với mô hình thiết kế trong quá trình kiểm tra, đánh giá hiện trạng đường hầm trong quá trình hoạt động. Cung cấp thông tin đáng tin cậy để điều chỉnh kịp thời, đưa ra các quyết định nhanh chóng dựa trên kết quả chính xác từ dữ liệu đám mây điểm 3D. Hệ thống quét laser 3D có ưu điểm là nhanh, độ chính xác cao, chi tiết so với các phương pháp truyền thống như sử dụng máy toàn đạc. Phần mềm xử lý dữ liệu tạo các mặt cắt đường hầm một cách hiệu quả ở bất kỳ khoảng cách nào và thể hiện chính xác mối quan hệ không gian giữa mô hình thiết kế và đám mây điểm với độ lệch các điểm so sánh và kiểm tra 3D dưới 5cm. Bài viết giới thiệu phương pháp sử dụng máy quét laser mặt đất (TLS) thu thập dữ liệu đám mây điểm đường hầm và so sánh với mô hình thiết kế để kiểm soát chất lượng dựa trên các mặt cắt theo trục đường hầm, cung cấp các thông tin hỗ trợ xây dựng và bảo trì.

**Từ khóa:** Đám mây điểm, mô hình, đường hầm, máy quét laser mặt đất, mặt cắt

## 1. Đặt vấn đề

Quét laser 3D là công nghệ cảm biến chủ động, không tiếp xúc cho thu thập đám mây điểm dày đặc trên bề mặt vật thể. Công nghệ này có tiềm năng to lớn trong việc phân tích tình trạng của đường hầm thông qua khai thác các mặt cắt nhằm giám sát chất lượng khi kết hợp mô hình đám mây điểm 3D với mô hình thiết kế để kiểm soát chất lượng xây dựng và giám sát toàn bộ vòng đời của công trình.

Đường hầm không chỉ phụ thuộc vào cấu trúc bên trong của nó mà còn phụ thuộc vào môi trường địa lý bên ngoài ảnh hưởng đến sự ổn định của kết cấu đường hầm. Kết hợp hiệu quả của mô hình thiết kế với mô hình đám mây điểm khảo sát bằng máy quét laser mặt đất (TLS) giám sát chất lượng đường hầm là một cách tiếp cận tốt cho phân tích và tránh được những rủi ro trong tương lai.

Kiểm tra đường hầm là công việc quan trọng nhằm đảm bảo an toàn cho quá trình hoạt động và khai thác hầm. Việc kiểm tra đường hầm hiện nay hầu hết chỉ giới hạn trong việc trích xuất và phân tích mặt cắt 2D. Phương pháp truyền thống tốn thời gian, công sức, phần lớn sử dụng các dụng cụ đo tĩnh để kiểm tra kết cấu bên trong, khó nắm bắt được biến dạng thực tế của đường hầm. Trong những năm gần đây, công nghệ quét laser mặt đất đang phát triển nhanh

chóng việc thu nhận thông tin không gian. Ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất vào công tác kiểm tra an toàn đường hầm đã được áp dụng ở các nước trên thế giới. So với phương pháp kiểm tra đường hầm truyền thống, công nghệ quét laser mặt đất đa điểm tạo ra mật độ điểm dày đặc, chi tiết theo đúng bề mặt đối tượng, từ đó tạo ra nhiều mặt cắt chạy dọc theo đường hầm giúp cho quá tình phân tích được toàn diện.

*Bảng 1: So sánh quét laser 3D và các phương pháp đo thông thường*

| Phương pháp | Hiệu quả đo | Độ chính xác đo | Định dạng dữ liệu | Cường độ làm việc | Điều kiện ánh sáng |
|---|---|---|---|---|---|
| Máy quét laser mặt đất | Triệu điểm trong một giây | Mật độ diểm dày đặc, cấp mm, độ chính xác cao | Đám mây điểm 3D | Thấp | Không yêu cầu |
| Chụp ảnh | Yêu cầu bố trí điểm kiểm soát | Ít chính xác | Hình ảnh độ nét cao | Tương đối thấp | Yêu cầu |
| Máy toàn đạc | Tốc độ đo chậm, cần bố trí các điểm đo | Khoảng cách các điểm đo lớn | Dữ liệu tọa độ các điểm đo | Tương đối cao | Không yêu cầu |
| Quan sát thủ công | Thay đổi từ người này sang người khác | Thay đổi từ người này sang người khác, với độ chính xác thấp | Không | Tương đối thấp | Yêu cầu |

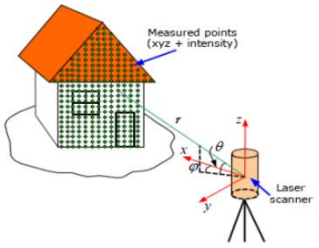
Phương pháp tạo mặt cắt đường hầm được giới thiệu trong nghiên cứu này dựa trên hai loại dữ liệu: đám mây điểm đường hầm quét bằng máy quét laser mặt đất và mô hình thiết kế. Đăng ký không gian chính xác của hai loại dữ liệu được tiến hành để tích hợp chúng. Trục trung tâm đường hầm được tạo ra và phương pháp tính toán mặt cắt dựa trên trục đường này cho phân tích.

## 2. Công nghệ quét laser mặt đất

### *2.1. Nguyên tắc hoạt động của công nghệ quét laser mặt đất*

Các máy quét laser mặt đất (TLS) sử dụng sự phản xạ của chùm tia laser có định hướng từ các đối tượng ngoài thực địa để tính toán chính xác vị trí của chúng trong không gian ba chiều (3D). Máy quét laser mặt đất được ứng dụng trong nhiều nội dung công tác trắc địa. Các thiết bị TLS độ phân giải cao có khả năng tạo ra hàng triệu điểm đo mỗi giây, hiển thị đối tượng trên mô hình 3D, khoảng cách đo xa lên tới km với sai số đo khoảng cách từ mm đến cm và quan trọng nữa là đo được trong những điều kiện môi trường hết sức khó khăn [4].

Nguyên lý của công nghệ quét laser 3D mặt đất là sử dụng tín hiệu laser để đo khoảng cách từ máy quét đến đối tượng. Khi đo giá trị khoảng cách r tạo góc ngang α và góc dọc θ được ghi lại đồng thời, phần mềm của máy sẽ xác định tọa độ không gian XYZ của các điểm đo [7].




*Hình 1: Tính toán tọa độ các điểm đo*

### *2.2. Khoảng cách các trạm*

Khi sử dụng công nghệ quét laser mặt đất cho đường hầm, góc tới (incident angle) của tia

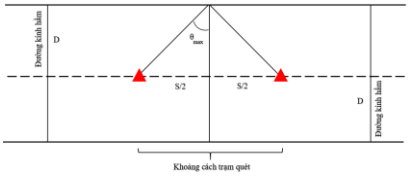
laser là nhân tố rất quan trọng ảnh hưởng tới độ chính xác của dữ liệu quét trong đường hầm. Góc tới tỷ lệ nghịch với độ chính xác. Trong các ứng dụng thực tế, để giảm số trạm quét, khoảng cách giữa các trạm thường được tăng lên, do đó góc tới của tia laser tăng và độ chính xác giảm. Điều quan trọng là phải xác định khoảng cách giữa các trạm hợp lý.

Nếu trạm thử nghiệm đặt tại vạch chia làn đường trong đường hầm, điểm lớn nhất của góc tới lớn nhất được lấy theo công thức sau:

$\theta_{max} = \arctan(S / D)$ (6)

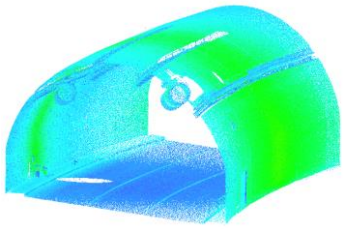
Trong đó:

- $\theta_{max}$ là góc tới lớn nhất của phạm vi trạm quét
- S là khoảng cách trạm quét
- D là đường kính bên trong của đường hầm

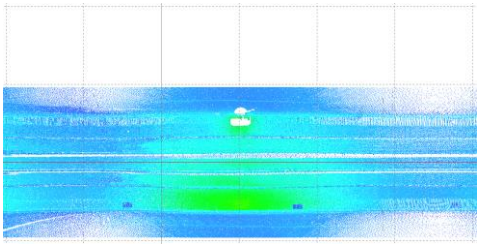



*Hình 2: Mối quan hệ giữa khoảng cách trạm, đường kính trong hầm và góc tới*

Các cuộc thử nghiệm khuyến nghị lấy S=1D, nhưng thử nghiệm của Derek D.Lichit [1] bắt đầu tăng mạnh khi góc tới lớn hơn 65 độ. Từ công thức có thể thấy rằng khi $\theta_{max}$ = 65°, S=2,1D. Xem xét các giới hạn có điều kiện được đo tại đường hầm, trạm máy có lẽ không được đặt tại vạch chia làn đường của đường hầm, theo Y.X.Xieo [8] đề xuất S=(1~2)D và bài nghiên cứu sử dụng S=2D.



*a) Chế độ xem 3D một trạm quét*



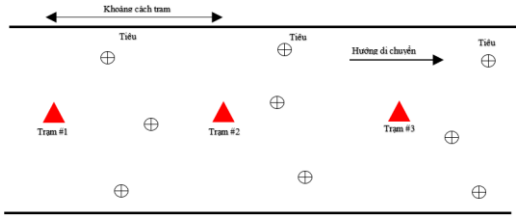
*b) Chế độ xem 2D một trạm quét*

*Hình 3: Phân bố đám mây điểm quét laser: các điểm gần trạm máy có mật độ điểm dày hơn so với các điểm xa trạm quét*

### *2.3. Phương pháp kết nối*

Kết nối dữ liệu của các trạm khác nhau thành một mô hình đám mây điểm tổng thể của đường hầm, quá trình này được gọi là đăng ký (registration) các trạm quét, hợp nhất đám mây điểm của các hệ tọa độ quy chiếu khác nhau thành một hệ tọa độ chung.

Đăng ký các trạm dựa trên các tiêu (target), các trạm lên kết với nhau bằng các tiêu này và nguyên tắc kết nối được thể hiện tại Hình 4. Về hướng, một trạm được đặt ở khoảng cách bằng 2 lần đường kính đường hầm và ba tiêu được đặt ở giữa hai trạm.

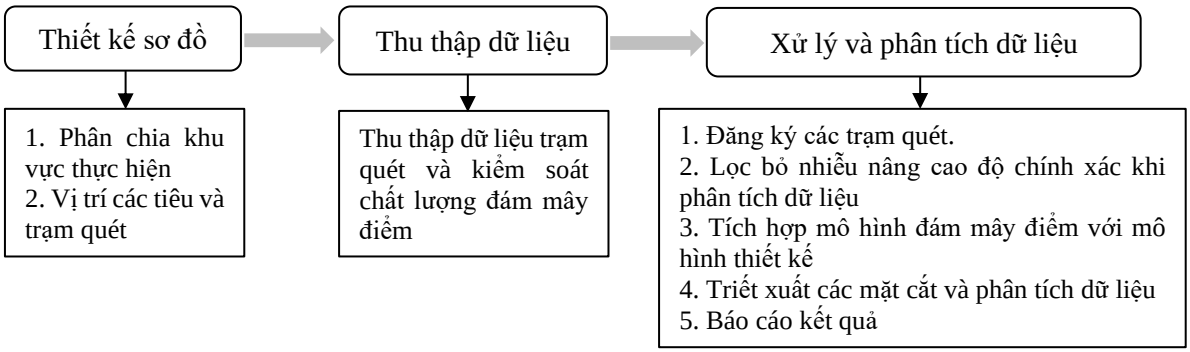



*Hình 4: Sơ đồ nguyên lý các trạm quét laser 3D*

## 3. Quy trình và giải pháp ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất

### *3.1. Quy trình công nghệ*

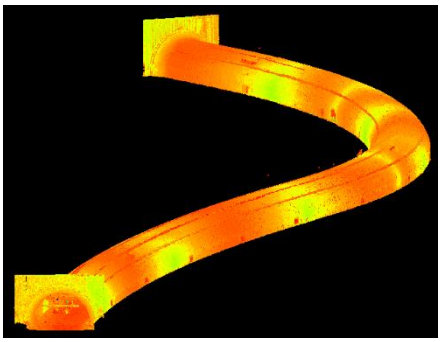
Quy trình chính của công nghệ đo quét bằng máy quét laser mặt đất bao gồm: thiết kế sơ đồ vị trí trạm và tiêu, thu thập dữ liệu thực địa, xử lý và phân tích dữ liệu.




### *3.2. Giải pháp ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất*

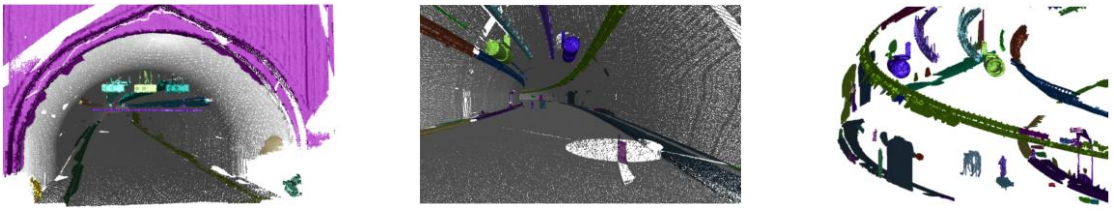
a) Xử lý dữ liệu đám mây điểm

Dữ liệu đám mây điểm 3D được thu thập bằng thiết bị của Leica Geosystems-C10 với khoảng quét lên đến 300m, đăng ký (registration) dữ liệu đám mây điểm được thực hiện bằng phần mềm Cyclone. Chiều dài đường hầm khoảng 510m. Để thu thập dữ liệu toàn bộ đường hầm cần thực hiện 10 trạm quét, khoảng cách trung bình mỗi trạm khoảng 56m (bao gồm dữ liệu đám mây điểm và hình ảnh, quét với độ phân giải trung bình).



*Hình 5: Dữ liệu đám mây điểm 3D*

Trong quá trình thu thập, các phương tiện cơ giới luôn di chuyển trong đường hầm nên dữ liệu đám mây điểm 3D sẽ xuất hiện những điểm không mong muốn. Ngoài ra, hệ thống cơ sở hạ tầng của đường hầm như: đường ống, đường điện, máy thông gió, đèn giao thông, biển báo… được máy quét thu nhận. Nhằm nâng cao độ chính xác khi phân tích dữ liệu sau này, cần loại bỏ các đối tượng không cần thiết ra khỏi bề mặt đường hầm. Để loại bỏ các điểm này, toàn bộ dữ liệu đám mây điểm sau khi đăng ký (registration) trong Cyclone nhập vào phần mềm Cyclone 3DR, phần mềm nhanh chóng cho phép loại bỏ các đối tượng không mong muốn ra khỏi bề mặt hầm, cô lập thành các nhóm đám mây điểm khác nhau. Quá trình này là cần thiết nếu muốn kiểm tra chính xác đường hầm.

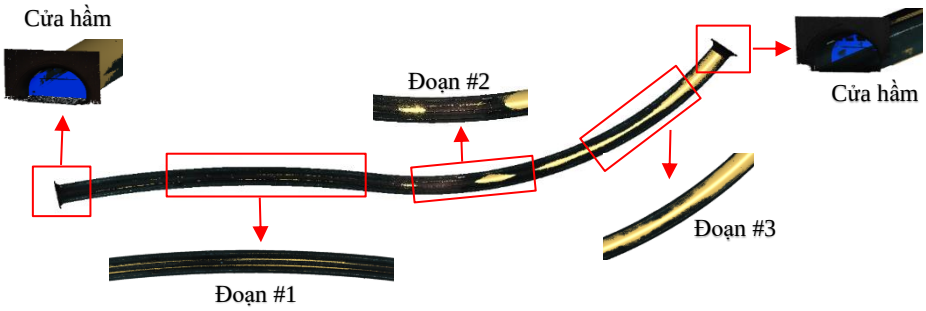


*Hình 5: Cô lập thành các nhóm đám mây điểm khác nhau*

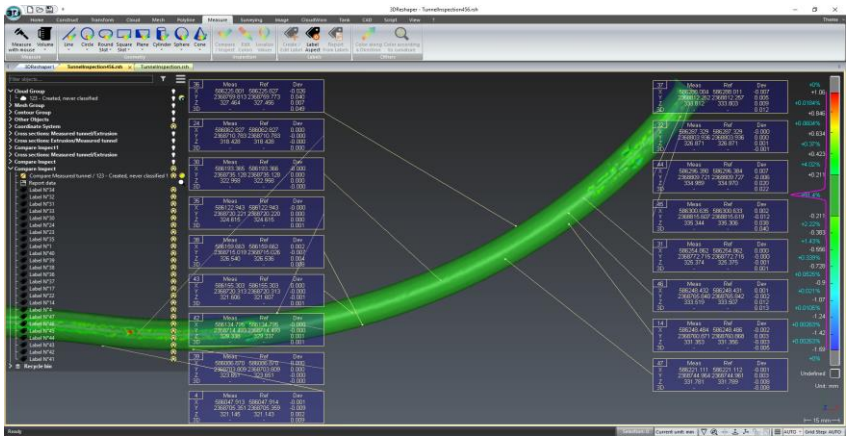
b) Căn chỉnh dữ liệu đám mây điểm với mô hình thiết kế

Tập hợp các điểm tương ứng trong đám mây điểm và mô hình thiết kế để đăng ký mối quan hệ không gian giữa chúng. Vì đường hầm mảnh và dài nên các điểm đặc trưng được chọn phải là các điểm rõ ràng, phân bố đều trong đường hầm, chẳng hạn các điểm trên vòm hầm, cửa hầm,… Độ chính xác của việc đăng ký tăng lên theo số lượng các điểm.

Đám mây điểm đường hầm và mô hình thiết kế được căn chỉnh dựa trên hình dạng hình học (phù hợp nhất). Chín cặp điểm tương ứng được lựa chọn trên mô hình đám mây điểm và mô hình thiết kế. Các điểm trên đám mây điểm được coi như điểm động, các điểm trên mô hình thiết kế được coi như điểm cố định. Cyclone 3DR sẽ tính toán phép biến đổi để giảm thiểu khoảng cách giữa mỗi điểm động và điểm cố định tương ứng theo bình phương tối thiểu (Least Squares). Sau đó so sánh và kiểm tra mối quan hệ không gian giữa hai mô hình, sử dụng 25 điểm trên mô hình sau khi được so sánh và kiểm tra, có thể thấy rằng sau khi căn chỉnh dữ liệu đám mây điểm và mô hình thiết kế thì độ lệch vị trí điểm 3D từ 0,1÷4,8 cm.




*Hình 6: Căn chỉnh đám mây điểm và mô hình thiết kế dựa vào vị trí các cặp điểm trên hai mô hình tương ứng (màu tối đám mây điểm, màu vàng mô hình thiết kế)*



*Hình 7: So sánh và kiểm tra hai mô hình*

c) Tái tạo mô hình 3D mesh từ dữ liệu đám mây điểm

Để có được bề mặt mesh có chất lượng tốt nhất có thể, là sự hài hòa giữa độ chính xác, mức độ chi tiết, độ mịn của bề mặt và số hình tam giác trên bề mặt. Nếu sai số bề mặt cao, mức độ chi tiết thấp thì bề mặt được xác định gần đúng. Nếu sai số bề mặt nhỏ hoặc bằng không thì bề mặt chứa nhiều sắc nhọn (sự nhấp nhô của bề mặt). Vì vậy, quá trình tái tạo mô hình 3D mesh đường hầm được thực hiện theo các bước như sau:

- Đầu tiên sẽ tạo một mô hình mesh thô, mục đích có được hình dạng tổng quát mô hình mesh mà không có bất kỳ lỗ hổng hoặc lỗi trên bề mặt mô hình;

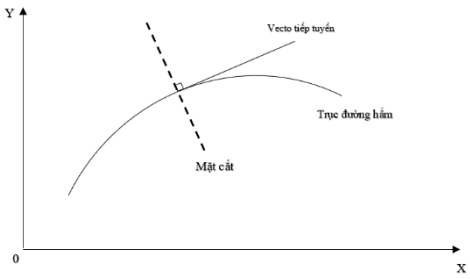
- Sau đó mô hình mesh thô sẽ được điều chỉnh dựa trên dữ liệu đám mây điểm, mục đích tạo bề mặt chi tiết trên mô hình mesh thô theo thực tế.



*Hình 8: Mô hình 3D mesh đường hầm*

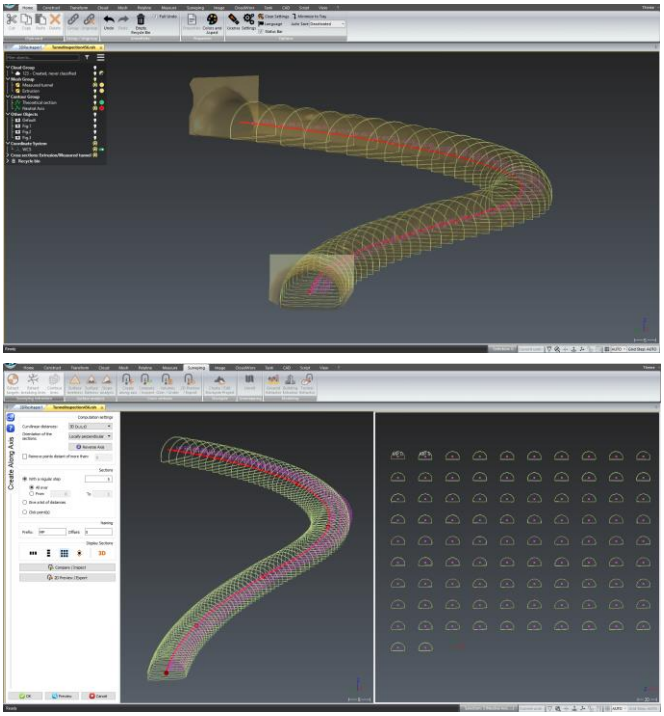
d) Hiển thị mặt cắt đường hầm

Quá trình tạo mặt cắt dọc theo đường hầm được thực hiện bằng phần mềm Cyclone 3DR. Áp dụng phương pháp tính toán mặt cắt để thấy được chính xác mối quan hệ không gian giữa mô hình 3D mesh với mô hình thiết kế. Phần mềm sẽ tạo các mặt cắt chạy dọc theo đường hầm của mô hình 3D mesh và mô hình thiết kế dựa trên trục của đường hầm. Mỗi mặt cắt sẽ vuông góc với vecto tiếp tuyến tại điểm trên trục của đường hầm.



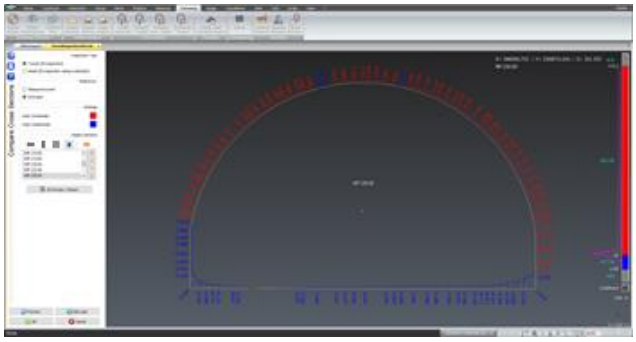

*Hình 9: Mặt cắt vuông góc với vecto tiếp tuyến tại điểm cắt trên trục đường hầm*

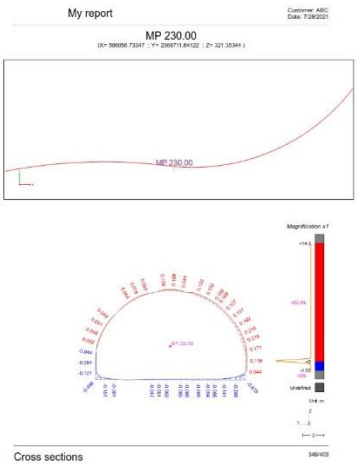
Phương pháp cung cấp thông tin để giám sát sự thay đổi của đường hầm, đồng thời hỗ trợ quyết định cho bảo trì, bảo dưỡng, duy tu trong quá trình sử dụng bằng cách tạo các mặt cắt giữa mô hình thiết kế và mô hình 3D mesh theo những khoảng cách khác nhau.



*Hình 10: Tính toán mặt cắt dọc theo đường hầm chế độ xem 2D và 3D*

Phần mềm sẽ tính toán khoảng cách hay độ lệch giữa hai mô hình tại cùng mặt cắt, cùng vị trí cắt của mô hình 3D mesh và mô hình thiết kế. Đồng thời, phần mềm Cyclone 3DR tự động tạo báo cáo kết quả tại từng vị trí mặt cắt dọc theo trục của đường hầm






*a) Mẫu mặt cắt của một điểm* *b) Báo cáo kết quả*

*Hình 11: Khoảng cách hay độ lệch giữa hai mô hình và báo cáo kết quả*

Với những dữ liệu này, có thể xác định những vị trí cần can thiệp trên đường hầm. Công nghệ quét laser mặt đất với ưu điểm tạo ra hàng triệu điểm giúp nhận dạng bề mặt đối tượng chi tiết, đúng thực tế, độ chính xác cao đã thể hiện chính xác mối quan hệ không gian giữa mô hình đám mây điểm với mô hình thiết kế. Cung cấp các thông tin chính xác, kịp thời, nhanh chóng để kiểm soát chất lượng công trình dựa trên các mặt cắt dọc theo trục đường hầm, từ đó đưa ra các phương án xử lý kịp thời, chính xác hỗ trợ trong xây dựng và bảo trì đường hầm.

**4. Kết luận**

Bài báo mô tả quy trình cơ bản và phương pháp kiểm tra chất lượng đường hầm bằng máy quét laser mặt đất, cũng như so sánh và kiểm tra mối quan hệ không gian giữa hai mô hình đám mây điểm với mô hình thiết kế với độ lệch điểm 3D dưới 5cm. Đường hầm được xử lý từ dữ liệu đám mây điểm bằng phần mềm Cyclone ghép các trạm đơn thành mô hình tổng thể và Cyclone 3DR cho các xử lý đám mây điểm nâng cao, cũng như xử lý dữ liệu từ mô hình 3D mesh với mô hình thiết kế tạo ra các mặt cắt chạy dọc theo đường hầm hiển thị chế độ xem 2D và 3D. Công nghệ quét laser mặt đất sẽ trở thành một phương tiện kỹ thuật quan trọng mới để đảm bảo vận hành đường hầm, bảo trì an toàn và chất lượng.

**Tài liệu tham khảo**

1. Derek D. Lichti (2006), *Error modelling, calibration and analysis of an AM-CW terrestrial laser scanner system*, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 61 (2007) 307-324

2. Jorge Pimentel Cintra (2017), *Tunnel surveying with terrestria laser scanner: A case study*, BCG - Boletim de Ciências Geodésicas - On-Line version, ISSN 1982-2170.

3. Guizhen He, Jun Yang (2014), *Deformation Monitoring For Subway Tunnels Based on TLS*, Advanced Materials Research ISSN: 1662-8985, Vols. 864-867, pp 2744-2749.

4. Nguyễn Viết Nghĩa, Võ Ngọc Dũng (2016), *Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy quét laser 3D mặt đất trong quản lý xây dựng - khai thác mỏ hầm lò*, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất Số 57 (2016) 72-80.

5. Tien Thanh Nguyen, Quang Minh Nguyen, Xiu Guo Liu, Yao Yevenyo Ziggah (2012), *3D object model reconstruction based on laser scanning point cloud data*, International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences 2012.

6. Liming Du, Ruofei Zhong, Haili Sun Suna, Qiong Wu (2017), *Automatic monitoring of tunnel deformation based on high density point clouds data*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W7, 2017 ISPRS Geospatial Week 2017.

7. Li Pinpin, Qiu Wenge, Cheng Yunjian và Lu Feng (2021), *Application of 3D Laser Scanning in Underground Station Cavity Clusters*, Advances in Civil Engineering Volume 2021, Article ID 8896363, 12 pages.

8. Weixing Wang, Weisen Zhao, Lingxiao Huang, Vivian Vimarlund, Zhiwei Wang (2014), *Applications of terrestrial laser scanning for tunnels: a review*, Journal of Traffic and Transportation Engineering( English Edition) 2014, 1(5) : 325-337.

9. Wensheng Zhang, Ziqi Hao, Dong Guo, Yingkai Gao và Jianguo Wang (2020), *Tunnel Point Cloud and BIM Model Integration for Cross-section Monitoring*. doi:10.20944/preprints202011.0537.v1.

10. Wensheng Zhang, Ziqi Hao, Dong Guo, Yingkai Gao và Jianguo Wang (2020), *Tunnel Point Cloud and BIM Model Integration for Cross-section Monitoring*, doi:10.2 0944/preprints202011.0537.v1.

11. Yuzhou Zhou, Zhen Dong, Peiling Tong, Bisheng Yang (2021), *Evaluation of tunnel excavation combining terrestrial laser scanning point cloud and design models*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLIII-B2-2021 XXIV ISPRS Congress (2021 edition).

12. Y.X.Xie, X.Z.Lu, H.Y.Tian, Q.Q.Ji, P.Li (2016), *Development of a modeling method for monitoring tunnel deformation based on terrestrial 3D laser scanning*, J.Bulletin of Surveying and Mapping, (02):143-144.

13. Y.X.Xie, X.Z.Lu, H.Y.Tian, Q.Q.Ji, P.Li (2013), *Development of a modeling method for monitoring tunnel deformation based on terrestrial 3D laser scanning*, J. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 32(11):2214-2224.

14. https://leica-geosystems.com/ truy cập ngày 20/07/2021

# ABSTRACT

## THE MODEL RECONSTRUCTION AND QUALITY CONTROL OF THE TUNNEL WITH TERRESTRIAL LASER SCANNER TECHNOLOGY

**Hoang Thi Van[1], Pham Nhu Hach[1], Nguyen Minh Hoang[1], Le Đinh Hien[2]**

[1] *SISC Viet Nam Instrumentation Joint Stock Company*

[2] *Aerial Photography and Photogrammetry Enterprise - Viet Nam Natural Resources and Environment Corporation Company Limited*

*Corresponding author: phamnhuhach@sisc.com.vn*

Using laser scanning technology to create a realistic 3D point cloud model of the tunnel allows analysis to compare with the design model in inspection and evaluation of the tunnel during operation. Provides reliable information for timely adjustments, make quickly decisions based on accurate results from 3D point cloud data. The 3D laser scanning system has advantage of fast, high accuracy and detail compared to traditional methods such as uses total station. The data processing software creates the efficiently cross section of the tunnels any distance and accurately represents the spatial relationship between the design and point cloud model. The article introduces the method of using terrestrial laser scanner (TLS) to collecting point cloud data of the tunnel and compare it with design model for checking the quality control of the tunnel based on the cross section of the tunnel, provides built-in support information and maintenance of the tunnel.

*Keywords:* Point cloud, model, tunnel, terrestrial laser scanner, cross section

# GIẢI PHÁP GNSS PPK SỬ DỤNG TRẠM THAM CHIẾU ẢO CHO UAV

**Lại Đức Trường[1], Dương Thành Trung[2], Hoàng Anh Tuấn[2]**
*[1]Công ty cổ phần công nghệ hạ tầng cơ sở Aitogy*
*[2]Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*Tác giả liên hệ: aitogyaitogy@gmail.com*

**Tóm tắt:** Ngày nay công nghệ máy bay không người lái (UAV) sử dụng rộng rãi trong công tác Trắc địa-Bản đồ, phục vụ công tác đo chi tiết thành lập bản đồ địa hình, địa chính. Phương pháp định vị động xử lý sau dựa trên hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu (GNSS PPK) được áp dụng phổ biến để xác định tọa độ tâm của ảnh chụp. Với phương pháp này, thông thường, một trạm cơ sở (Base) vật lý đặt tại một điểm mốc khống chế được lắp đặt để thu dữ liệu GNSS (Global Navigation Satellite System) cùng thời điểm với UAV. Số liệu thu được từ trạm Base và UAV sau đó được kết hợp, xử lý bằng phần mềm chuyên dụng để cho ra tọa độ tâm chụp của các ảnh UAV với độ chính xác cỡ centimet. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng các trạm Base ảo thay cho Base vật lý dựa trên hệ thống mạng lưới trạm tham chiếu liên tục Quốc gia (VNGEONET CORS). Bản chất của phương pháp này là dựa trên công nghệ trạm tham chiếu ảo (VRS) được cung cấp bởi VNGEONET CORS. Thông qua việc chuyển đổi khuôn dạng và việc đồng bộ hóa dữ liệu, chúng tôi đã có thể hoàn toàn thay thế trạm Base vật lý bằng trạm Base ảo với nhiều ưu điểm vượt trội như tiết kiệm chi phí máy móc và lắp đặt cũng như đo nối khống chế tại trạm Base vật lý. Thực nghiệm đã được tiến hành ngoài thực địa đã cho thấy rằng sử dụng trạm Base ảo hoàn toàn có thể thay thế được trạm Base vật lý truyền thống.

**Từ khóa:** UAV, VNGEONET CORS, IMU, GNSS RTK, PPK

## 1. Đặt vấn đề

Ngày nay công nghệ máy bay không người lái (UAV) sử dụng rộng rãi trong công tác Trắc địa-Bản đồ, phục vụ công tác đo chi tiết thành lập bản đồ địa hình, địa chính. Với công nghệ truyền thống, các tham số định hướng ngoài được xác định dựa vào các điểm khống chế ảnh mặt đất [1,2]. Các điểm này được xác định tọa độ bằng các các phép đo đạc mặt đất, điều này làm giảm tính viễn thám, vốn là ưu điểm chính của công nghệ UAV. Gần đây, các tham số định hướng của ảnh được xác định bằng các dữ liệu tích hợp giữa công nghệ định vị vệ tinh GNSS (Global Navigation Satellite System) và cảm biến quán tính (IMU) [3]). Để nâng cao độ chính xác vị trí tâm chụp, phương pháp định vị tương đối động đang được áp dụng phổ biến, đặc biệt là cho các ứng dụng liên quan đến Trắc địa-bản đồ. Có hai phương pháp chính đang được áp dụng là phương pháp đo động thời gian thực (GNSS RTK) và phương pháp đo động xử lý sau (PPK). Trong phương pháp RTK, máy bay được trang bị máy thu GNSS có hỗ trợ RTK và dữ liệu trạm base được truyền phát tức thời tại thời điểm đo đến UAV thông qua các

phương tiện truyền thông như bộ phát Radio hay Internet. Ưu điểm của phương pháp này là có thể cung cấp thông tin vị trí chính xác ở thời gian thực. Nhược điểm của nó là chí phí cao về phương tiện cả ở trạm di động và trạm cơ sở để truyền và xử lý thông tin định vị chính xác cao một cách tức thời; hơn nữa, trong quá trình hoạt động nếu dữ liệu của trạm cơ sở không thể chuyền tới trạm di động do ảnh hưởng của nhiều nguyên nhân khác nhau thì sai số định vị sẽ lớn. Để khắc phục những hạn chế của công nghệ RTK đối với các ứng dụng xử lý sau, công nghệ PPK được áp dụng. Trong công nghệ này, dữ liệu từ trạm cơ sở được lưu đồng thời với dữ liệu trên máy bay hay trạm di động. Các dữ liệu này sau đó được xử lý bằng các phần mềm chuyên dụng để cho ra thông tin tọa độ chính xác của máy bay hay trạm di động. Ưu điểm của cả hai phương pháp PPK và RTK là đều có thể cung cấp thông tin vị trí với độ chính xác cỡ cm. Tuy vậy cả hai đều phải trang bị trạm cơ sở gần khu đo và cần đo nối tọa độ đến điểm cơ sở đối với các dự án cần đo nối với hệ thống tọa độ quốc gia.

Những năm gần đây, với sự xuất hiện của các trạm tham chiếu liên tục (CORS-Continuosly Operation Reference Station), UAV có thể kết nối trực tiếp với các trạm CORS để vận hành chức năng đo RTK mà không cần trang bị trạm cơ sở tại công trường. Tuy vậy, với tốc độ vận hành khá nhanh và phức tạp, việc nhận dữ liệu và xử lý một cách tức thời trên máy bay có thể bị ngắt quãng bởi các điều kiện khác nhau, điều này dẫn đến thông tin vị trí được cung cấp từ máy thu GNSS có thể không hoàn toàn đáp ứng yêu cầu về độ chính xác. Để khắc phục vấn đề này, chúng tôi đã đề xuất phương pháp đo động xử lý sau sử dụng dữ liệu từ các trạm CORS thay cho trạm cơ sở tại công trường. Trong phương pháp này, dữ liệu trạm CORS được thu bằng phần mềm, vị trí trạm cơ sở có thể được đánh dấu bất kỳ tại khu đo đối với mạng lưới CORS có hỗ trợ trạm tham chiếu ảo (VRS). Dữ liệu thu được từ trạm CORS sau đó được kết hợp với dữ liệu GNSS thô từ UAV để xử sau bằng các phần mềm chuyên dụng theo thuật toán xử lý PPK thông thường.

**2. Lựa chọn Phương pháp đo động xử lý sau**

Trong định vị tương đối động, một máy thu đặt cố định tại điểm đã biết tọa độ trong khi điểm còn lại di chuyển đến các điểm cần xác định tọa độ [4]. Dữ liệu từ máy di động và trạm cơ sở sau đó được xử lý dựa trên nguyên lý giải số nguyên đa trị để thu được lời giải định vị có độ chính xác từ decimet đến centimet. Tùy thuộc vào thuật toán, kỹ thuật đo và mục đích sử dụng khác nhau, có những kỹ thuật đo và xử lý PPK như sau:

Đo động dừng và đi (Stop And Go): Là kỹ thuật đo mà máy tại trạm Rover dừng lại tại các điểm cần xác định để thu tín hiệu khoảng vài giây đến vài phút sau đó lại di chuyển đến điểm khác. Kỹ thuật đo này được ứng dụng chủ yếu để đo vẽ thành lập bản đồ, đo vẽ mặt cắt, đo các điểm lưới khống chế có độ chính xác thấp vv...

Đo động liên tục (Continuous): Là kỹ thuật đo mà máy tại trạm Rover vừa di chuyển vừa đo, không dừng lại tại điểm cụ thể nào, kết quả sẽ xác định được các điểm trên đường di chuyển sau những khoảng thời gian nhất định nào đó. Kỹ thuật này thường được ứng dụng để xác định toạ độ của các vật di chuyển như tàu, thuyền, ô tô hoặc đo xác định bề mặt địa hình, vv...

Đo động đánh dấu sự kiện: Là kỹ thuật đo mà máy tại trạm động xác định toạ độ điểm đồng thời với một sự kiện nào đấy. Ví dụ: Máy động xác định toạ độ tâm chụp của máy chụp ảnh hàng không đồng thời với việc cửa chớp nhanh của máy chụp ảnh.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi chọn kỹ thuật đo động liên tục với tần số thu dữ liệu 5Hz. Thông tin vị trí các điểm đo được gắn với thời gian GPS để làm cơ sở đồng bộ với thời gian của ảnh chụp.

## 3. Công nghệ trạm CORS

### *3.1 Khái niệm trạm CORS*

Trạm CORS là hệ thống trạm tham chiếu làm việc liên tục, có thể được hiểu là một hoặc nhiều trạm tham chiếu GNSS vận hành liên tục tại các điểm cố định, ứng dụng công nghệ máy tính hiện đại và internet truyền dữ liệu tạo thành một mạng lưới. Do có nhiều thông tin từ nhiều trạm tham chiếu truyền tới nên tại trạm chủ (MS) người ta có thể xây dựng được mô hình số cải chính vi phân tức thời như là hàm của vị trí điểm các trạm tham chiếu. Trong mô hình này, người ta có thể xét tới một số nguồn sai số như sai số quỹ đạo vệ tinh, sai số đồng hồ vệ tinh, ảnh hưởng của tầng đối lưu, tầng điện ly.

Các trạm tham chiếu hoạt động liên tục được xây dựng bảo đảm cho mật độ tương đối đồng đều, khoảng cách giữa các trạm tham chiếu là một tham số đặc trưng cho độ chính xác của hệ thống. Vị trí các trạm tham chiếu sẽ được xác định chính xác trong hệ thực dụng. Tại mỗi trạm tham chiếu sẽ lắp đặt máy thu GNSS đa tần số độ chính xác cao và liên tục thu tín hiệu vệ tinh. Các trạm CORS được kết nối với trạm chủ thông qua internet. Trạm chủ có nhiệm vụ xử lý và lưu giữ các thông tin từ các trạm tham chiếu gửi tới, ngoài ra cung cấp một nền tảng để ánh xạ chính xác từng cơ sở hạ tầng với định vị được tiêu chuẩn hóa.

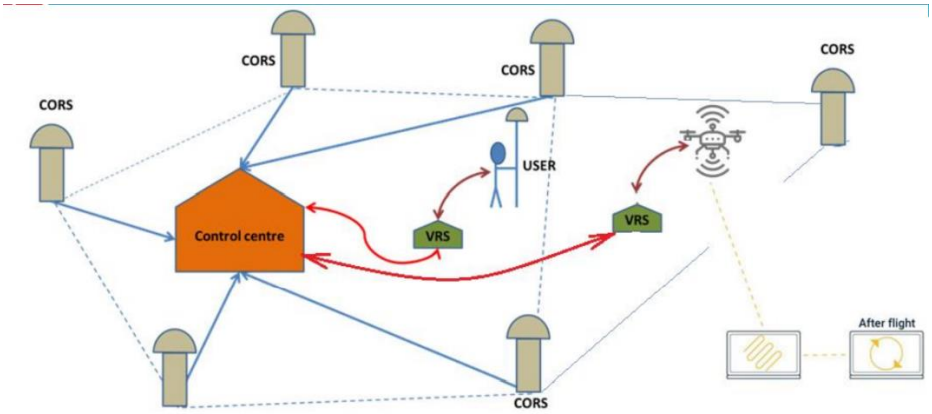
### *3.2. Nguyên lý hoạt động của VRS*

Giả thiết mạng lưới công nghệ VRS bao gồm n trạm CORS thu các tín hiệu từ các vệ tinh. Các dữ liệu vệ tinh thu được từ các trạm tham chiếu được truyền về Trạm xử lý trung tâm nhờ các mạng LAN, Internet Modem. Trạm xử lý trung tâm tiến hành xử lý các dữ liệu vệ tinh theo các baselines giữa các trạm tham chiếu trên cơ sở giải các trị nguyên đa trị theo các phương trình hiệu kép của trị đo pha. Tiếp theo các số hiệu chỉnh khí quyển bao gồm tổng của số hiệu chỉnh do ảnh hưởng của tầng điện ly và số hiệu chỉnh do ảnh hưởng của tầng đối lưu được xác định. Các số hiệu chỉnh khí quyển được mô hình hoá bởi mô hình nội suy tuyến tính với việc xác định được các hệ số của mô hình nhờ các số hiệu chỉnh khí quyển đã được xác định trên n trạm tham chiếu.

Trạm Rover gửi các toạ độ gần đúng của nó về Trạm xử lý trung tâm nhờ các dịch vụ GSM, GPRS, 3G, … Trạm xử lý trung tâm sẽ thiết lập trạm VRS gần khu vực của trạm Rover dựa trên các dữ liệu vệ tinh trên n trạm tham chiếu và gửi các dữ liệu tính toán đối với trạm VRS đến trạm Rover trong định dạng chuẩn RTCM. Dựa trên các dữ liệu nhận được, trạm Rover giải đa trị và xác định vector baseline giữa trạm VRS và trạm Rover. Từ đây xác định được vị trí của trạm Rover.

Hệ thống trạm VRS hoạt động dựa trên nguyên tắc sau:

- Mạng lưới phải có ít nhất 3 trạm tham chiếu cố định CORS. Các trạm này kết nối đến một mạng chủ thông qua các liên kết truyền thông (LAN, Internet hoặc Radio Modem).




*Hình 1: Nguyên lý trạm tham chiếu ảo*

- Một hay nhiều Rover hoạt động trong vùng bao phủ của mạng lưới các trạm CORS. Các Rover này gửi vị trí tương đối của nó về trung tâm xử lý số liệu. Các số liệu về vị trí tương đối của Rover được gửi bằng các giao thức truyền dữ liệu trên điện thoại di động như GSM hoặc GPRS. Định dạng chuẩn của dữ liệu gửi từ Rover thường là NMEA (Natinonal Marine Electronics Association). Loại định dạng này có sẵn ở hầu hết các máy thu GPS.

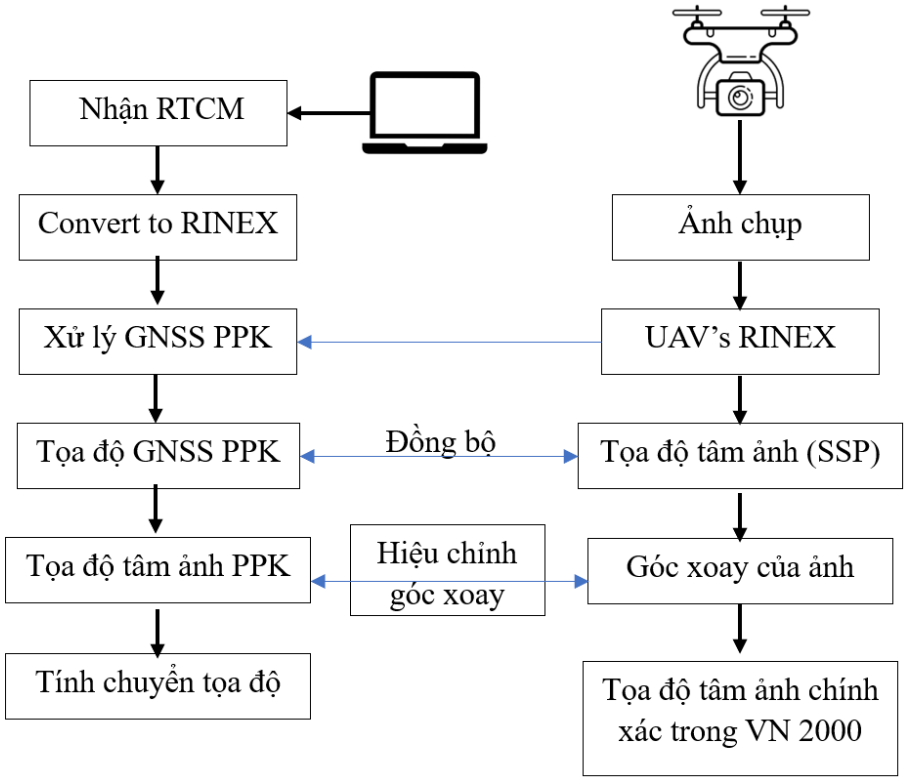
- Trung tâm xử lý phải được trang bị các phần mềm có khả năng phân tích, tổng hợp các dữ liệu thu được từ các trạm CORS và Rover như các phần mềm GPSNet, GPServer hoặc CRNet. Sau khi nhận thông điệp thông qua chuẩn NMEA từ Rover, máy chủ trung tâm sẽ gửi lại tín hiệu RTCM từ trung tâm xử lý dữ liệu để cập nhật lại vị trí của Rover và tiếp tục gửi vị trí mới của mình về trung tâm xử lý dữ liệu. Lúc này máy chủ trung tâm mới tính toán cho ra tín hiệu hiệu chỉnh tham chiếu ảo ngay sát với Rover.

Mạng lưới các trạm tham chiếu này tạo ra một trạm tham chiếu ngay sát với Rover, nhưng trạm tham chiếu này hoàn toàn không có thực nên trạm này gọi là trạm tham chiếu ảo.

### *3.3. Quy trình công nghệ VRS PPK cho UAV*

Quy trình công nghệ VRS PPK được mô tả như hình 2. Dữ liệu tại trạm cơ sở được thu nhận bằng phần mềm máy tính với vị trí trạm ảo được xác định bất kỳ sao cho gần với khu đo nhất. Dữ liệu này có khuôn dạng RTCM, sau khi thu nhận được chuyển đổi sang khuôn dạng RINEX. Dữ liệu thô thu được từ máy bay cũng được chuyển sang khuôn dạng RINEX để kết hợp với số liệu từ trạm base ảo để tiến hành xử lý PPK để thu được các thông tin về thời gian GPS, tọa độ và độ chính xác các điểm đo. Trong quá trình bay, máy bay chụp ảnh mặt đất, thời điểm chụp của các tấm ảnh sẽ được gắn kèm thông tin thời gian GPS dựa vào máy thu GNSS trên máy bay. Dựa vào thẻ thời gian này, chúng ta có thể đồng bộ giữa dữ liệu PPK và tọa độ tâm chụp. Bước tiếp theo chúng ta sẽ tính chuyển tọa độ thu nhận từ phép xử lý PPK về hệ tọa độ địa phương dựa trên các tham số chuyển đổi gắn kèm trong các bản tin của dữ liệu RTCM thu được. Ngoài ra, từ thông tin về độ lệch tâm ăng ten và các góc xoay thu được từ cảm biến

quán tính, chúng ta có thể tính toán để thu được tọa độ tâm ảnh chính xác.




*Hình 2: Quy trình Công nghệ VRS PPK cho UAV*

**4. Thực hiện đánh giá kết quả**

Để đánh giá hiệu quả cũng như độ tin cậy của phương pháp đã đề xuất phương án như ở trên, chúng tôi đã tiến hành thử nghiệm tại thực địa tại phường Đức Thắng, Quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội. Các thiết bị thử nghiệm bao gồm một máy bay không người lái DJI Phantom 4 RTK. Một máy thu GNSS Comnav T300 để làm trạm base vật lý. Tài khoản trạm tham chiếu ảo của hệ thống trạm tham chiếu định vị vệ tinh quốc gia (VNGEONET). Hình ảnh thực địa như Hình 3.



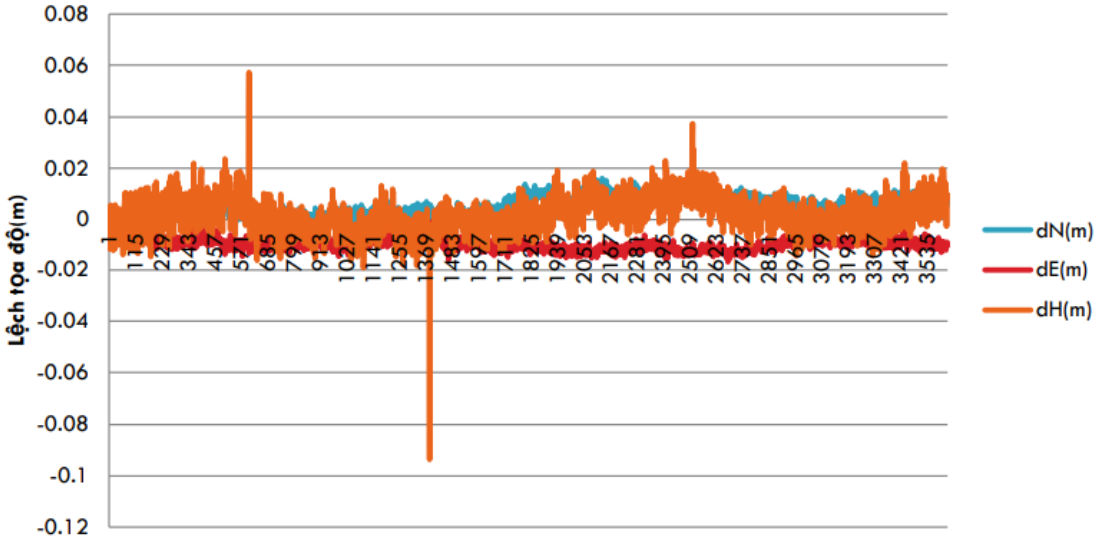
*Hình 3: Hiện trường bay chụp*

Các số liệu thu thập bao gồm Số liệu Rover RINEX từ UAV, Số liệu Base RINEX vật lý (Comnav T300), Số liệu trạm base ảo (VNGEONET) và các điểm đo RTK mặt đất. Việc xử lý PPK được tiến hành bằng phần mềm Aipos với giao điện như hình 4.

Để đánh giá độ chính xác, chúng tôi tiến hành so sánh giữa kết quả PPK được tính toán từ trạm base vật lý so với kết quả tính toán sử dụng trạm base ảo dựa trên tất cả các điểm đo. Phân tích so sánh độ lệch giữa hai kết quả trên được thể hiện ở biểu đồ 5 và các tham số phân tích thống kê được trình bày ở bảng 1.



*Hình 4: Giao diện phần mềm Aipos*




*Hình 5: Biểu đồ độ lệch tọa độ giữa trạm base vật lý và base ảo*

*Bảng 1: Phân tích thống kê độ lệch giữa hai phương pháp*

| Tông số | dN (m) | dE (m) | dH (m) |
|---|---|---|---|
| Số lượng điểm đo | 3623 | 3623 | 3623 |
| Độ lệch lớn nhất | 0.016 | 0.002 | 0.057 |
| Độ lệch trung bình | 0.005 | -0.010 | 0.002 |
| Độ lệch chuẩn | 0.004 | 0.002 | 0.007 |

Kết quả xử lý cho thấy rằng sự khác biệt giữa kết quả xử lý PPK sử dụng trạm base vật lý và trạm base ảo trung bình cỡ centimet. Yếu tố mặt bằng có độ lệch ít hơn so với yếu tố độ cao. Có sự xuất hiện độ lệch hệ thống giữa hai phương pháp khi biểu đồ độ lệch nằm hẳn phía trên của trục hoành. Điều này có thể do ảnh hưởng của tham số tọa độ gốc của các trạm Base.

## 5. Kết luận

Nghiên cứu này đã đề xuất giải pháp đo động xử lý sau cho UAV sử dụng trạm tham chiếu ảo thay cho trạm vật lý. Ngoài ra, nghiên cứu này cũng đã xây dựng được thuật toán, phần mềm xử lý số liệu GNSS, số cải chính RTCM và đồng bộ hóa dữ liệu tâm chụp ảnh.

Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng có thể sử dụng Base ảo thay cho Base vật lý để xác định tọa độ tâm chụp ảnh với độ chính xác cỡ centimet. Với kết quả này có thể thấy hiệu quả của phương pháp đề xuất là giảm được việc trang bị trạm base vật lý và giảm bớt việc đo nối khống chế đến trạm base khi đo vẽ bằng UAV sử dụng công nghệ GNSS PPK.

## Tài liệu tham khảo

1. Kayitakire, F.; Hamel, C.; Defourny, P.Retrieving forest structure variables based on image texture analysis and IKONOS-2 imagery. Remote Sens. Environ. 2006, 102, 390-401.

2. Neigh, C.; Masek, J.; Bourget, P.; Cook, B.; Huang, C.; Rishmawi, K.; Zhao, F.; Neigh, C.S.R.; Masek, J.G.; Bourget, P.; et al. Deciphering the Precision of Stereo IKONOS Canopy Height Models for US Forests with G-LiHT Airborne LiDAR. Remote Sens. 2014, 6, 1762-1782.

3. Honkavaara, E.; Ahokas, E.; Hyyppä, J.; Jaakkola, J.; Kaartinen, H.; Kuittinen, R.; Markelin, L.; Nurminen, K.Geometric test field calibration of digital photogrammetric sensors. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 2006, 60, 387-399.

4. Dương Thành Trung, Hoàng Thị Thủy và Võ Minh Tuấn. Giải pháp định vị GPS tương đối động xử lý sau với nhiều trạm cơ sở trong công tác thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn (in Vietnames), Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất, 2019, số 60, kỳ 2.

# ABSTRACT

## METHOD OF GNSS PPK USING VIRTUAL REFERENCE STATION FOR UAV

**Lai Đuc Truong[1], Duong Thanh Trung[2], Hoang Anh Tuan[2]**

*[1]Aitogy Infrastructure Technology., JSC; [2]Hanoi University of Mining and Geology*

*Corresponding author: aitogyaitogy@gmail.com*

Unmanned Arial Vehicle (UAV) is now widely applied for Surveying and Mapping for establishing topographic map and cadastral map. The Post-Processed Kinematic Positioning based on Global Navigation Satellite System is popularly applied for accurately determining image position. By PPK GNSS, commonly, a physical or real base station is required for raw data acquisition, this data is combined with the raw data received from UAV's receiver to archive centimeter level of positional solution with professional software.

In this research, we propose a virtual base station instead of a real base using the National CORS network (VNGEONET). The experimental result indicated that the vertical base is comparable with the real base in positional accuracy while having many advantages such as low cost and reducing fieldwork.

*Keywords*: VRS, PPK GNSS, UAV, CORS.

# NGHIÊN CỨU TÍCH HỢP THIẾT BỊ PPK TEODRONE VỚI MÁY BAY PHANTOM 4 PRO TRONG CÔNG TÁC THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH TỶ LỆ LỚN

**Nguyễn Việt Hà[1] , Dương Anh Toàn[2], Nguyễn Hà[1]**
*[1]Trường đại học Mỏ - Địa chất*
*[2] Công ty TNHH Trắc địa và Công nghệ Toàn Việt*
*Tác giả liên hệ: nguyenvietha@humg.edu.vn*

**Tóm tắt**: Máy bay không người lái bay chụp theo nguyên lý RTK có ưu điểm là xác định chính xác tâm ảnh chụp, tuy nhiên số liệu đo RTK trên máy bay vẫn còn những hạn chế do không kiểm soát được số liệu, giá thành cao. Với công nghệ PPK tích hợp trên máy bay không người lái, cho phép xác định chính xác tâm ảnh chụp, số liệu đo được kiểm soát và các baseline được bình sai tính toán cho kết quả tin cậy. Vì vậy, bài báo nghiên cứu tích hợp thiết bị PPK Teodorone với máy bay Fantom 4 Pro trong công tác thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn nhằm góp phần làm chủ công nghệ, cải tiến thiết bị sản xuất trong nước, nâng cao hiệu quả thành lập bản đồ địa hình ở Việt Nam.

**Từ khóa**: Máy bay không người lái, Thiết bị PPK Teodrone, Bản đồ địa hình, Bình đồ ảnh

## 1. Đặt vấn đề

Trước đây khi công nghệ còn lạc hậu, bản đồ địa hình phục vụ thiết kế công trình phải đo trực tiếp ngoài thực địa và vẽ bản đồ trên giấy để thể hiện địa hình, địa vật phục vụ cho công tác thiết kế và xử lý số liệu. Điều này không những làm cho năng suất lao động không được nâng cao, mà còn khó đáp ứng được các yêu cầu ngày càng cao về độ chính xác khi mà toàn bộ số liệu được đồ giải trên bản đồ, đây là một trong những công đoạn gây ra sai số lớn trong các công tác khảo sát thiết kế.

Ngày nay trên cơ sở phát triển mạnh mẽ của công nghệ thông tin cũng như nhiều ngành khoa học khác, việc tự động hoá các công tác thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn đã và đang được nghiên cứu, triển khai rộng rãi. Vì vậy, việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ UAV kết hợp công nghệ PPK trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn để áp dụng một cách hợp lý, phù hợp với đặc điểm và bản chất của công trình là vấn đề rất cần thiết.

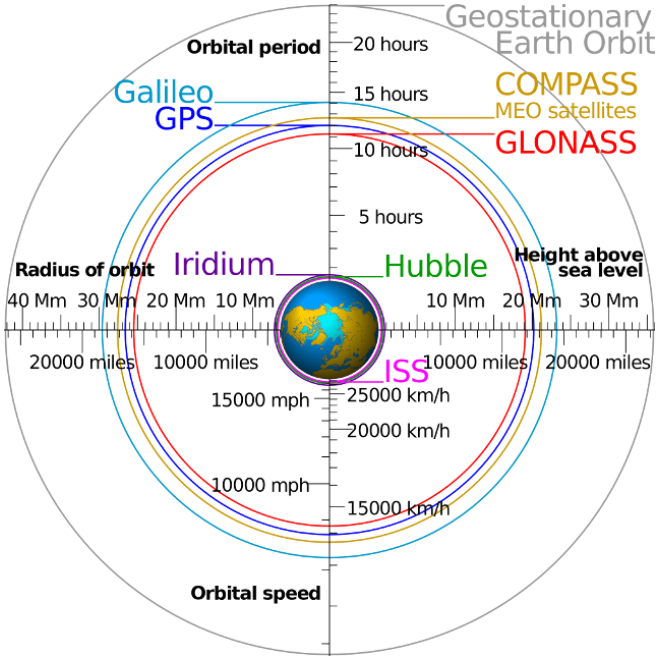
Công nghệ chụp ảnh hàng không sử dụng thiết bị bay không người lái UAV để thành lập bản đồ và mô hình số mặt đất đã được nhiều nước trên thế giới ứng dụng đem lại hiệu quả rất cao. Ở Việt Nam trong những năm gần đây đã có nhiều công trình nghiên cứu chứng minh độ chính xác và tính hiệu quả của việc ứng dụng UAV. Qua một số công trình nghiên cứu ứng dụng thiết bị bay UAV chụp ảnh tại một số dự án tại Việt Nam như khai thác mỏ, hành lang tuyến điện cao thế, mặt bằng thiết kế tuyến đường, bản đồ địa hình tỷ lệ lớn đã cho thấy những

ưu điểm nổi bật như chi phí thấp, quy trình bay chụp xử lý ảnh nhanh, độ chính xác cao và dễ dàng tạo mô hình số 3D. Máy bay không người lái phổ biến trên thị trường có hai loại là máy bay không tích hợp công nghệ RTK hoặc PPK và máy bay có tích hợp công nghệ RTK hoặc PPK. Máy bay không tích hợp công nghệ đo RTK hoặc PPK cần phải làm nhiều điểm khống chế mặt đất để đảm bảo độ chính xác, điều này gây khó khăn trong công tác đo đạc, rải điểm trước khi bay chụp. Máy bay không người lái có tích hợp RTK có ưu điểm là xác định chính xác tâm ảnh chụp, tuy nhiên số liệu RTK đo trên máy bay vẫn còn những hạn chế do không kiểm soát được số liệu đo và giá thành cao. Với công nghệ PPK tích hợp trên máy bay không người lái, cho phép xác định chính xác tâm ảnh chụp, số liệu đo được kiểm soát và các baseline được bình sai tính toán cho kết quả tin cậy, giá thành rẻ hơn so với RTK.

Vì vậy, bài báo nghiên cứu tích hợp thiết bị PPK Teodorone với máy bay Fantom 4 Pro trong công tác thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn nhằm góp phần làm chủ công nghệ, cải tiến thiết bị sản xuất trong nước, nâng cao chất lượng thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn phục vụ khảo sát thiết kế các công trình ở Việt Nam.

**• Công nghệ GNSS và thiết bị PPK Teodrone**

Hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu (GNSS) là tên dùng chung cho các hệ thống định vị toàn cầu sử dụng vệ tinh như: GPS (Hoa Kỳ), hệ thống định vị Galileo (Liên minh châu Âu), hệ thông GLONASS (Liên bang Nga) và hệ thống định vị Bắc Đẩu (Trung Quốc) và các hệ thống định vị khu vực khác. Hệ thống định vị vệ tinh được phát triển từ những năm 70 của thế kỷ XX.

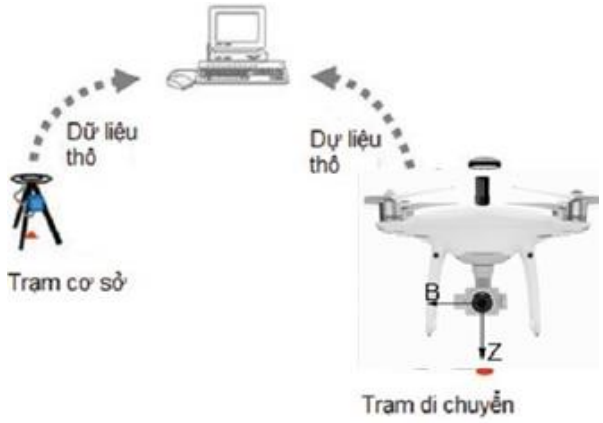



*Hình 1.1: Độ cao quỹ đạo bay của hệ thống GNSS*

Đo GNSS động là một dạng của phương pháp đo tương đối, phương pháp này xác định hiệu toạ độ trong hệ toạ độ GNSS từ điểm cần xác định toạ độ đến điểm gốc đã có toạ độ, dựa trên cơ sở các số liệu vệ tinh được thu nhận đồng thời từ 2 máy thu đặt trên 2 điểm trong một

khoảng thời gian nhất định. Đo GNSS động được chia ra 2 phương pháp chính: Đo động xử lý sau (Postprocessing Kinematic - PPK); Đo động tức thời (Real time Kinematic - RTK).

Kỹ thuật định vị RTK sử dụng hai trạm thu tín hiệu vệ tinh, một trạm đặt cố định tại vị trí đã biết trước tọa độ, được gọi là trạm cơ sở. Trạm còn lại là trạm di chuyển, cần xác định vị trí. Trạm cơ sở cần được kết nối với trạm di chuyển để liên tục gửi tín hiệu hiệu chỉnh sai số cho trạm di chuyển. Từ đó, vị trí của trạm di chuyển sẽ được tính toán chính xác hơn nhờ thông tin hiệu chỉnh từ trạm cơ sở. Tuy nhiên, một số ứng dụng chỉ cần vẽ lại vị trí chính xác của các đối tượng di chuyển mà không cần đến yếu tố thời gian thực thì kỹ thuật định vị động xử lý sau (PPK) là một kỹ thuật định vị phù hợp. Tương tự như kỹ thuật định vị RTK, kỹ thuật định vị PPK cũng là kỹ thuật định vị sử dụng hai trạm - trạm cơ sở và trạm di chuyển. Điểm khác nhau giữa hai kỹ thuật định vị này là thời điểm xử lý kết quả định vị chính xác. Trong kỹ thuật PPK, dữ liệu thô ở trạm cơ sở không gửi liên tục cho trạm di chuyển trong quá trình định vị mà được lưu lại thành tập tin để dùng cho việc xử lý kết quả sau đó. Và ở trạm di chuyển, dữ liệu cũng được lưu lại thành tập tin chứ không được xử lý tức thời. Sau quá trình thu thập, các dữ liệu thô ở trạm cơ sở và trạm di chuyển sẽ được kết hợp lại xử lý để tính vị trí trạm di chuyển (Hình 1.2)[2].




*Hình 1.2: Kỹ thuật đo động xử lý sau (PPK)*

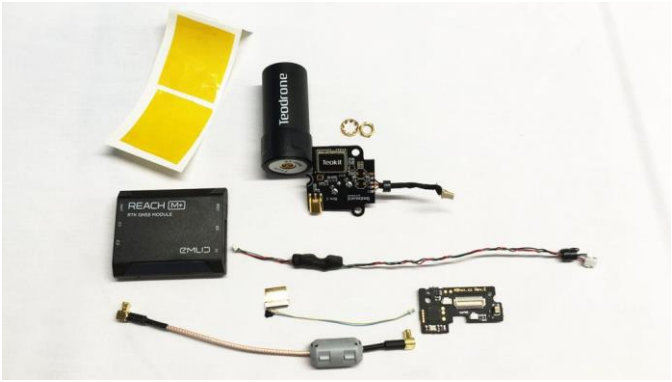
Phương pháp đo PPK cho phép xác định vị trí tương đối của hàng loạt điểm so với điểm đã biết trong đó tại mỗi điểm đo chỉ cần thu tín hiệu trong vòng một phút, để xác định số nguyên đa trị của tín hiệu vệ tinh. Phương pháp này cần phải có một cạnh đáy đã biết được gối lên điểm đã có tọa độ. Sau khi đã xác định, số nguyên đa trị được giữ nguyên để tính khoảng cách từ vệ tinh đến máy thu cho các điểm đo tiếp sau trong suốt cả chu kỳ đo. Nhờ vậy, thời gian thu tín hiệu tại điểm đo không còn là một tiếng như trong đo tĩnh mà đã giảm xuống còn là một vài giây cho phương pháp này. Về lý thuyết và thực hành đánh giá độ chính xác của công tác định vị PPK đã được tác giả nghiên cứu cùng nhóm của mình và công bố trên đề tài nghiên cứu khoa học cấp bộ mã số B2005-36-89 và bài báo khoa học công bố kết quả khảo sát độ chính xác của kỹ thuật đo PPK [3].

Trên cơ sở kỹ thuật định vị PPK, công ty Vanavara Digital của LB Nga đã nghiên cứu và

chế tạo hệ thống định vị vệ tinh Teokit chuyên dụng để lắp đặt cho máy bay không người lái của hãng DJI như Phantom 4, Mavic 2… Biến các flycam giá rẻ này thành thiết bị bay chụp trên không với độ chính xác cao. (Teodrone là tên để gọi 1 bộ hoàn chỉnh - flycam đã gắn bộ Kit PPK).

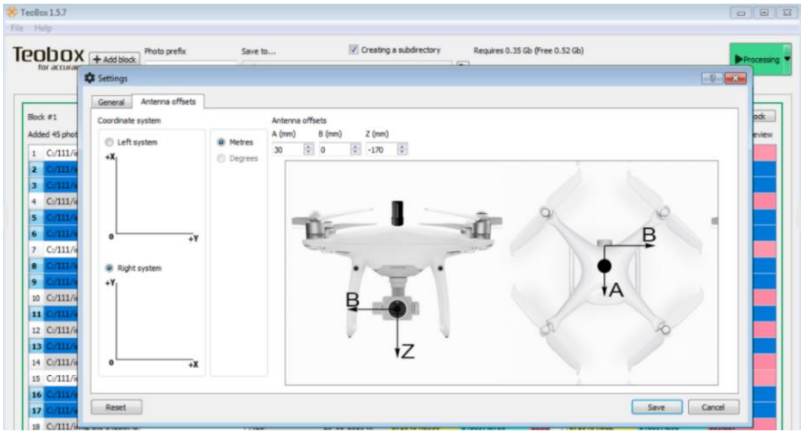
Bộ kit GNSS PPK Teodrone gồm các thành phần chính sau:

- Trung tâm của Teodrone là bảng mạch Teoboard. Teoboard là bo mạch phân phối tín hiệu GNSS từ ăng-ten xoắn ốc đến bo mạch GNSS và module DJI GPS (Hình 1.3). Một giải pháp độc đáo cho phép bạn có tín hiệu chất lượng cao liên tục của các chòm sao vệ tinh GPS và Glonass. Luôn nhận dữ liệu đo vệ tinh RAW chất lượng cao, bất kể thời tiết và thời gian. Điều này khiến Teodrone luôn có độ chính xác đồng đều trên toàn khu bay chụp.




*Hình 1.3: Bộ Teodrone Teokit PPK và hệ thống GNSS cho máy bay Phantom 4*

- Teodrone có chứa bảng mạch AShot. Ashot điều khiển DJI Can Bus và biết thông tin về cài đặt máy ảnh như màn trập và đọc Bus cảm biến để biết về thời điểm bắt đầu phơi sáng ảnh và thời điểm kết thúc phơi sáng ảnh. Điều này cho phép AShot đọc chính xác thời điểm ở giữa phơi sáng ảnh mà không bị chậm trễ. Khác với một số bộ Kit đọc tín hiệu từ đèn trên vị trí motor. khi đọc tín hiệu đèn để biết thời điểm chụp ảnh, sẽ có độ trễ tín hiệu đèn ảnh hưởng tới độ chính xác của tâm ảnh[5].




*Hình 1.4: Bộ Teokit PPK được lắp đặt và căn chỉnh cho máy bay Phantom 4*

**2. Bay chụp thử nghiệm**

Thiết bị thực nghiệm:

- Uav Teodrone

- Trạm base đo tĩnh: E-survey E300 Pro

- Thiết bị kiểm tra đo đạc ngoài thực địa:

Đo bằng máy RTK theo giao thức Base - Rover qua sóng radio. Trong đó E-survey E300 Pro là rover, Kolida K5 Plus làm trạm base Khu vực thực nghiệm:

- Khu đồi núi thuộc làng Lập Đinh, xã Ngọc Thanh có tọa độ trắc địa: B- 21º19’22” L- 105º45’39”; diện tích khu đo rộng 9,0 ha; độ cao từ 33-65m; trong khu đo có đồi, hồ nước, đường giao thông và thực vật che phủ.

- Độ cao bay: 100 m Độ phủ phía trước: 75 Độ phủ ngang: 80 Thời gian bay: Bay lúc 12h30 trưa, ngày bay 36 phút.

Sau khi bay chụp, số liệu đo PPK từ Base và Rover được xử lý bằng modul RTKLib cho ra kết quả như sau:

% ref pos : 21.322313710 105.760147730 12.4480

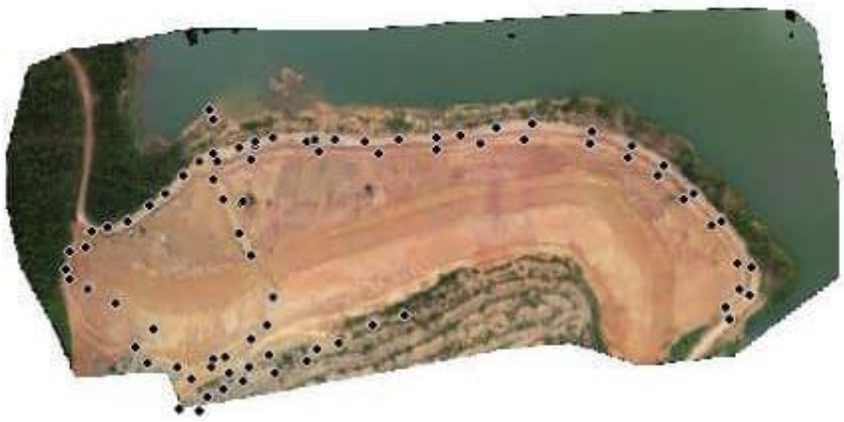
| % GPST | latitude(deg) | longitude(deg) | height(m) | Q | ns | sdn(m) | sde(m) | sdu(m) | sdne(m) | sdeu(m) | sdun(m) | age(s) | ratio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2154 463243.235 | 21.322233251 | 105.760125477 | 10.8161 | 1 | 12 | 0.0034 | 0.0038 | 0.0079 | -0.0016 | 0.0007 | 0.0012 | -0.00 | 3.3 |
| 2154 463309.323 | 21.322218308 | 105.760973849 | 115.0809 | 1 | 13 | 0.0033 | 0.0035 | 0.0079 | -0.0013 | 0.0011 | 0.0011 | -0.00 | 41.7 |
| 2154 463313.018 | 21.322400100 | 105.760946697 | 117.0223 | 1 | 13 | 0.0033 | 0.0035 | 0.0079 | -0.0013 | 0.0010 | 0.0011 | -0.00 | 11.5 |
| 2154 463316.742 | 21.322584406 | 105.760919135 | 119.4641 | 1 | 13 | 0.0033 | 0.0035 | 0.0079 | -0.0013 | 0.0010 | 0.0011 | -0.00 | 10.3 |
| 2154 463320.402 | 21.322764546 | 105.760891332 | 121.9885 | 1 | 13 | 0.0033 | 0.0036 | 0.0079 | -0.0014 | 0.0012 | 0.0010 | -0.00 | 17.8 |
| 2154 463324.122 | 21.322946370 | 105.760862433 | 123.6604 | 1 | 13 | 0.0033 | 0.0035 | 0.0079 | -0.0013 | 0.0011 | 0.0011 | -0.00 | 6.5 |
| ..... | | | | | | | | | | | | | |
| 2154 463714.718 | 21.324735446 | 105.759594149 | 91.6964 | 1 | 14 | 0.0032 | 0.0034 | 0.0081 | -0.0007 | 0.0015 | 0.0008 | -0.00 | 9.0 |
| 2154 463718.425 | 21.324917998 | 105.759567341 | 91.5608 | 1 | 14 | 0.0032 | 0.0034 | 0.0081 | -0.0007 | 0.0015 | 0.0008 | -0.00 | 4.0 |
| 2154 463723.129 | 21.325149069 | 105.759531109 | 91.6578 | 1 | 14 | 0.0032 | 0.0035 | 0.0081 | -0.0007 | 0.0015 | 0.0008 | -0.00 | 10.0 |
| 2154 463724.526 | 21.325219669 | 105.759521145 | 91.5937 | 1 | 14 | 0.0032 | 0.0035 | 0.0081 | -0.0008 | 0.0015 | 0.0008 | -0.00 | 10.0 |

Tọa độ các tâm ảnh chụp sau khi tính toán được đưa vào để xử lý ảnh bằng phần mềm chuyên dụng; trên mô hình DEM đưa ra lấy độ cao trên mô hình 74 điểm theo tọa độ các điểm kiểm tra được đo bằng phương pháp RTK mặt đất. Kết quả so sánh được đưa ra ở bảng 1.1

*Bảng 1.1. Chênh cao độ giữa độ cao mô hình DEM và độ cao RTK*

| Số TT | Độ cao DEM | Độ cao đo kiểm tra | Chênh độ cao (m) | Số TT | Độ cao DEM | Độ cao đo kiểm tra | Chênh độ cao (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 37.51 | 37.506 | 0.004 | **38** | 33.634 | 33.641 | -0.007 |
| **2** | 37.399 | 37.393 | 0.006 | **39** | 33.966 | 33.934 | 0.032 |
| **3** | 37.38 | 37.368 | 0.012 | **40** | 38.175 | 38.168 | 0.007 |
| **4** | 37.376 | 37.351 | 0.025 | **41** | 38.582 | 38.583 | -0.001 |
| **5** | 37.574 | 37.565 | 0.009 | **42** | 39.3 | 39.295 | 0.005 |
| **6** | 38.167 | 38.155 | 0.012 | **43** | 41.038 | 41.054 | -0.016 |
| **7** | 39.087 | 39.019 | 0.068 | **44** | 43.466 | 43.478 | -0.012 |
| **8** | 64.794 | 64.794 | 0 | **45** | 48.466 | 48.446 | 0.02 |
| **9** | 63.707 | 63.671 | 0.036 | **46** | 48.985 | 48.946 | 0.039 |
| **10** | 48.985 | 48.946 | 0.039 | **47** | 50.428 | 50.412 | 0.016 |
| **11** | 50.428 | 50.412 | 0.016 | **48** | 52.939 | 52.909 | 0.03 |
| **12** | 38.241 | 38.238 | 0.003 | **49** | 53.289 | 53.292 | -0.003 |
| **13** | 37.898 | 37.891 | 0.007 | **50** | 53.612 | 53.614 | -0.002 |
| **14** | 37.842 | 37.837 | 0.005 | **51** | 49.104 | 49.092 | 0.012 |
| **15** | 38.339 | 38.335 | 0.004 | **52** | 49.023 | 49.017 | 0.006 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **16** | 38.506 | 38.49 | 0.016 | **53** | 48.362 | 48.337 | 0.025 |
| **17** | 38.503 | 38.494 | 0.009 | **54** | 47.862 | 47.865 | -0.003 |
| **18** | 38.999 | 38.977 | 0.022 | **55** | 47.75 | 47.762 | -0.012 |
| **19** | 39.438 | 39.42 | 0.018 | **56** | 45.886 | 45.899 | -0.013 |
| **20** | 39.075 | 39.048 | 0.027 | **57** | 43.336 | 43.334 | 0.002 |
| **21** | 38.42 | 38.394 | 0.026 | **58** | 42.516 | 42.497 | 0.019 |
| **22** | 38.456 | 38.426 | 0.03 | **59** | 39.389 | 39.39 | -0.001 |
| **23** | 38.552 | 38.505 | 0.047 | **60** | 38.932 | 38.968 | -0.036 |
| **24** | 38.401 | 38.362 | 0.039 | **61** | 38.73 | 38.734 | -0.004 |
| **25** | 38.176 | 38.143 | 0.033 | **62** | 38.349 | 38.346 | 0.003 |
| **26** | 38.14 | 38.084 | 0.056 | **63** | 38.264 | 38.254 | 0.01 |
| **27** | 38.209 | 38.172 | 0.037 | **64** | 59.112 | 59.116 | -0.004 |
| **28** | 38.429 | 38.426 | 0.003 | **65** | 59.602 | 59.581 | 0.021 |
| **29** | 38.395 | 38.354 | 0.041 | **66** | 57.675 | 57.664 | 0.011 |
| **30** | 38.766 | 38.764 | 0.002 | **67** | 61.563 | 61.568 | -0.005 |
| **31** | 38.876 | 38.882 | -0.006 | **68** | 59.65 | 59.631 | 0.019 |
| **32** | 38.45 | 38.44 | 0.01 | **69** | 64.419 | 64.368 | 0.051 |
| **33** | 38.197 | 38.171 | 0.026 | **70** | 60.59 | 60.602 | -0.012 |
| **34** | 38.2 | 38.188 | 0.012 | **71** | 66.439 | 66.422 | 0.017 |
| **35** | 38.303 | 38.276 | 0.027 | **72** | 65.233 | 65.224 | 0.009 |
| **36** | 38.167 | 38.155 | 0.012 | **73** | 63.196 | 63.181 | 0.015 |
| **37** | 37.574 | 37.565 | 0.009 | **74** | 63.707 | 63.671 | 0.036 |



*Hình 1.5: Vị trí các điểm kiểm tra trên khu đo*

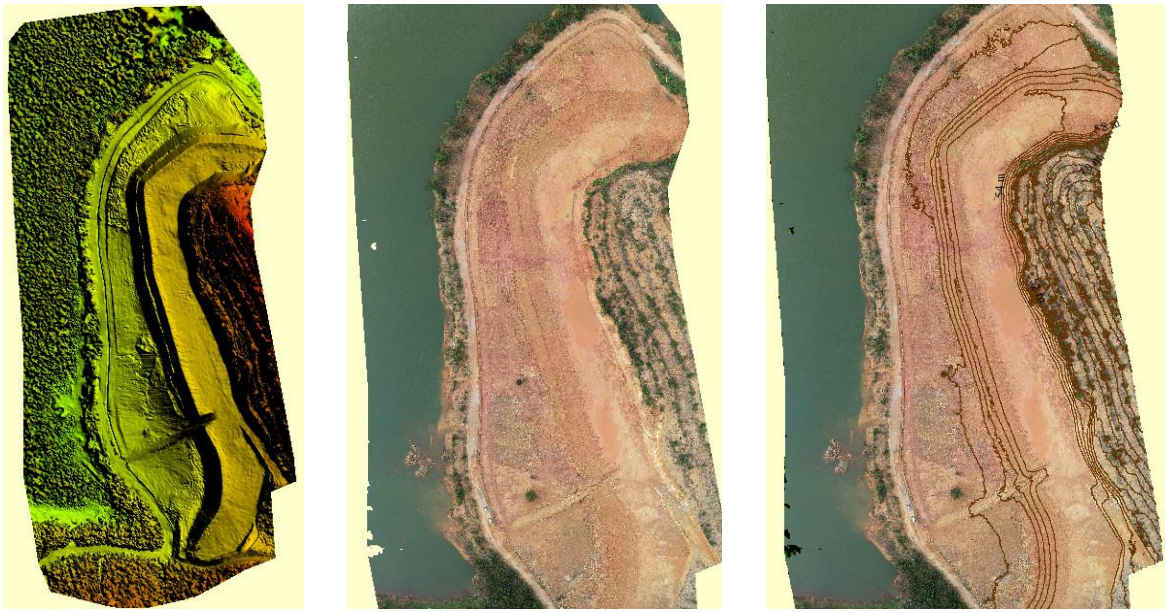
Để đánh giá độ chính xác của mô hình, dùng máy RTK theo giao thức Base - Rover qua sóng radio. Trong đó E-survey E300 Pro là rover, Kolida K5 Plus làm trạm base như trên có độ chính xác cao hơn so với đo trên mô hình nên ta có thể tính sai số đo trên mô hình theo công thức:

$$m_h = \sqrt{\frac{[dd]}{n}} = 0{,}038m \quad (1)$$

Kết quả thực nghiệm đúng với độ chính xác theo lý thuyết được tính ra trong bảng 1.2 cho máy Phantom 4 Pro V2.

*Bảng 1.2. Các thông số bay chụp của máy bay Fantom4 Pro V2*

| **Độ cao bay chụp (m)** | **50** | **75** | **100** | **125** | **150** | **175** | **200** | **300** | **400** | **500** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tỷ lệ ảnh chụp | 13850 | 20776 | 27701 | 34626 | 41551 | 48476 | 55402 | 83102 | 110803 | 138504 |
| Độ phân giải mặt đất (cm) | 2.1 | 3.2 | 4.2 | 5.3 | 6.4 | 7.4 | 8.5 | 12.7 | 17.0 | 21.2 |
| Kích thước tấm ảnh ngoài thực địa theo chiều ngang (m) | 85 | 128 | 171 | 214 | 256 | 299 | 342 | 513 | 684 | 855 |
| Kích thước tấm ảnh ngoài thực địa theo chiều dọc (m) | 63 | 95 | 126 | 158 | 189 | 221 | 252 | 378 | 504 | 630 |
| Sai số mặt phẳng (m) | 0.018 | 0.027 | 0.037 | 0.046 | 0.055 | 0.064 | 0.073 | 0.11 | 0.147 | 0.183 |
| Sai số độ cao (m) | 0.036 | 0.054 | 0.071 | 0.089 | 0.107 | 0.125 | 0.143 | 0.214 | 0.286 | 0.357 |
| Đường đáy chụp ảnh (m) | 25.64 | 38.46 | 51.27 | 64.09 | 76.91 | 89.73 | 102.55 | 153.82 | 205.10 | 256.37 |



*Hình 1.6: Mô hình DEM, Ảnh trực giao và đường bình độ trên mô hình*

Căn cứ trên độ chính xác của thực nghiệm cho thấy bản đồ địa hình được thành lập dựa vào mô hình DEM và ảnh trực giao của khu đo có thể đạt yêu cầu của tỷ lệ 1/500, phù hợp với thông tư số 07/2021/TT-BTNMT về quy định kỹ thuật thu nhận và xử lý dữ liệu ảnh số từ tàu bay không người lái phục vụ xây dựng, cập nhật cơ sở dữ liệu nền địa lý quốc gia tỷ lệ 1:2.000, 1:5.000 và thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:500, 1:1.000.

**3. Kết luận**

Thiết bị PPK TEODRONE tích hợp trên máy bay không người lái PHANTOM 4 PRO trong khu vực thực nghiệm về độ chính xác có thể đáp ứng được cho công tác thành lập bản đồ địa hình tỉ lệ lớn tỉ lệ 1:500-1:2000.

Thiết bị PPK TEODRONE tích hợp trên máy bay không người lái có ưu điểm là kết quả

xử lý giữa UAV và trạm base mặt đất được xử lý sau nên không chịu nhiều ảnh hưởng của tầng đối lưu, độ trễ truyền tín hiệu, khoảng cách đến trạm base và quản lý được số liệu đo tốt hơn. Công nghệ này sẽ phát huy ưu điểm khi bay chụp thành lập bản đồ địa hình tỉ lệ lớn khu vực ít thực phủ hoặc dân cư và nếu kết hợp cảm biến hiệu chỉnh lệch tâm do bay chụp nghiêng thì có thể bay chụp thành lập các khối kiến trúc 3D.

**Tài liệu tham khảo**

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2021). *TT07/2021/TT-BTNMT về quy định kỹ thuật thu nhận và xử lý dữ liệu ảnh số từ tàu bay không người lái phục vụ xây dựng, cập nhật cơ sở dữ liệu nền địa lý quốc gia tỷ lệ 1:2.000, 1:5.000 và thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:500, 1:1.000.*
2. Đỗ Ngọc Đường, Đặng Nam Chinh (2009), *Bài giảng công nghệ GPS*, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
3. Nguyễn Việt Hà (2021), *Bài giảng ứng dụng công nghệ UAV trong trắc địa công trình,* Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
4. Phan Hồng Tiến, Nguyễn Việt Hà, Lê Đức Tình (2005), *Nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật đo GPS động trong Trắc địa công trình,* Mã số B2005-36-89, Hà Nội.
5. Julián Tomaštík, Martin Mokroš, Peter Surový, Alžbeta Grznárová, Ján Merganič (2019) *UAV RTK/PPK Method—An Optimal Solution for Mapping Inaccessible Forested Areas?,* Tạp chí Remote Sensing, 2019, 11, 721; doi:10.3390/rs11060721.
6. Các trang web (8/2021): http://dronesurvey.asia/, http://teodrone.ru, www.dji.com, www. Wingtra.com, www.RTKLib.com, www.github.com.

## ABSTRACT

### RESEARCH ON COMBINATION OF PPK TEODRONE DEVICE WITH FANTOM 4 PRO AIRCRAFT IN TOPOGRAPHIC MAPPING

**Nguyen Viet Ha[1], Duong Anh Toan[2], Nguyễn Ha[1]**

*[1]Ha Noi University of Mining and Geology*

*[2] Toan Viet Geodetic and Technology Co.,Ltd*

*Corresponding author: nguyenvietha@humg.edu.vn*

Drones with combined RTK have the advantage of accurately determining the center of the image, but the RTK data measured on the aircraft still has limitations due to the uncontrollable measurement data and high cost. With the combined PPK technology on the drone, it is possible to accurately determine the center of the image, the measurement data is controlled and the baselines are calibrated for reliable results. Therefore, the article researches the combination of PPK Teodorone equipment with Fantom 4 Pro aircraft in the creation of topographic maps in order to contribute to mastering technology, improving domestic production equipment, and improving quality of topographic mapping in Vietnam.

*Keywords*: Unmanned aerial vehicle, PPK Teodorone equipment, image map …

# MỐI QUAN HỆ GIỮA HIỆN TƯỢNG ĐẢO NHIỆT ĐÔ THỊ VÀ MẬT ĐỘ DÂN SỐ CÁC QUẬN VÀ HUYỆN Ở THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH LẤY TỪ DỮ LIỆU ẢNH VỆ TINH HỒNG NGOẠI NHIỆT

**Nguyễn Văn Trung [1], Phạm Văn Tùng [2], Nguyễn Thanh Bình[1], Phạm Ngọc Quân [1], Phan Văn Khoái [1], Đỗ Thanh Phong [1], Nguyễn Thanh Tuấn [1], Huỳnh Tấn Phước [1], Nguyễn Thị Thùy Linh[1]**

*[1] Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*[2] Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh*
*Tác giả liên hệ: nguyenvantrung@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Đảo nhiệt đô thị xảy ra do các nguyên nhân của quá trình đô thị hóa, trong đó nguyên nhân chính do sự tăng mật độ dân số dẫn đến các thay đổi các đối tượng nhân tạo trên bề mặt đất. Gần đây, việc sử dụng thuật toán Split-Window đối với hai kênh phổ hồng ngoại nhiệt có bước sóng 11µm và 12µm để tính toán nhiệt độ bề mặt hàng ngày với hai thời điểm ngày và đêm phục vụ xác định sự thay đổi nhiệt độ bề mặt đất mang lại hiệu quả cao về mặt kỹ thuật. Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu Sentinel-3 SLSTR để xác định sự đảo nhiệt đô thị ở các quận và huyện thuộc thành phố Hồ Chí Minh trong các ngày 13, 14 và 15/05/2020 so với các khu vực giáp thành phố. Bên cạnh đó, mật độ dân số được tính toán theo kết quả điều tra dân số vào đầu năm 2020. Mối quan hệ tuyến tính thuận giữa giá trị đảo nhiệt đô thị và mật độ dân số được xây dựng hồi qui từ 24 điểm với hệ số xác định $R^2$=0,64.

**Từ khóa:** Đảo nhiệt đô thị, Nhiệt độ bề mặt, Thành phố Hồ Chí Minh, Sentinel-3 SLSTR.

## 1. Đặt vấn đề

Phương pháp sử dụng kênh phổ hồng ngoại nhiệt của các bộ cảm đặt trên các vệ tinh để cung cấp nhiệt độ bề mặt đất mang lại hiệu quả rõ rệt đối với phạm vi áp dụng trong không gian rộng và quan trắc đa thời gian nhằm cung cấp các thay đổi về nhiệt độ bề mặt nhanh chóng (Claudia và Stefan, 2013). Các tiến bộ về phương pháp xác định nhiệt độ bề mặt được thể hiện qua việc sử dụng hai kênh phổ hồng ngoại nhiệt có bước sóng 11µm và 12µm để áp dụng thuật toán Split-Window nhằm nâng cao độ tin cậy thay vì sử dụng một kênh hồng ngoại nhiệt đơn (Zheng, Y. el al., 2019). Ở khu vực phía Bắc thành phố Hồ Chí Minh đã có nghiên cứu về hiện tượng đảo nhiệt đô thị bằng ảnh vệ tinh Landsat (Vân, el. al., 2017). Tuy nhiên nghiên cứu này tập trung cho việc sử dụng dữ liệu Sentinel-3.

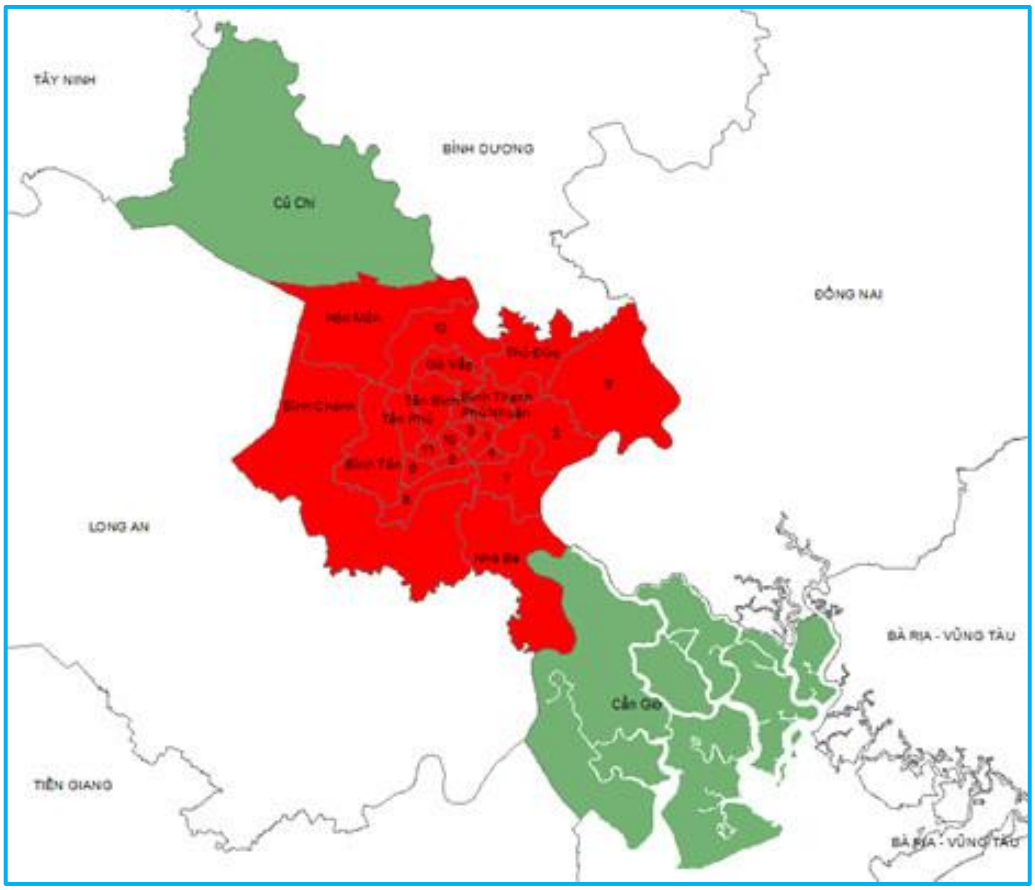
Vệ tinh Sentinel-3 mang theo các bộ cảm biến để thực hiện đa nhiệm vụ, trong đó bộ cảm biến Sentinel-3 Sea and Land Surface Temperature Radiometer (SLSTR) với 11 kênh phổ có nhiệm vụ cung cấp nhiệt độ bề mặt đất và biển. Để thực hiện công việc này, ngoài hai kênh hồng ngoại nhiệt cần phải sử dụng các kênh phổ và các thông số khác để tính toán nhiệt độ bề mặt bao gồm: góc chụp, tỷ lệ thực phủ, kiểu thực phủ, lượng nước trong khí quyển và trong các lớp phủ bề mặt (Jiajia, Y. el al., 2020).

Thông thường các dữ liệu Sentinel-3 SLSTR được cung cấp vào ban ngày với độ phân giải không gian 1 km được sử dụng để xác định sự đảo nhiệt đô thị. Thực chất của sự đảo nhiệt đô thị là sự chênh lệch nhiệt độ ở vùng trung tâm của đô thị và phụ cận so với nền nhiệt chung của các khu vực xung quanh. Do vậy, giá trị của bản đồ đảo nhiệt đô thị chính là hiệu giá trị nhiệt độ bề mặt ở các vùng ranh giới hành chính trung tâm với giá trị nhiệt độ ở vùng nền không phải khu vực đô thị ở xung quanh đô thị (Sobrino và Irakulis, 2020).

Nguyên nhân chính gây ra hiện tượng đảo nhiệt ở các đô thị là do sự gia tăng mật độ dân số trong một đơn vị hành chính ở khu vực nhiệt đới xích đạo. Điều này kéo theo sự biến động các lớp phủ bề mặt với nhiều đối tượng lớp phủ nhân tạo mới tạo nên cấu trúc và hình thái đô thị mới gây nên hiện tượng gia tăng nhiệt độ bề mặt. Các nghiên cứu trước đã chỉ ra sự chênh lệch nhiệt độ bề mặt ở các khu vực trung tâm đô thị có thể chênh lệch tăng từ $5^0$ đến $10^0$ so với khu vực xung quanh tùy vào đặc điểm về cấu trúc và hình thái của khu vực đó (Brian và Michael, 2001).

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào (1) xác định sự đảo nhiệt ở các quận và huyện ở thành phố Hồ Chí Minh bằng cách tính toán sự chênh lệch nhiệt độ so với nền nhiệt độ bề mặt các khu vực xung quanh; (2) xác định mối quan hệ giữa sự đảo nhiệt đô thị và mật độ dân số cho từng quận, huyện dựa vào phương pháp hồi qui tuyến tính.

**2. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu sử dụng**




*Hình 1. Ranh giới thành phố Hồ Chí Minh*

Thành phố Hồ Chí Minh là thành phố lớn nhất cả nước với diện tích 2.095,239 km² bao gồm 19 quận và 5 huyện. Vị trí địa lý của khu vực nghiên cứu nằm trong khoảng từ $10^0$20’ đến $11^0$10’ vĩ độ Bắc và từ $106^0$20’đến $107^0$00’ kinh độ Đông như Hình 1. Trong năm, thành phố có 2 mùa: mùa mưa và mùa khô rõ rệt. Mùa mưa được bắt đầu từ tháng 5 tới tháng 11 (khí hậu nóng ẩm, nhiệt độ cao mưa nhiều), còn mùa khô từ tháng 12 tới tháng 4 năm sau (khí hậu khô, nhiệt độ cao và mưa ít). Trung bình, Thành phố Hồ Chí Minh có 160 tới 270 giờ nắng/tháng, nhiệt độ trung bình 27 °C, cao nhất lên tới 40 °C, thấp nhất xuống 13,8 °C. Hàng năm, thành phố có 330 ngày nhiệt độ trung bình 25 tới 28 °C.

Dữ liệu sử dụng là ảnh Sentinel-3 SLSTR mức độ xử lý 2 với hệ tọa độ UTM, WGS84-48N. Ảnh sau khi được nắn chỉnh hình học được cắt theo ranh giới hành chính thành phố Hồ Chí Minh và biểu thị dưới giá trị nhiệt độ C với thang chú giải màu sắc như trong Hình 1.

Dữ liệu Sentinel-3 SLSTR bao gồm 11 kênh đa phổ như Hình 2. Các kênh phổ dải sóng nhìn thấy và cận hồng ngoại (VNIR) và hồng ngoại ngắn (SWIR) với độ phân giải 500m được sử dụng để tính tỷ lệ thực phủ, kiểu thực phủ, lượng nước trong khí quyển phục vụ xác định các hệ số *a, b* và *c* trong công thức 1. Các kênh phổ Thermal InfraRed (TIR) với độ phân giải không gian 1km sử dụng để tính $T_{11}$ và $T_{12}$ trong công thức 1.

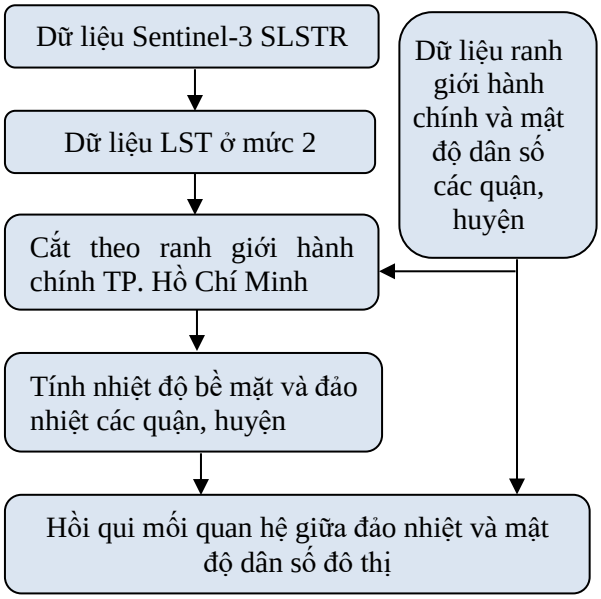
*Bảng 1. Các kênh phổ của Sentinel-3 SLSTR*

<table>
<tr><th>Kênh</th><th>Bước sóng trung bình (nm)</th><th>Độ rộng (nm)</th><th>Chức năng</th><th colspan="2">Chú thích</th><th>Độ phân giải (m)</th></tr>
<tr><td>S1</td><td>554,27</td><td>19,26</td><td></td><td rowspan="2">Nhìn thấy và cận hồng ngoại</td><td rowspan="5">Các kênh phổ phản xạ năng lượng mặt trời</td><td rowspan="5">500</td></tr>
<tr><td>S2</td><td>659,47</td><td>19,25</td><td>Chỉ số NDVI, giám sát thực vật, sol khí</td></tr>
<tr><td>S3</td><td>868,00</td><td>20,60</td><td>Chỉ số NDVI, xác định mây, hiệu chỉnh pixel</td><td rowspan="3">Hồng ngoại ngắn</td></tr>
<tr><td>S4</td><td>1374,80</td><td>20,80</td><td>Xác định mây che phủ mặt đất</td></tr>
<tr><td>S5</td><td>1613,40</td><td>60,68</td><td>Giám sát bang, tuyết và thực vật</td></tr>
<tr><td>S6</td><td>2255,70</td><td>50,15</td><td>Trạng thái thực vật và loại bỏ mây</td><td rowspan="4">Các kênh phổ hồng ngoại nhiệt môi trường xung quanh</td><td rowspan="6">1000</td></tr>
<tr><td>S7</td><td>3742,00</td><td>398,00</td><td>Nhiệt độ bề mặt đất và biển, hoạt động cháy</td></tr>
<tr><td>S8</td><td>10854,00</td><td>776,00</td><td>Nhiệt độ bề mặt đất và biển, hoạt động cháy</td></tr>
<tr><td>S9</td><td>12022,50</td><td>905,00</td><td>Nhiệt độ bề mặt đất và biển</td></tr>
<tr><td>F1</td><td>3742,00</td><td>398,00</td><td>Hoạt động cháy</td><td colspan="2" rowspan="2">Các kênh hồng ngoại nhiệt phát xạ phổ do cháy</td></tr>
<tr><td>F2</td><td>10854,00</td><td>776,00</td><td>Hoạt động cháy</td></tr>
</table>

Mục đích của các kênh hồng ngoại nhiệt S7, S8 và S9 không những xác định nhiệt độ bề mặt mà còn sử dụng chức năng để xác định các hoạt động do sự cháy (nhiệt độ bề mặt tăng nhanh bất thường) thông qua các kênh F1 và F2 có trên bộ cảm biến.

## 3. Phương pháp nghiên cứu

### *3.1. Qui trình các bước tiến hành thực nghiệm*




*Hình 2. Qui trình các bước thực nghiệm*

### *3.2. Tính toán nhiệt độ bề mặt từ các kênh ảnh Sentinel-3 SLSTR*

Nghiên cứu của (Prata, 1994; NILU, 2012) đã tiến hành đưa ra công thức tính nhiệt độ bề mặt theo thuật toán Split-Window đối với hai kênh phổ hồng ngoại nhiệt có bước sóng 11µm và 12µm như sau:

$$LST = a_{f,i,pw} + b_{f,i}(T_{11} - T_{12})^n + (b_{f,i} + c_{f,i})T_{12} \quad (1)$$

Ở đây

*LST*: nhiệt độ bề mặt;

$n = \frac{1}{cos(\theta/m)}$;

$\theta$: góc chụp của vệ tinh;

*m*: thông số điều khiển biến phụ thuộc vào góc chụp;

*f*: tỷ lệ thực phủ;

*i*: kiểu thực phủ (biome);

*pw*: lượng nước trong khí quyển;

$T_{11}$ và $T_{12}$: đơn vị đo nhiệt độ độ sáng (brightness temperatures (top-of-the atmosphere)) trong kênh phổ SLSTR 11 µm và 12 µm; đơn vị độ Kelvin.

Các thông số trong công thức 1 được tính cụ thể như sau:

$$a_{f,i,pw} = d[\sec\theta - 1]pw + fa_{v,i} + (1-f)a_{s,i} \quad (2)$$

$$b_{f,i} = fb_{v,i} + (1-f)b_{s,i} \quad (3)$$

$$c_{f,i} = fc_{v,i} + (1-f)b_{s,i} \quad (4)$$

$(0 \le f \le 1)$.

Một tập hợp các hệ số được áp dụng cho từng pixel tùy thuộc vào kiểu thực phủ *i*, tỷ lệ

thực vật *f* và lượng nước *pw* nhưng cũng phụ thuộc vào các giá trị phần trăm của thảm thực vật (*v*) và đất trống (*s*). Các thông số $a_{v,i}$; $a_{s,i}$; $b_{v,i}$; $b_{s,i}$; và $c_{v,i}$; $c_{s,i}$ được định nghĩa là các hệ số truy xuất cơ sở. Tham số *d*, là một biến kiểm soát sự phụ thuộc của hơi nước vào góc chụp và độc lập với các thông số bề mặt và khí quyển.

Sự kết hợp của hai kênh hồng ngoại nhiệt theo phương pháp (split-window) ở trên và việc tính toán hệ số thông qua các phép tính truyền bức xạ về bản chất cung cấp một hiệu chỉnh khí quyển hiệu quả trong điều kiện bầu trời quang đãng. Sự phụ thuộc hơi nước nằm trong thuật ngữ *pw* trên kênh phổ nhưng mặt khác được mong đợi biểu thị đầy đủ thông qua hàm hồi quy thống kê. Điều quan trọng nhất là quá trình mô phỏng nhiệt độ độ sáng và cụ thể là mô hình truyền bức xạ, có khả năng tính toán chính xác quá trình truyền trong khí quyển. Vì bầu không khí cũng có thể thay đổi đáng kể từ tháng này sang tháng khác, nên các hệ số được thực hiện hàng tháng (NILU, 2012).

### *3.3. Phương pháp xác định sự đảo nhiệt đô thị*

Từ kết quả nhiệt độ bề mặt tính cho từng pixel, nhiệt độ bề mặt trung bình của các quận, huyện được xác định. Bên cạnh đó, nhiệt độ nền trung bình của các khu vực xung quanh cũng được tính toán. Chênh lệch nhiệt độ bề mặt trung bình các quận, huyện ở thành phố so với nhiệt độ bề mặt trung bình nền xung quanh được tính bằng hiệu số giữa nhiệt độ bề mặt trung bình của hai vùng này (Serco Italia SPA, 2018).

Sự đảo nhiệt đô thị được xác định sử dụng các ngày 13, 14 và 15 tháng 5 năm 2020 để loại trừ các sai số ở một thời điểm nhằm nâng cao độ tin cậy của phương pháp. Các bước thực hiện tính toán nhiệt độ bề mặt và đảo nhiệt đô thị được tiến hành trên phần mềm SNAP 8.0 và được vector hóa để chuyển sang phần mềm ArcGIS 10.3 để biên tập thành bản đồ đảo nhiệt đô thị cho các quận, huyện.

### *3.4. Phương pháp hồi qui tuyến tính mối quan hệ giữa đảo nhiệt đô thị và mật độ dân số*

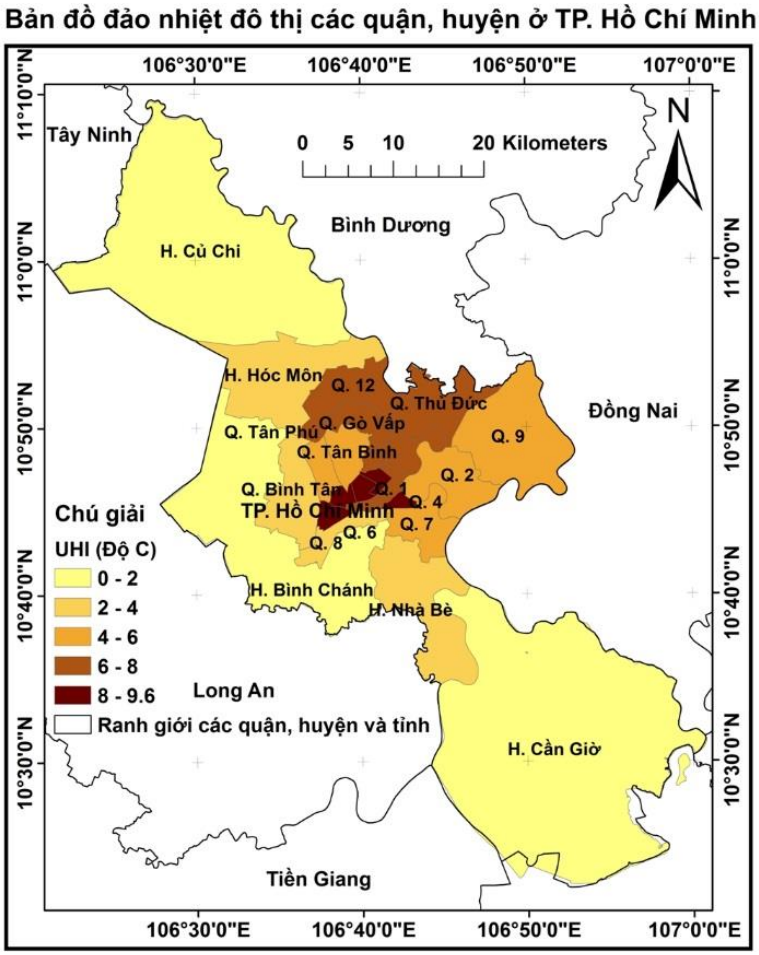
Mật độ dân số đối với từng quận, huyện được tính bằng tỷ số giữa số dân (theo niên giám thống kê gần nhất) và diện tích theo đơn vị km². Đơn vị của mật độ dân số là số người/ km² được thể hiện trong bảng thống kê và được biểu thị trực tiếp trên bản đồ theo đơn vị hành chính.

Thành phố Hồ Chí Minh bao gồm 19 quận và 5 huyện. Như vậy, hàm hồi qui tuyến tính được xây dựng từ 24 điểm được lấy từ kết quả đảo nhiệt đô thị ở các quận, huyện và mật độ dân số tương ứng với các quận, huyện đó. Hệ số xác định ($R^2$) đối với hàm hồi qui tuyến tính được xác định để biểu thị mức độ hồi qui của mối quan hệ giữa sự đảo nhiệt đô thị và mật độ dân số (McClave và Sincich, 2000).

## 4. Kết quả và thảo luận

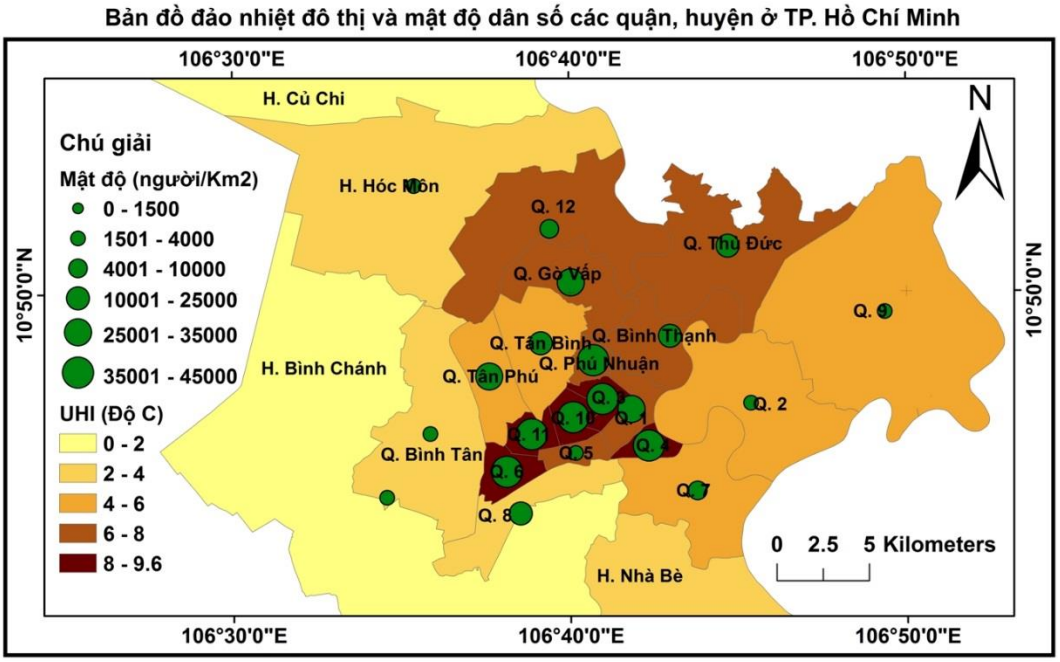
### *4.1. Bản đồ đảo nhiệt đô thị các quận, huyện xác định từ ảnh Sentinel-3 SLSTR*

Sự đảo nhiệt lớn nhất từ $8^0$ đến $9.6^0$ xảy ra ở các quận 3, quận 4, quận 10 và quận 11 ở trung tâm của thành phố Hồ Chí Minh. Các quận 1, quận 5, quận 12, quận Phú Nhuận, quận Bình Thạnh, quận Thủ Đức và quận Gò Vấp có sự đảo nhiệt từ $6^0$ đến $8^0$. Các quận khác càng ra xa trung tâm có sự đảo nhiệt càng giảm như trong Hình 3.




*Hình 3. Bản đồ đảo nhiệt đô thị các quận, huyện ở thành phố Hồ Chí Minh*

### *4.2. Bản đồ đảo nhiệt đô thị và mật độ dân số các quận trung tâm ở thành phố Hồ Chí Minh*




*Hình 4. Bản đồ mật độ dân số và đảo nhiệt đô thị các quận, huyện ở thành phố Hồ Chí Minh*

Mật độ dân số theo từng quận, huyện (người/km$^2$) được ký hiệu dạng điểm theo thang

qui ước tương ứng mức độ mật độ dân số và hiển thị lên bản đồ đảo nhiệt đô thị theo đơn vị hành chính các quận ở trung tâm thành phố Hồ Chí Minh như Hình 4.

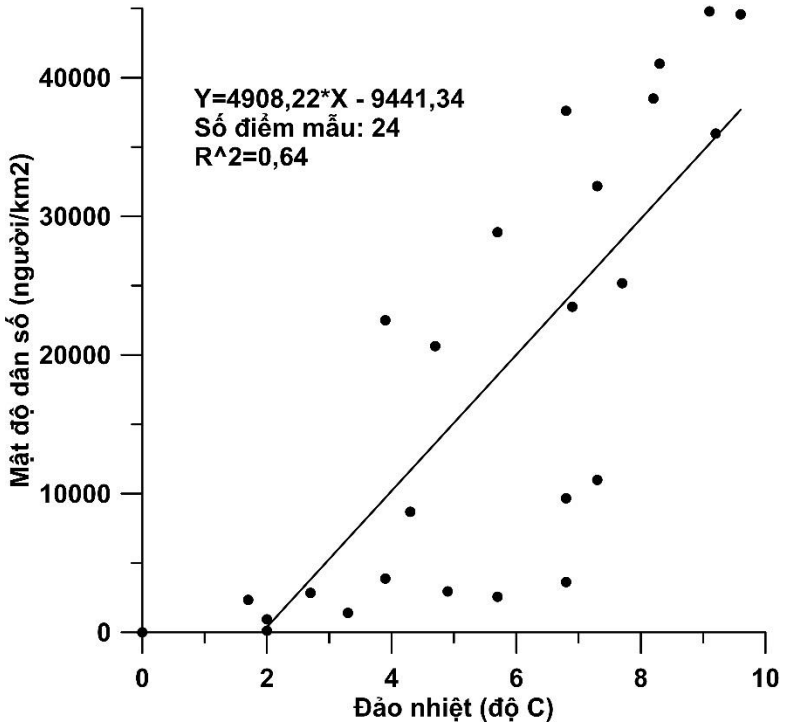
Kết quả trong Hình 4 cho thấy các quận ở trung tâm có diện tích nhỏ tương ứng với mật độ dân số cao xảy ra hiện tượng đảo nhiệt đô thị lớn nhất. Ngược lại các quận, huyện càng ra xa trung tâm diện tích lớn dần có sự giảm dần mật độ dân số tương ứng với sự giảm hiện tượng đảo nhiệt đô thị so với các quận ở trung tâm thành phố.

Như vậy, các quận có mật độ dân số cao thường có diện tích nhỏ và dân số đông nên nhu cầu xây dựng các đối tượng nhân tạo để phục vụ các nhu cầu sinh hoạt và phát triển kinh tế - xã hội cũng cao. Đây là nguyên nhân chính dẫn đến sự biến động các đối tượng bề mặt về cấu trúc và hình thái của đô thị trong quá trình xây dựng và phát triển.

### *4.3. Hồi qui tuyến tính mối quan hệ giữa sự đảo nhiệt đô thị các quận, huyện ở thành phố Hồ Chí Minh*

*Bảng 2. Dữ liệu về đảo nhiệt đô thị và mật độ dân số ở thành phố Hồ Chí Minh (Tổng cục Thống kê, 2019)*

| TT | Tên quận, huyện | Đảo nhiệt (Độ C) | Mật độ dân số (người) |
|---|---|---|---|
| **1** | H. Bình Chánh | 1,7 | 2338 |
| **2** | H. Cần Giờ | 2,0 | 106 |
| **3** | H. Củ Chi | 2,0 | 927 |
| **4** | H. Hóc Môn | 3,9 | 3876 |
| **5** | H. Nhà Bè | 3,3 | 1392 |
| **6** | Q. 1 | 7,7 | 25179 |
| **7** | Q. 10 | 8,3 | 41012 |
| **8** | Q. 11 | 9,1 | 44784 |
| **9** | Q. 12 | 6,8 | 9664 |
| **10** | Q. 2 | 4,9 | 2958 |
| **11** | Q. 3 | 8,2 | 38494 |
| **12** | Q. 4 | 9,6 | 44564 |
| **13** | Q. 5 | 6,8 | 3623 |
| **14** | Q. 6 | 9,2 | 35965 |
| **15** | Q. 7 | 4,3 | 8689 |
| **16** | Q. 8 | 3,9 | 22499 |
| **17** | Q. 9 | 5,7 | 2561 |
| **18** | Q. Bình Thạnh | 6,9 | 23484 |
| **19** | Q. Bình Tân | 2,7 | 2836 |
| **20** | Q. Gò Vấp | 7,3 | 32186 |
| **21** | Q. Phú Nhuận | 6,8 | 37616 |
| **22** | Q. Thủ Đức | 7,3 | 10986 |
| **23** | Q. Tân Bình | 4,7 | 20639 |
| **24** | Q. Tân Phú | 5,7 | 28850 |




*Hình 5. Hồi qui tuyến tính sự đảo nhiệt đô thị và mật độ dân số các quận, huyện ở thành phố Hồ Chí Minh*

Kết quả hồi qui tuyến tính từ Bảng 2 nhận được hàm hồi qui từ 24 điểm mẫu ở phía trên của Hình 5 và được biểu diễn bởi đường thẳng nghiêng. Kết quả hồi qui có hệ số xác định $R^2$=0,64 cho thấy có mối quan hệ giữa đảo nhiệt đô thị và mật độ dân số của các quận, huyện.

**5. Kết luận**

Nghiên cứu này đã thử nghiệm phương pháp xác định đảo nhiệt đô thị từ dữ liệu Sentinel-3 SLSTR. Các dữ liệu nhiệt độ bề mặt có sử dụng hai kênh hồng ngoại nhiệt có bước sóng 11 µm và 12 µm với phương pháp split-window cung cấp nhiệt độ bề mặt ít chịu ảnh hưởng của lượng nước trong khí quyển cũng như các thành phần thực vật và đất trống trên bề mặt.

Các dữ liệu về mật độ dân số của từng quận, huyện cũng được biểu thị trên cùng không gian bản đồ đảo nhiệt đô thị ở thành phố Hồ Chí Minh. Bên cạnh đó, các kết quả đảo nhiệt và mật độ dân số cho các quận, huyện được thống kê theo bảng và xác định hàm hồi qui tuyến tính mối quan hệ của hai yếu tố này. Mối quan hệ giữa sự đảo nhiệt và mật độ dân số ở các quận, huyện thuộc thành phố Hồ Chí Minh được thể hiện thông qua hàm hồi quy tuyến tính có hệ số xác định $R^2$=0,64.

**Tài liệu tham khảo**

1. Trần Thị Vân, Hà Dương Xuân Bảo, Đinh Thị Kim Phượng, Nguyễn Thị Tuyết Mai và Đặng Thị Mai Nhung, (2017). Đặc điểm môi trường nhiệt và diễn biến đảo nhiệt đô thị bề mặt khu vực bắc thành phố Hồ Chí Minh, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 49 Phần A, 11-20.

2. Tổng cục Thống kê, (2019), Kết quả tổng điều tra dân số và nhà ở thời điểm 0 giờ ngày

1.4.2019. *Theo Chỉ thị số 44/CT-TTg của Thủ tướng Chính phủ*.

3. Claudia, K., Stefan, D., (2013), Thermal Infrared Remote Sensing: Sensors, Methods, Applications. *Remote Sensing and Digital Image Processing*.

4. Zheng, Y., Ren, H., Guo, J., Ghent, D., Tansey, K., Hu, X., Nie, J., Chen, S., (2019), Land Surface Temperature Retrieval from Sentinel-3A Sea and Land Surface Temperature Radiometer, Using a Split-Window Algorithm. *Remote Sensing 11*, 650.

5. Jiajia Y., Ji Z., Frank-Michael G., Zhiyong L., Jin M., Ren L., (2020), Investigation and validation of algorithms for estimating land surface temperature from Sentinel-3 SLSTR data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 91, 14 pages.

6. Sobrino, J.A., Irakulis, I. A., (2020), Methodology for Comparing the Surface Urban Heat Island in Selected Urban Agglomerations Around the World from Sentinel-3 SLSTR Data. *Remote Sensing 12*, 29 pages.

7. Brian S. Jr., & Michael O. R., (2001), Urban Form and Thermal Efficiency: *How the Design of Cities Influences the Urban Heat Island Effect. Journal of the American Planning Association* 67(2), 186-198

8. University of Leicester / NILU, (2012), SLSTR ATBD land surface temperature. *Sentinel-3 optical products and algorithm definition*, 55 pages.

9. Prata, A. J., (1994), Land surface temperature determination from satellites, *Advances in space research*, 14, 15-26.

10. Serco Italia SPA (2018), *Urban heat island with Sentinel-3.* (version 1.1). *Retrieved from RUS Lectures* at https://rus-copernicus.eu/portal/the-rus-library/learn-by-yourself/

11. McClave J. T., and Sincich T., (2000), Simple linear regression in Statistics, 8th edition, *Prentice-Hall, USA*, pp. 505-557

# ABSTRACT

## RELATIONSHIP BETWEEN URBAN HEAT ISLAND AND POPULATION DENSITY OF DISTRICTS IN HO CHI MINH CITY DERIVED FROM SENTINEL-3 SLSTR DATA

**Nguyen Van Trung [1], Pham Van Tung [2], Nguyen Thanh Binh[1],**
**Pham Ngoc Quan [1], Phan Van Khoai [1], Do Thanh Phong [1],**
**Nguyen Thanh Tuan [1], Huynh Tan Phuoc [1], Nguyễn Thị Thùy Linh[1]**
[1] *Hanoi University of Mining and Geology*
[2] *Ho Chi Minh City University* of *Natural Resources* and *Environment*
*Corresponding author: nguyenvantrung@humg.edu.vn*

The urban heat island occurs due to the causes of the urbanization process, of which the main reason is the increase in population density leading to the changes in artificial objects on the ground surface. Recently, using the Split-Window algorithm for two thermal infrared spectral channels with wavelengths of 11µm and 12µm to calculate the daily surface temperature with two times of day and night serves to determine the change of land surface temperature. This method was intended to improve the reliability of the results and high technical efficiency. This study uses Sentinel-3 SLSTR data to determine urban heat islands in the districts of Ho Chi Minh City on 13,14, and 15 May 2020 compared to areas bordering the city. In addition, the population density was calculated according to the results of the census in 2020. The linear relationship between the urban heat island and population density was built from 24 points with the coefficient of determination $R^2$=0.64.

*Keywords*: Urban heat island, Population density, Ho Chi Minh City, Sentinel-3 SLSTR.

# ỨNG DỤNG LANDSAT 8 VÀ GIS TRONG PHÂN TÍCH HIỆN TƯỢNG ĐẢO NHIỆT ĐÔ THỊ

**Hà Thị Hằng, Khúc Thành Đông, Nguyễn Thu Huyền**
*Trường Đại học Xây Dựng Hà Nội*
*Tác giả liên hệ: hanght@nuce.edu.vn*

**Tóm tắt:** Đảo nhiệt đô thị là hiện tượng nhiệt độ trung bình ở khu vực đô thị cùng với các công trình nhân tạo khác cao hơn so với các khu vực xung quanh. Trong bài báo này, đảo nhiệt đô thị được phân tích định lượng dựa trên chỉ số UTFVI, trong đó, chỉ số này được tính toán dựa trên giá trị nhiệt độ bề mặt trung bình của khu vực nghiên cứu. Ngày nay, cảm biến hồng ngoại nhiệt (TIRS) trên vệ tinh Landsat 8 cho phép ghi nhận nhiệt độ bề mặt ở hai kênh phổ hồng ngoại nhiệt 10 và 11. Trong nghiên cứu này, nhiệt độ bề mặt quận Tây Hồ được tính bằng cách lấy nhiệt độ trung bình của hai kênh phổ 10 và 11. Kết quả cho thấy: (1). Khu vực đất trống và khu vực xây dựng có nhiệt độ bề mặt cao nhất (> 42°C), tương ứng với hiện tượng đảo nhiệt đô thị diễn ra tại khu vực này ở mức mạnh và rất mạnh; (2). Khu vực cây xanh có nhiệt độ bề mặt dao động từ 37°C - 42°C, tương ứng với hiện tượng đảo nhiệt đô thị diễn ra tại khu vực này ở mức trung bình và yếu; (3). Vùng mặt nước có nhiệt độ bề mặt thấp nhất trong khu vực nghiên cứu (< 37°C), tương ứng với hiện tượng đảo nhiệt đô thị diễn ra ở mức không và rất yếu.

**Từ khóa:** Đảo nhiệt đô thị, Nhiệt độ bề mặt, Hồng ngoại nhiệt, Landsat 8, GIS.

## 1. Đặt vấn đề

Tốc độ đô thị hóa đang diễn ra không ngừng ở tất cả các quốc gia trên thế giới, đặc điểm nổi bật nhất của quá trình này chính là nhiệt độ trung bình tại các khu vực đô thị cao hơn các khu vực xung quanh, điều này ảnh hưởng trực tiếp tới cuộc sống của con người. Do vậy, nhiều nghiên cứu ứng dụng viễn thám và GIS trong phân tích và chỉ ra nguyên nhân gây ra hiện tượng đảo nhiệt đô thị tại những thành phố lớn. Wang Guiling et al. đã chỉ ra đặc điểm và nguyên nhân đảo nhiệt đô thị bằng cách sử dụng ảnh Modis vào tháng 4 năm 2004. Trong đó, các thông số nhiệt độ bề mặt và chỉ số khác biệt thực vật NDVI được tính toán từ ảnh Modis. Dựa trên mối quan hệ giữa sự che phủ thực vật và nhiệt độ bề mặt để giải thích hiện tượng đảo nhiệt đô thị, qua đó, cho thấy mối tương quan tỷ lệ nghịch đáng kể giữa nhiệt độ bề mặt và chỉ số NDVI (Qihao Weng et al., 2004; Wang Guiling et al., 2008). Tiến trình đô thị hóa và công nghiệp hóa góp phần thúc đẩy nhiệt độ tại các khu vực đô thị tăng cao và nhanh hơn các khu vực xung quanh, nó làm suy thoái môi trường sống, tăng tầng ozon trên mặt đất,…, do đó, nghiên cứu này tích hợp dữ liệu Landsat TM và GIS để phát hiện tốc độ đô thị hóa và tác động của nó tới nhiệt độ bề mặt (Abdelnasser Rashash Ali and El-Shirbeny Mohammed, 2016; Arzu Erener, Gulcan Sarp, 2018), bên cạnh đó, cũng có nghiên cứu cũng sử dụng bản đồ che phủ đất tương ứng theo từng năm để đánh giá so với chỉ số NDVI hay nhiệt độ bề mặt tính được từ dữ liệu Landsat (Audrey Archer, 2014).

Có nghiên cứu sử dụng một loạt ảnh Landsat TM / ETM, Landsat 8 và ASTER để điều tra sự biến động của nhiệt độ bề mặt đất từ năm 1988 đến năm 2014. Các chỉ số NDVI, NDBI và LST được sử dụng để phân loại khu vực nghiên cứu, hiệu ứng của hiện tượng đảo nhiệt đô thị cũng được mô tả rất kỹ bằng cách sử dụng giá trị phương sai nhiệt đô thị UTFVI (Adinna E. N. et al., 2009; Lin Liu and Yuanzhi Zhang, 2011; Chen Qiuji and Li Chuting, 2015; A. Ngie et al., 2016; N. Aslan, D. Koc-San, 2016; Ahmed S., 2018; Janina Fudała et al., 2018). Trong khi đó, Alaa Khalaf chỉ sử dụng duy nhất dữ liệu Landsat 8 và phần mềm GIS để phân tích hiện tượng đảo nhiệt đô thị tại thủ đô Baghda, trong đó, hiện tượng đảo nhiệt đô thị tại khu vực nghiên cứu được trích xuất bằng cách lấy nhiệt độ bề mặt trung bình theo hai kênh phổ 10 và 11 (Alaa Khalaf, 2018; Favretto A., 2018; Gordana Kaplan et al., 2018; Loghman Rahimi, 2019). Sau đó, sử dụng dữ liệu Globe để so sánh nhiệt độ bề mặt theo từng loại lớp phủ bề mặt (Nancy Elizabeth Cochran, 2014). Hầu hết các nghiên cứu này đều phát hiện ra rằng bề mặt không thấm nước và các khu vực đô thị có nhiệt độ bề mặt lớn nhất. Sarif, M. O. and Gupta, R. D. lại nghiên cứu nhiệt độ bề mặt và mối quan hệ của giá trị nhiệt độ này với các chỉ số đất đai khác, như: chỉ số khác biệt thực vật NDVI; chỉ số xây dựng NDBI vào năm 1993 và năm 2019. Chỉ số NDVI cho thấy nhiệt độ bề mặt giảm khi mật độ thực vật che phủ cao, chỉ số NDBI cũng cho thấy sự phát triển về cảnh quan trong thành phố. Nghiên cứu này hi vọng các nhà quy hoạch đô thị, các nhà hoạch định chính sách sẽ áp dụng những kế hoạch phát triển bền vững cho thành phố dựa vào các chỉ số NDVI, NDBI, nhằm giảm thiểu tác động bất lợi của nhiệt độ bề mặt (Sarif, M. O. and Gupta, R. D., 2019).

Ở Việt Nam, cũng có nhiều nghiên cứu ứng dụng dữ liệu Landsat trong phân tích sự phân bố nhiệt độ bề mặt (Trịnh Lê Hùng, 2013). Cảm biến hồng ngoại nhiệt (TIRS) trên vệ tinh Landsat thế hệ mới giúp ghi nhận nhiệt độ bề mặt của Trái đất trên hai kênh phổ 10 và 11. Đảo nhiệt đô thị (UHI - Urban Heat Islands) là hiện tượng mà nhiệt độ trung bình tại các khu vực đô thị cùng với các công trình nhân tạo cao hơn các khu vực xung quanh, do vậy, UHI được tính toán dựa vào sự chênh lệch nhiệt độ trung bình ở khu vực đô thị so với nhiệt độ trung bình các vùng xung quanh. Trong nghiên cứu này, đầu tiên, nhiệt độ bề mặt khu vực nghiên cứu được trích xuất từ giá trị nhiệt độ trung bình của kênh phổ 10 và 11 của Landsat 8. Sau đó, đảo nhiệt đô thị được phân tích định lượng dựa trên chỉ số UTFVI, trong đó, chỉ số này được tính toán dựa trên giá trị nhiệt độ bề mặt trung bình của khu vực nghiên cứu. Trên cơ sở đó, tính toán và đánh giá được mức độ ảnh hưởng của đảo nhiệt đô thị tới các loại hình lớp phủ khác nhau trên địa bàn nghiên cứu.

## 2. Dữ liệu và quy trình nghiên cứu

### *2.1. Dữ liệu nghiên cứu*

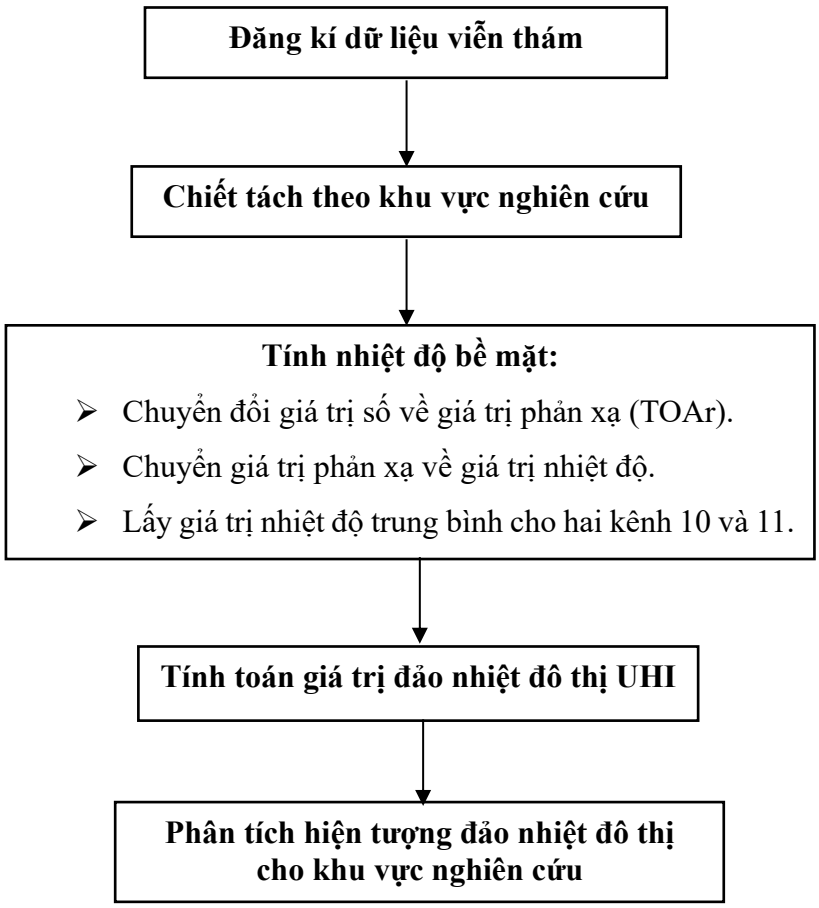
Dữ liệu viễn thám được sử dụng trong nghiên cứu này là ảnh vệ tinh Landsat-8, được tải miễn phí trên website của Cục khảo sát địa chất Hoa Kỳ (https://earthexplorer.usgs.gov/) vào ngày 28 tháng 06 năm 2019.

*Bảng 1. Dữ liệu kênh phổ hồng ngoại nhiệt của ảnh vệ tinh Landsat-8*

| Hàng/Cột | Bộ cảm | Cảnh ảnh | Năm | Tháng | Độ phân giải không gian (m) | Kênh phổ sử dụng |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **126/046** | OLI_TIRS | 1260462019 | 2019 | 06 | 100×100 | 10 |
| **126/046** | OLI_TIRS | 1260462019 | 2019 | 06 | 100×100 | 11 |

### *2.2. Quy trình nghiên cứu*

Quy trình nghiên cứu trong bài báo được tiến hành theo các bước sau:




*Hình 1. Quy trình phân tích hiện tượng đảo nhiệt đô thị tại quận Tây Hồ - Hà Nội*

***a. Đăng kí dữ liệu viễn thám:*** Dữ liệu ảnh vệ tinh được hiệu chỉnh hình học trong hệ quy chiếu WGS-84, phép chiếu UTM, múi 48N bằng cách sử dụng phương pháp đa thức bậc một trong phần mềm ArcGIS 10.5.

***b. Chiết tách dữ liệu viễn thám theo khu vực nghiên cứu:*** Sử dụng công cụ Extract by mask trong phần mềm ArcGIS 10.5 để chiết tách khu vực nghiên cứu trên dữ liệu viễn thám, trong đó, khu vực nghiên cứu ở dạng vùng và có định dạng *.shp.

***c. Tính nhiệt độ bề mặt cho khu vực nghiên cứu:*** Theo Chander và Markham (2003) và Sổ tay hướng dẫn sử dụng dữ liệu Landsat 7 (2006), quá trình tính toán giá trị nhiệt độ bề mặt tuần tự gồm các bước sau:

* Chuyển đổi giá trị số (DNs) trên ảnh ban đầu ở kênh hồng ngoại nhiệt về giá trị phản xạ tại đỉnh khí quyển (TOAr):

$$TOAr = M_L \times DN + A_L \quad (1)$$

Trong đó, $M_L$ - hệ số bức xạ; $A_L$ - giá trị bức xạ thêm. Cả hai giá trị $M_L$ và $A_L$ đều nằm trong file dữ liệu của vệ tinh Landsat-8, định dạng *.MTL (bảng 2).

*Bảng 2. Thông tin về các giá trị bức xạ và hằng số chuyển đổi của vệ tinh Landsat-8*

| Giá trị | Kênh 10 | Kênh 11 |
|---|---|---|
| **$M_L$** | 0.0003342 | 0.0003342 |
| **$A_L$** | 0.1 | 0.1 |
| **$K_1$** | 774.8853 | 480.8883 |
| **$K_2$** | 1321.0789 | 1201.1442 |

* Chuyển đổi giá trị TOAr về giá trị nhiệt độ sáng (T)

$$T = \frac{K_2}{ln\left(\frac{K_1}{TOAr}+1\right)} \quad (2)$$

Trong đó, $K_1$, $K_2$ - hằng số chuyển đổi (xem bảng 2);

Giá trị nhiệt độ tính theo công thức (2) là giá trị nhiệt độ tính theo độ Kelvin ($^0$K), do đó, muốn chuyển về giá trị độ Celsius ($^0$C) thì cần phải trừ thêm 273.15.

***d. Tính giá trị nhiệt độ bề mặt trung bình từ hai kênh 10 và 11:*** Sử dụng công cụ Cell Statistics trong phần mềm ArcGIS 10.5 để tính nhiệt độ bề mặt trung bình khu vực nghiên cứu trên hai kênh 10 và kênh 11.

***e. Tính giá trị đảo nhiệt đô thị UHI:***

Giá trị đảo nhiệt đô thị UHI có thể được tính toán và chuẩn hóa theo nhiều phương pháp khác nhau, trong đó giá trị đảo nhiệt đô thị UHI thường được tính dựa theo giá trị nhiệt độ bề mặt LST là chủ yếu và thường được tính theo phương trình sau (Lin Liu and Yuanzhi Zhang, 2011; Ahmed S., 2018):

$$UHI = \frac{T_S - T_M}{SD} \quad (3)$$

Trong đó: $T_S$ - giá trị nhiệt độ bề mặt của khu vực nghiên cứu;

$T_M$ - giá trị nhiệt độ bề mặt trung bình của khu vực nghiên cứu.

SD - độ lệch chuẩn.

*Bảng 3. Các ngưỡng của chỉ số UTFVI*

| No | UTFVI | Đảo nhiệt đô thị | Diện tích đảo nhiệt đô thị (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | < 0 | Không | 24.96 |
| 2 | 0.000 - 0.005 | Rất yếu | 11.55 |
| 3 | 0.005 - 0.010 | Yếu | 19.85 |
| 4 | 0.010 - 0.015 | Trung bình | 13.27 |
| 5 | 0.015 - 0.020 | Mạnh | 15.47 |
| 6 | > 0.020 | Rất mạnh | 14.89 |

Tuy nhiên, để đánh giá định lượng tác động cũng như ảnh hưởng của hiện tượng đảo nhiệt đô thị, nhiều nghiên cứu sử dụng chỉ số UTFVI (Urban Thermal Field Variance Index) (Lin Liu and Yuanzhi Zhang, 2011; Ahmed S., 2018) và được tính theo phương trình sau (Zhang, Y., 2006):

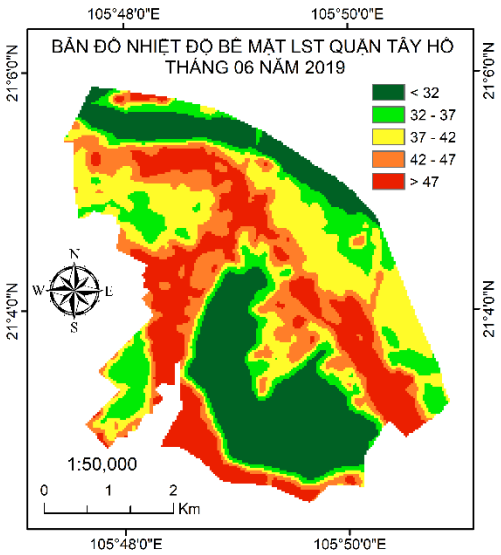
$$UHI = \frac{T_S - T_M}{T_S} \quad (4)$$

Để phản ánh trực tiếp những thay đổi của đảo nhiệt đô thị, chỉ số UTFVI được chia thành 6 lớp tương ứng với các mức độ đảo nhiệt đô thị khác nhau (Bảng 3).

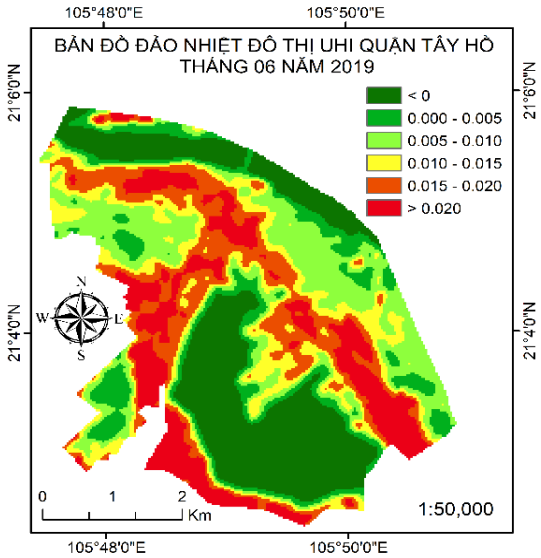
## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Nghiên cứu này đã ứng dụng GIS và hai kênh phổ hồng ngoại nhiệt 10 và 11 của thế hệ vệ tinh Landsat-8 để trích xuất nhiệt độ bề mặt trung bình cho khu vực quận Tây Hồ - thành phố Hà Nội. Nhiệt độ bề mặt tính toán được tại khu vực này vào thời điểm mùa hè cho thấy: nhiệt độ tại khu vực đất trống và khu vực xây dựng là cao nhất (> 42°C) , tiếp theo là nhiệt độ tại khu vực cây xanh (37°C - 42°C) và cuối cùng là nhiệt độ tại vùng mặt nước (< 37°C) (Hình 2).

Trên cơ sở nhiệt độ bề mặt tính được, chỉ số UTFVI đã được tính toán để nhằm đánh giá mức độ ảnh hưởng của đảo nhiệt đô thị trên địa bàn Quận Tây Hồ - Thành phố Hà Nội. Trong đó, phần diện tích không bị ảnh hưởng bởi đảo nhiệt đô thị chiếm khoảng 24.96%, ở mức rất yếu là 11.55%, chủ yếu là vùng mặt nước; bị ảnh hưởng ở mức yếu là 19.85%, ở mức trung bình là 13.27%, chủ yếu là vùng cây xanh; bị ảnh hưởng ở mức mạnh chiếm 15.47% và bị ảnh hưởng ở mức rất mạnh là 14.89%, đây chủ yếu là khu vực đất trống và khu vực công trình xây dựng (Hình 3).




*Hình 2. Bản đồ nhiệt độ bề mặt khu vực quận Tây Hồ - Hà Nội vào tháng 06 năm 2019.*




*Hình 3. Bản đồ đảo nhiệt đô thị khu vực quận Tây Hồ - Hà Nội vào tháng 06 năm 2019.*

## 4. Kết luận

Dữ liệu viễn thám hồng ngoại nhiệt của thế hệ vệ tinh Landsat-8 cho phép ghi nhận nhiệt độ của các đối tượng trên bề mặt đất, bên cạnh đó, GIS với khả năng phân tích, tính toán thống kê nhanh chóng đã cho phép xây dựng được bản đồ nhiệt độ bề mặt cũng như phân tích, đánh giá mức độ ảnh hưởng của hiện tượng đảo nhiệt đô thị trên địa bàn quận Tây Hồ - Hà Nội vào tháng 06 năm 2019, đây là thời điểm mùa hè, thời điểm có nhiệt độ ngoài trời cao nhất trong năm. Qua phân tích cho thấy, quận Tây Hồ có 4 loại đảo nhiệt: (1). Khu vực đất trống và khu vực xây dựng có nhiệt độ bề mặt cao nhất (> 42°C), tương ứng với hiện tượng đảo nhiệt đô thị diễn ra tại khu vực này ở mức mạnh và rất

mạnh; (2). Khu vực cây xanh có nhiệt độ bề mặt dao động từ 37°C - 42°C, tương ứng với hiện tượng đảo nhiệt đô thị diễn ra tại khu vực này ở mức trung bình và yếu; (3). Vùng mặt nước có nhiệt độ bề mặt thấp nhất trong khu vực nghiên cứu (< 37°C), tương ứng với hiện tượng đảo nhiệt đô thị diễn ra ở mức không và rất yếu.

Với kết quả của nghiên cứu này cho thấy, việc ứng dụng viễn thám hồng ngoại nhiệt của Landsat-8 và GIS có thể phân tích hiện tượng đảo nhiệt đô thị một cách nhanh chóng, trên một khu vực rộng lớn và cho độ tin cậy cao. Ngày nay, với tốc độ đô thị hóa không ngừng đang diễn ra tại các quận nội thành, các thành phố lớn, kết quả của nghiên cứu này có thể sử dụng trong định hướng, quy hoạch phát triển cây xanh tại các quận nội thành hay các khu đô thị lớn hoặc giảm bớt mật độ xây dựng tại đây nhằm giảm bớt hiện tượng đảo nhiệt đô thị, đem lại cảnh quan hài hòa cũng như giúp ích cho cuộc sống của con người.

## Tài liệu tham khảo

1. Trịnh Lê Hùng, 2013. *Nghiên cứu sự phân bố nhiệt độ bề mặt bằng dữ liệu ảnh đa phổ Landsat*, Tạp chí các khoa học về Trái đất, 36(1), tr. 82-89.

2. A. Ngie, K. Abutaleb, F. Ahmed, O. J, Taiwo, A.A. Darwish, M. Ahmed, 2016. An Estimation of Land Surface Temperatures from Landsat ETM+ images for Durban, South Africa, Rwanda Journal. Series D, Volume 1, 2016, Life and Natural Sciences: Special issue II. 1p.

3. Abdelnasser Rashash Ali and El-Shirbeny Mohammed, 2016. Impact of Industrial Activities on Land Surface Temperature Using Remote Sensing and GIS Techniques - A Case Study in Jubail, Saudi Arabia, Journal of Geography & Natural Disasters, S6: 002 doi: 10.4172/2167-0587.S6-002, 7p.

4. Adinna E. N., Enete Ifeanyi Christian and Arch. Tony Okolie, 2009. Assessment of urban heat island and possible adaptations in Enugu urban using landsat-ETM, Journal of Geography and Regional Planning, Vol. 2(2), pp. 030-036.

5. Ahmed S., 2018. Assessment of urban heat islands and impact of climate change on socioeconomic over Suez Governorate using remote sensing and GIS techniques, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Vol.21, pp.15-25.

6. Alaa Khalaf, 2018. Utilization of thermal bands of Landsat 8 data and geographic information system for a nalysis of urban heat island in Baghdad governorate 2016, MATEC Web of Conferences, 162, 5p.

7. Arzu Erener, Gulcan Sarp, 2018. Spatiotemporal distribution of Industrial Regions and Impact on LST in the case of Kocaeli, Turkey, FIG Congress 2018, 12p.

8. Aslan N., D. Koc-San, 2016. Analysis of relationship between urban heat island effect and land use/cover type using Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 Oli images, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B8, pp. 821-829.

9. Audrey Archer, 2014. An analysis of the relationship between land surface temperature and land use/cover over time in Travis County, Texas, Nicholas School of the Environment, Env 761: Conservation GIS, 21p.
10. Chander, G. & Markham, B.L. 2003. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures, and post calibration dynamic ranges, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41, pp. 2674-2677.
11. Chen Qiuji and Li Chuting, 2015. Land Surface Temperature Retrieval Based on Landsat ETM+/TM-- Taking Xi'an City as an Example, The Open Cybernetics & Systemics Journal, 9, pp. 228-235.
12. Favretto, A., 2018. Urban Heat Island analysis with Remote Sensing and GIS methods: an application in the Trieste area (North-East of Italy), Bollettino della Società Geografica Italiana, Serie 14, 1(1): pp.215-229.
13. Gordana Kaplan, Ugur Avdan and Zehra Yigit Avdan, 2018. Urban Heat Island Analysis Using the Landsat 8 Satellite Data: A Case Study in Skopje, Macedonia, Proceedings 2018.
14. Janina Fudała, Ádám Nádudvari, Joachim Bronder and Marta Fudała, 2018. Application of satellite images a nalysis to assess the variability of the surface thermal heat island distribution in urban areas, E3S Web of Conferences Air Protection in Theory and Practice, 8p.
15. Landsat 7 Science Data Users Handbook, 2006. National Aeronautics and Space Administration, 186p.
16. Lin Liu and Yuanzhi Zhang, 2011. Urban Heat Island Analysis Using the Landsat TM Data and ASTER Data: A Case Study in Hong Kong, Remote Sens, 3, pp. 1535-1552.
17. Loghman Rahimi, 2019. Relationship between Land Cover Use and Urban Thermal Islands by Landsat 8: Case study of Sanandaj, Journal of Radar and Optical Remote Sensing, pp. 79-92.
18. Nancy Elizabeth Cochran, 2014. Detection of Urban Heat Islands in the Great Lakes Region with GLOBE Student Surface Temperature Measurements, Master of Arts Degree in Geography, The University of Toledo, 101p.
19. Qihao Weng, Dengsheng Lu, Jacquelyn Schubring, 2004. Estimation of land surface temperature - vegetation abundance relationship for urban heat island studies, Remote Sensing of Environment, 89, pp. 467 - 483.
20. Sarif, M. O., Gupta, R. D., 2019. Land surface temperature profiling and its relationships with land indices: A case study on Lucknow City, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume IV-5/W2, pp. 89-97.
21. Wang Guiling, Jiang Weimei, Wei Ming, 2008. An Assessment of Urban Heat Island Effect using Remote Sensing Data, Marine Science Bulletin, Vol.10, No.2, 12p.
22. Zhang, Y., 2006. Land surface temperature retrieval from CBERS-02 IRMSS thermal infrared data and its applications in quantitative analysis of urban heat island effect. J. Remote Sens. 10, 789-797.

# ABSTRACT

## APPLICATION OF THERMAL BANDS OF LANDSAT 8 AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR ANALYSIS URBAN HEAT ISLAND

**Ha Thi Hang, Khuc Thanh Dong, Nguyen Thu Huyen**
*National University of Civil Engineering*
*Corresponding author: hanght@nuce.edu.vn*

Urban Heat Island is a phenomenon where the average temperature in urban areas is higher than in surrounding areas. In this paper, Urban Heat Island is quantitatively analyzed based on the UTFVI index that is calculated from the average surface temperature of the study area. Thermal Infrared Sensor (TIRS) on the new generation Landsat satellite has recorded the surface temperature of the planet in two bands 10 and 11. In this study, the average temperature has been extracted from thermal bands 10 and 11 of Landsat 8 and then it has been used to calculate the UTFVI index. Finally, there are three objects, including (1). Built-up areas have the highest surface temperature (>42°C), corresponding to the urban heat island at strong and very strong levels; (2). Green area has a surface temperature ranging from 37°C - 42°C, corresponding to the urban heat island at moderate and weak levels; (3). Water bodies have the lowest surface temperature (< 37°C), corresponding to the urban heat island at zero and very weak levels.

*Keywords*: Urban Heat Island, Land surface temperature, Thermal bands, Landsat 8, GIS.

# XÂY DỰNG HỆ THỐNG THÔNG MINH QUẢN LÝ CHỦ ĐỘNG NỒNG ĐỘ KHÍ PHÁT THẢI TRONG KHÔNG KHÍ TẠI CÁC VÙNG CÔNG NGHIỆP

**Lều Huy Nam[1], Lều Huy Đức[2]**
*[1]Công ty TNHH MTV TĐBĐ/ Cục Bản đồ/BTTM*
*[2]Đại học Công nghệ Hóa học D.I.Mendeleev*
*Tác giả liên hệ: namleu.vap@gmail.com*

**Tóm tắt:** Xây dựng hệ thống thông minh sử dụng các phương pháp tập mờ, mô hình toán học và thuật toán di truyền để xác định tỉ lệ gây ô nhiễm của các nguồn phát thải, từ đó đưa ra các khuyến nghị điều chỉnh hoạt động của các nguồn phát nhằm giảm nồng độ chất ô nhiễm trong không khí. Giải pháp tích hợp sẽ cho phép hệ thống đưa ra các quyết định tối ưu về giảm mức độ ô nhiễm không khí trong thời gian thực. Cơ sở lý thuyết khoa học này đã được áp dụng thực hiện trong khuôn khổ chương trình "Hỗ trợ thông tin bảo vệ môi trường và đảm bảo sức khỏe người dân giai đoạn 2011-2013" của thành phố Novomoskovsk. Đây là cơ sở xây dựng giải pháp quản lý khí phát thải tại các khu đô thị, thành phố công nghiệp tại Việt Nam.

**Từ khóa:** Hệ thống thông minh, mô phỏng, cơ sở tri thức, đánh giá của chuyên gia, thuật toán di truyền.

## 1. Đặt vấn đề

Môi trường thông minh là một thành phần không thể thiếu trong công tác xây dựng thành phố thông minh, để làm được điều đó cần phải có cơ chế giám sát quản lý giúp hỗ trợ giảm ô nhiễm không khí, giảm chất thải sinh hoạt, giảm tiêu thụ nước và tiêu thu năng lượng. Tuy nhiên, thực trạng hệ thống quan trắc và cảnh báo tại các thành phố lớn, các khu công nghiệp ở nước ta còn thiếu và yếu (thiếu trạm, không bền vững) về dự báo chất lượng không khí, số lượng khí tượng khó tiếp cận, phải mua; không xác định chính xác nguyên nhân gây ô nhiễm; đồng thời mục tiêu giảm ô nhiễm cụ thể và kiểm kê nguồn phát thải vẫn chưa được đặt ra; thiếu chính sách rõ ràng với các nguồn ô nhiễm chính [7]. Do đó, muốn xây dựng "thành phố thông minh", ta cần xác định mục tiêu quan trọng là việc xây dựng cơ sở hạ tầng quan trắc cung cấp số liệu, cơ sở hạ tầng công nghệ thông tin (hệ thống mạng và các cảm biến), các ứng dụng và khả năng phân tích dữ liệu để chuyển tải các dữ liệu thô thành các hành động, dự báo....

Với những ứng nhu cầu cấp thiết đó, nhóm tác giả đã dựa trên số liệu báo cáo từ hệ thống giám sát môi trường của thành phố Novomoskovk vùng Tula là cơ sở thực nghiệm lý thuyết xây dựng thuật toán kiểm soát nồng độ khí thải cho phép đưa ra các quyết định tối ưu về kiểm soát mức độ ô nhiễm không khí trong thời gian thực.

Trước năm 2013, dữ liệu tiếp nhận từ hệ thống các nhà máy tại thành phố Novomoskovk

không được sự dụng để quản lý các quá trình công nghệ của các nhà máy công nghệ hóa học. Điều này xuất phát từ việc thiếu các mô hình mô tả các mối quan hệ tương tác giữa công suất hoạt động của các nhà máy và sự phân tán nồng độ các chất phát thải độc hại trong không khí của chính các nhà máy này. Ngoài ra, trong các hệ thống tự động giám sát môi trường cũng không được tích hợp các hệ thống hội thoại hỗ trợ việc đưa ra các quyết định điều phối phát thải, sau khi có các dữ liệu nồng độ chất độc trong không khí.

Mục đích của nghiên cứu này là xây dựng hệ thống thông minh quản lý chủ động việc phát thải khí của các nhà máy công nghệ hóa chất vùng công nghiệp. Hệ thống này tính đến các yếu tố kinh tế và môi trường trong thời gian thực trong khi xử lý dữ liệu. Ngoài ra hệ thống còn khác biệt so với những hệ thống giám sát môi trường trước bởi việc tính toán tỷ lệ giảm công suất hoạt động của các nhà máy một cách tối ưu tương ứng với tỷ lệ phát thải của từng nhà máy trong tổng lượng khí phát thải vào môi trường.

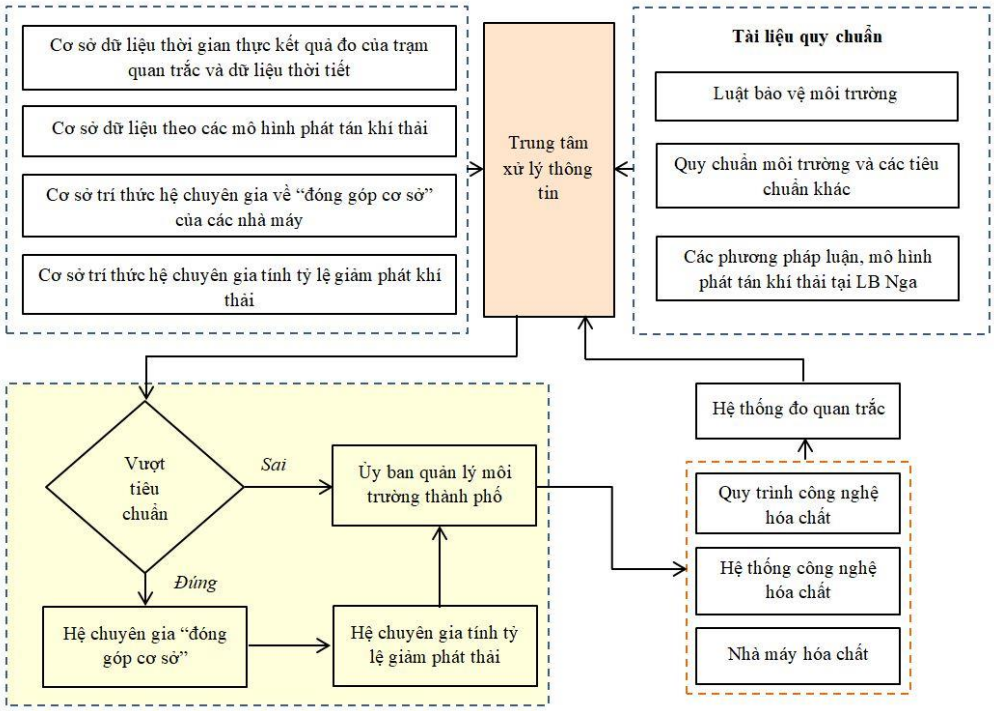
**2. Cơ sở lý thuyết**

Hình 1 mô tả cấu trúc hệ thống thông minh quản lý chủ động việc phát thải khí của các nhà máy công nghệ hóa chất vùng công nghiệp.

Trung tâm xử lý thông tin sẽ xử lý dữ liệu từ các trạm quan trắc môi trường tương ứng với cơ sở dữ liệu (Database) của hệ chuyên gia (Expert System) theo mô hình phát tán khí thải và các cơ sở dữ liệu khác (xem Hình 1). Nồng độ khí thải đo được sẽ đem so sánh với các chỉ số tiêu chuẩn. Trong trường hợp nồng độ khí thải cao hơn tiêu chuẩn thì hệ thống con ‘đóng góp cơ sở’ sẽ xác định sự ‘đóng góp’ của mỗi nhà máy (nguồn ô nhiễm) trong nồng độ chất phát thải đo được bởi trạm quan trắc. Hệ thống con ‘đóng góp cơ sở’ sử dụng những phương pháp mô phỏng mờ, mô phỏng toán học để xác định ‘đóng góp’ của các nhà máy trong nồng độ khí ô nhiễm. Hệ thống con ‘tỷ lệ giảm công suất’ sử dụng phương pháp thuật toán di truyền để tính tỷ lệ giảm công suất hoạt động của các nhà máy.

Trên cơ sở các dữ liệu tính toán của hệ thống thông minh quản lý chủ động việc phát thải khí của các nhà máy, ủy ban quản lý môi trường thành phố có thể linh hoạt đưa ra quyết định phù hợp để giảm nồng độ khí thải bằng cách thông báo cho các nhà máy về việc xuất hiện hay kết thúc khoảng thời gian có thời tiết bất lợi và các hình thức của chúng để thay đổi công suất hoạt động của mình.

Để xây dựng phương pháp luận dự đoán mối quan hệ tương tác giữa công suất hoạt động các nhà máy và sự phân tán nồng độ các chất thải độc hại vào không khí, cần phải xử lý các dữ liệu thống kê về mối quan hệ tương tác này trong một khoảng thời gian rất dài (cần theo dõi trong ít nhất 3 năm) [1]. Tuy nhiên, để giải quyết vấn đề nêu trên về việc dự đoán mối quan hệ tương tác giữa công suất hoạt động các nhà máy và sự phân tán nồng độ các chất thải độc hại vào không khí, có thể thực hiện bằng 2 phương pháp:




*Hình 1. Cấu trúc hệ thống thông minh quản lý chủ động việc phát thải khí của các nhà máy công nghệ hóa chất vùng công nghiệp*

## 3. Phương pháp mô phỏng toán học

Mô hình toán học được xây dựng phải phán ánh quá trình phân tán khí thải công nghiệp trong không khí có tính toán đến yếu tố địa hình trong những điều kiện thời tiết khác nhau và các chế độ làm việc của nhà máy công nghệ hóa học (khởi động, dừng, chế độ làm việc bình thường theo qui định, tai nạn). Phương pháp này không phải lúc nào cũng được đón nhận do chi phí thực hiển rất lớn. Ngoài ra không phải lúc nào cũng có thể xây dựng được mô hình phù hợp bởi không thể tính được tất cả các mối quan hệ tương tác khi thực hành.

## 4. Ứng dụng các hệ thống thông minh, trong đó có các hệ chuyên gia

Trong các hệ thống này có tích lũy kiến thức và kinh nghiệm thực tế làm việc của các chuyên gia thẩm định viên như nhà sinh thái học, kỹ sư công nghệ và nhân viên khác của các nhà máy công nghiệp. Trong quá trình làm việc, hệ thống thông minh sẽ học bằng cách nhìn nhận các hoàn cảnh khác nhau và phân tích lỗi. Điều này sẽ nâng cao mức độ chính xác và độ tin cậy của dự đoán. Để cho hệ chuyên gia có thể làm việc nhanh hơn, thì cần phải dạy hệ thống bằng các dữ liệu thực. Do thiếu thống kê về mối quan hệ tương tác giữa công suất hoạt động các nhà máy và sự phân tán nồng độ khí thải độc hại, cho nên phương pháp kết hợp sử dụng kết quả mô phỏng toán học được đề xuất làm cơ sở dữ liệu dạy hệ thống.

Mô phỏng phát tán chất thải ô nhiễm trong không khí được tiến hành bằng cách sử dụng mô đun Earth Science Module của chương trình mô phỏng tương tác COMSOL Multiphysics [2].

Trong khi thiết lập mô hình toán học đã sử dụng những phương trình chính sau: phương trình khuếch tán khí, phương trình mang chuyển và phân tán tạp chất. Trong trường hợp chung,

đối với khuếch tán hỗn loạn sử dụng phương trình không cố định:

$$\delta_{ts}\frac{\partial c}{\partial t}+\nabla(-D\cdot\nabla\cdot c)=R, \quad (1)$$

Trong đó $\nabla$ - toán tử Hamilton; D - hệ số khuếch tán; $R$ - hằng số tốc độ phản ứng; $C$ - trường nồng độ kỳ vọng; $\delta_{ts}$ - hệ số thời gian.

Điều kiện biên loại 3:

$$-n(-D\cdot\nabla\cdot c)=N_0+k_c(c_b-c), \quad (2)$$

Trong đó $N_0$ - biểu thức đạo hàm của dòng chảy; $k_c$ - hệ số mang chuyển hàng loạt; $c_b$ - nồng độ thể tích.

Đối với chế độ ứng dụng của đối lưu và khuếch tán thì phương trình (1) có khác biệt:

$$\delta_{ts}\frac{\partial c}{\partial t}+\nabla(-D\cdot\nabla\cdot c+c\cdot u)=R, \quad (3)$$

Trường vận tốc được bổ sung và cho kết quả điều kiện biên:

$$-n(-D\cdot\nabla\cdot c+c\cdot u)=N_0 \quad (4)$$

Trong trường hợp chung phương trình mang chuyển và phân tán tạp chất như sau:

$$\frac{\partial c}{\partial t}+\nabla(-D_{LG}\cdot\nabla\cdot c+u\cdot c)=R_G+S_c, \quad (5)$$

Trong đó $c$ - nồng độ chất thải; $D_{LG}$ - phương sai ten-xơ thủy động lực học; $u$ - trường véc tơ vận tốc; $R_G$ - hằng số vận tốc phản ứng ở pha khí; $S_c$ - khối lượng hoặc vận tốc thoát chất thải tại nguồn ô nhiễm.

Để thuận lợi cho việc xử lý, các dữ liệu ban đầu và kết quả mô phỏng được đề xuất lưu trữ trong cơ sở dữ liệu có cấu trúc như trong bảng phía dưới.

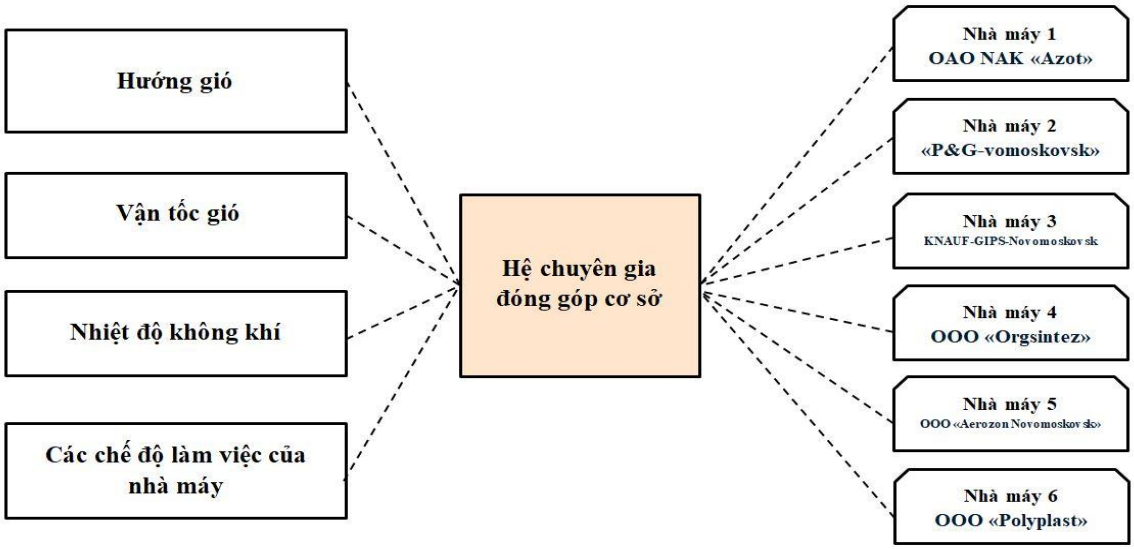
*Bảng 1: Cấu trúc cơ sở dữ liệu hợp nhất cho hệ chuyên gia*

| TT | Nội dung thông tin | Loại dữ liệu |
|---|---|---|
| 1 | Tên của chất thải ô nhiễm | Biểu tượng |
| 2 | Nhiệt độ không khí | Số |
| 3 | Tốc độ gió | Số |
| 4 | Hướng gió | Biểu tượng |
| 5 | Áp suất khí quyển | Số |
| 6 | Tọa độ theo trục X | Số |
| 7 | Tọa độ theo trục Y | Số |
| 8 | Lượng khí thải | Số |
| 9 | Nồng độ chất thải tại điểm đo | Số |

Để tăng hiệu quả và tối ưu định dạng kiến thức cho hệ chuyên gia 'đóng góp cơ sở' cần thiết phải xây dựng cơ sở dữ liệu hệ chuyên gia từ kết quả mô phỏng sự phát tán khí thải của nguồn ô nhiễm bằng chương trình COMSOL Multiphysics.

Hệ thống con "đóng góp cơ sở" phân tích và xác định tỉ lệ gây ô nhiễm của mỗi nhà máy trong nồng độ chất phát thải đo được tại trạm quan trắc (hay điểm đo đạc). Tỉ lệ gây ô nhiễm của mỗi nhà máy thay đổi phụ thuộc vào chế độ làm việc của nhà máy đấy và điều kiện thời tiết. Trong đó, cấu trúc hệ thống con "đóng góp cơ sở" trong chương trình Matlab [3] được thể hiện ở hình 2. Các biến đầu vào là vận tốc và hướng gió, nhiệt độ không khí và chế độ làm việc của các nhà máy.

Giả định có N nhà máy $X_1$, $X_2$,…,$X_N$ đang ở một trong các chế độ làm việc (khởi động, dừng, chế độ làm việc bình thường hoặc tai nạn) và có các dữ liệu thời tiết: vận tốc gió (V), Hướng gió (H), nhiệt độ không khí (T). Hệ thống con 'đóng góp cơ sở' sẽ xác định 'đóng góp' của các nhà máy tương ứng với $m_1$, $m_2$,…,$m_N$. 'Đóng góp' của các nhà máy tỷ lệ thuận với nồng độ chất thải, là kết quả của sự thẩm định của các chuyên gia về dữ liệu thu được khi mô phỏng phát tán khí thải trong chương trình COMSOL Multiphysics.




*Hình 2. Cấu trúc hệ thống con "đóng góp cơ sở"*

Để hình thức hóa việc thể hiện kiến thức trong hệ thống, đề xuất định dạng nhóm qui tắc điều kiện sử dụng các biến ngôn ngữ (vận tốc gió và hướng gió, nhiệt độ không khí và chế độ làm việc các nhà máy, 'đóng góp' của các nhà máy). Ví dụ về biến ngôn ngữ "vận tốc gió" sử dụng 7 cấp "êm đềm", "gió rất nhẹ", "gió thổi nhẹ vừa phải", "gió nhẹ nhàng", "gió vừa phải", "gió mạnh vừa phải", "gió mạnh" tương ứng với thang sức gió Beaufort [4].

Những qui tắc điều kiện này góp phần xác định 'đóng góp' của các nhà máy công nghệ hóa chất vào nồng độ chất thải đo tại trạm quan trắc trong những chế độ làm việc khác nhau và điều kiện thời tiết khác nhau. Giả định nhà máy thứ i đang ở chế độ làm việc j, còn thời tiết đang ở trạng thái k. Cần xác định khoảng 'đóng góp' m của các nhà máy trong nồng độ chất thải đo tại trạm quan trắc. Công thức dưới dạng mô hình điều kiện sẽ như sau:

$$\forall(i,j,k,m): A_o \equiv [\overline{x_i^j}, \overline{y_k} \to \overline{u_m^i}], i \in I; j \in J; k \in K; m \in M, \quad (6)$$

Trong đó $\overline{x_i^j}$ - véc tơ nhà máy thứ *i* đang ở chế độ làm việc *j*; $\overline{y}_k$ véc tơ trạng thái thời tiết *k*; $\overline{u_m^i}$ - véc tơ khoảng 'đóng góp' của nhà máy thứ *i*; *I* - tổng số lượng các nhà máy vùng công nghiệp; *J* - số lượng chế độ làm việc của các nhà máy; *M* - số lượng khoảng 'đóng góp'.

Qui tắc điều kiện truyền thống được viết dưới dạng "Nếu…, thì…", vì vậy qui tắc cơ sở kiến thức của hệ thống con 'đóng góp cơ sở' sẽ như sau: "Nếu nhà máy thứ *i* đang ở chế độ làm việc *j* và thời tiết đang ở trạng thái *k*, thì 'đóng góp' của nhà máy sẽ nằm trong khoảng *m*".

Nếu thời tiết đang ở trạng thái *k* và tại trạm quan trắc đo được nồng độ chất thải $C > Tc$ (tiêu chuẩn hay giới hạn cho phép), thì nồng độ chất thải gây ra bởi sự phát thải của nhà máy *i* tại điểm quan trắc ( $c_i$ ) sẽ được tính như sau:

$$c_i = c\frac{u^i}{\sum_{j=1}^{N} u^j}. \quad (7)$$

Ký hiệu $c_i^{'}$ là nồng độ chất thải gây ra bởi nhà máy *i* tại điểm quan trắc sau khi điều chỉnh phát thải để đảm bảo nồng độ chất thải đo được sẽ trong giới hạn cho phép;

- $Q_i$, $Q_i^{'}$ - lượng phát thải của nhà máy *i* tương ứng với các nồng độ chất thải $c_i$, $c_i^{'}$ - nồng độ chất thải gây ra bởi nhà máy tại điểm quan trắc.

Khi đó

$$\sum_{i=1}^{N} c_i^{'} \le Tc; \quad \forall i = \overline{1,N}: 0 \le c_i^{'} \le c_i, 0 \le Q_i^{'} \le Q_i. \quad (8)$$

Bất cứ nhà máy nào cũng quan tâm đến việc giảm chi phí tối đa cho việc thiết lập lượng xả thải $Q_i^{'}$ theo qui định. Với mục tiêu này, đối với hệ thống quản lý phát thải chúng ta bổ sung hàm mục tiêu:

$$\sum \gamma_i (Q_i - Q_i^{'}) \to \min \quad (9)$$

Trong đó $\gamma_i$ - giá thành để giảm một đơn vị lượng phát thải của nhà máy *i*. Trong điều kiện này thì việc tìm $Q_i^{'}$ sẽ làm giảm chi phí tối đa để đạt được các tiêu chuẩn về chất thải ô nhiễm trong không khí.

Giả thiết $\gamma_i = \gamma_0$, $\frac{Q_i - Q_i^{'}}{Q_i} = q_i$ и $Q_i = Q_i^{quydinh}$

Biểu thức (9) sẽ tương đương

$$\gamma_0 \sum Q_i^{quydinh} \cdot q_i \to \min , \quad (10)$$

Trong đó $q_i$ - tỷ lệ giảm phát thải của nhà máy *i*; $Q_i^{quydinh}$ - lượng phát thải của nhà máy *i* tương ứng với thiết kế làm việc theo quy định.

Áp dụng mối quan hệ tuyến tính của nồng độ chất phát thải và khối lượng chất phát thải được mô tả trong phương pháp luận OND-86 Liên bang Nga [5] và mô hình Gausse về phân tán chất thải của một nguồn ô nhiễm, có thể mô tả sự ô nhiễm không khí tại trạm quan trắc dưới dạng tuyến tính như sau:

$$c = a \cdot Q , \quad (11)$$

Trong đó *c* - nồng độ chất thải tại trạm quan trắc; *Q*- lượng phát thải của nguồn ô nhiễm; *a* - hệ số ảnh hưởng.

Từ phương trình (11) thì đối với nhà máy *i* thì $\frac{c_i^{'}}{c_i} = \frac{Q_i^{'}}{Q_i}$ hoặc là:

$$\frac{c_i - c_i^{'}}{c_i} = \frac{Q_i - Q_i^{'}}{Q_i} = q_i . \quad (12)$$

Từ phương trình (12) dẫn tới

$$\sum_{i=1}^{N}(c_i - c_i^{'}) = \sum_{i=1}^{N} c_i \cdot q_i . \quad (13)$$

Từ các phương trình (7) và (13) dẫn tới

$$c - \sum_{i=1}^{N} c_i^{'} = \sum_{i=1}^{N} c \frac{u^i}{\sum_{j=1}^{N} u^j} q_i \quad (14)$$

Từ các phương trình (8) và (14) dẫn tới

$$1 - \frac{\mathrm{Tc}}{c} \le \sum_{i=1}^{N} \frac{u^i}{\sum_{j=1}^{N} u^j} q_i ; \ \forall i = \overline{1,N} : 0 \le q_i \le 1 . \quad (15)$$

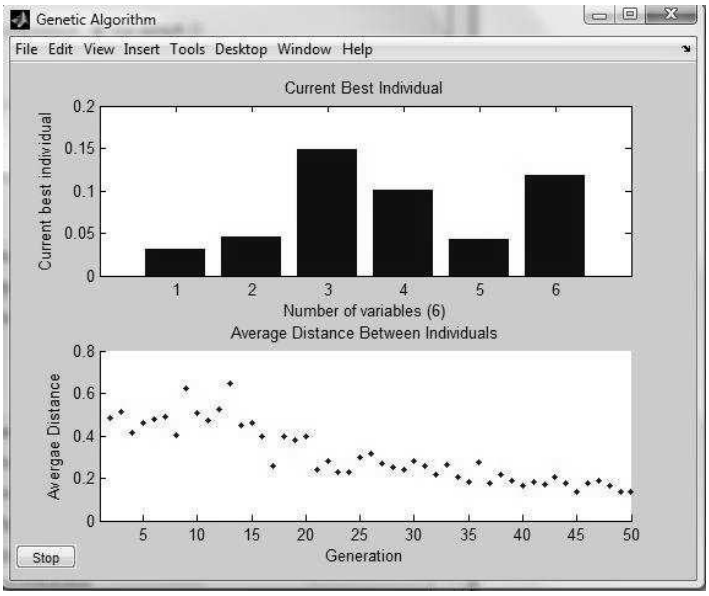
Chính vì vậy, bài toán trở thành tìm tỷ lệ giảm phát thải cho tất cả các nhà máy ($q_i$; $i = \overline{1,N}$) để hàm mục tiêu (10) với các điều kiện (15) đạt giá trị nhỏ nhất. Giải quyết bài toán này đảm bảo nồng độ chất thải tại trạm quan trắc nằm trong giới hạn cho phép và tổng chi phí của các nhà máy là tối thiểu cần thiết cho việc đáp ứng các tiêu chuẩn phát thải.

## 3. Thực nghiệm

Hệ thống con 'tỷ lệ giảm phát thải' giải quyết bài toán trên bằng cách sử dụng thuật toán di truyền trong chương trình Matlab [6].

Trong trình biên tập Matlab, xây dựng M-file có chứa hàm mục tiêu với các trọng số $Q_1$, $Q_2$,…, $Q_N$ có tính đến đánh giá của các chuyên gia, bởi thiếu các phân tích về mối quan hệ giữa chế độ làm việc và sự phát thải của các nhà máy.

Tiếp theo xây dựng M-file chứa các điều kiện (15). Sau đó tiến hành tối ưu hóa trong cửa sổ lệnh Matlab với thuật toán di truyền và trong hình 3 thể hiện đồ họa phân tích giải thuật.




*Hình 3. Đồ họa phân tích giải thuật*

Biểu đồ trên thể hiện "cá thể" tốt nhất, trong trường hợp này đây là tỷ lệ tối ưu giảm phát thải của các nhà máy KNAUF-GIPS-Novomoskovsk, "P&G - Novomoskovsk", OAO NAK "Azot", OOO "Orgsintez", OOO "Aerozon Novomoskovsk", OOO "Polyplast". Biểu đồ dưới thể hiện sự thay đổi khoảng cách giữa các "cá thể" qua các "thế hệ". Trong biểu đồ này thể hiện rằng thuật toán di truyền thực tế sẽ kết thúc sau khoảng 38 thế hệ, có nghĩa là giá trị hàm mục tiêu không thay đổi nhiều sau 38 thế hệ.

Kết quả tính toán tỷ lệ giảm phát thải của các nhà máy với điều kiện nồng độ NO đo tại trạm quan trắc gấp 2 lần giá trị cho phép như sau: KNAUF-GIPS-Novomoskovsk 3,2%, "P&G - Novomoskovsk" 4,6%, OAO NAK "Azot" 14,8%, OOO "Orgsintez" 10,1%, OOO "Aerozon Novomoskovsk" 4,3%, OOO "Polyplast" 11,9%. Hệ thống quản lý phát thải đưa ra khuyến cáo cho các nhà máy giảm công suất hoạt động bằng đúng các giá trị tương ứng ở trên cho đến khi nồng độ chất phát thải đo tại trạm quan trắc nằm trong giới hạn cho phép.

## 4. Kết luận và đề xuất

Kết quả hoạt động của hệ thống thông minh quản lý chủ động việc phát thải khí (thực nghiệm tại khu công nghiệp có nhà máy công nghệ hóa chất) cho phép giữ mức độ ô nhiễm vùng công nghiệp nằm trong giới hạn tiêu chuẩn với tổng lượng phát thải lớn. Ngoài ra, ở chế

độ thời gian thực cho phép xác định hoặc dự đoán trong điều kiện không rõ ràng sự phát triển của tình trạng môi trường và sinh thái xã hội, cũng như nhận được các khuyến nghị tương ứng để hiệu chỉnh chúng. Tuân thủ theo khuyến cáo của hệ thống quản lý, các nhà máy có thể giảm đáng kể chi phí do việc phát thải vào không khí vượt quá mức quy định.

Cơ sở lý thuyết khoa học này đã được áp dụng thực hiện trong khuôn khổ chương trình "Hỗ trợ thông tin bảo vệ môi trường và đảm bảo sức khỏe người dân giai đoạn 2011-2013" của thành phố Novomoskovsk và khuyến cáo áp dụng tại các vùng có số lượng lớn các nhà máy công nghiệp.

Trong giai đoạn tiếp theo, nhằm đáp ứng mục đích nâng cao khả năng áp dụng thuật toán trong công tác phân tích quản lý tại các khu đô thị, thành phố công nghiệp tại Việt Nam. Nhóm nghiên cứu tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện giải pháp tối ưu hóa hơn nữa bằng cách: sử dụng đa dạng nguồn cơ sở dữ liệu làm tư liệu thực nghiệm báo cáo (kết hợp CSDL của các bộ ban ngành như CSDL bản đồ, CSDL Xây dựng, CSDL giao thông, CSDL y tế,…).

**Tài liệu tham khảo**

1. Волков В. Ю., Батышкина В. В., Самахар Башир. Повышение качества принимаемых решений в интеллектуальной системе экологического менеджмента // Труды XIII Международной конференции "Проблемы управления и моделирования в сложных системах. 2011. С.415.

2. Earth Science Module. User's Guide. - Version: November 2008, COMSOL 3.5a, UK: COMSOL Ltd, Hertfordshire, 158 p.

3. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб: БХВ-Петербург. 2005. 736 с.

4. Гидрометцентр России. Гидрометеорологический научно-исследовательский центр РФ. URL: http://meteoinfo.ru/bofort

5. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащих в выбросах предприятий. ОНД-86. Ленинград: Издво Гидрометеоиздат, 1987. 94 с.

6. Genetic Algorithm Toolbox For Use with MATLAB, User's Guide

7. Version 1.2 / Andrew Chipperfield [et al.] / Department of Automatic Control and Systems Engineering. UK: University of Sheffield, 94 p.

8. Hội thảo Giải pháp thành phố thông minh vì không khí sạch (2019), Viện Khoa học và Công nghệ Môi trường, Đại học Bách Khoa Hà Nội, Trung tâm Sống và Học tập vì môi trường và cộng đồng (Live & Learn), Mạng lưới không khí sạch Việt Nam (VCAP) phối hợp với Trung tâm Đông Tây (EAST- WEST CENT) và sự hỗ trợ của Cơ quan Phát triển Quốc tế Hoa Kỳ (USAID) tổ chức.

# ABSTRACT

## BUILD A INTELLIGENT SYSTEM FOR MANAGEMENT OF AIR POLLUTION IN INDUSTRIAL AREAS

**Leu Huy Nam[1], Leu Huy Duc[2]**
*[1]Samcom Co.LTD/General Staff*
*[2]D.I. Mendeleev University of Chemical Technology*
*Corresponding author: namleu.vap@gmail.com*

The intelligent system of development of recommendations to the enterprises of the chemical technology for the purpose of decrease in concentration of air pollutants in which methods of fuzzy modelling, mathematical modelling and genetic algorithm are used is described. The complex approach to the problem decision will allow to make optimum decisions on decreasing the air pollution in a mode of real time. This scientific theoretical has been applied in the program of Novomoskovsk city: "Supporting information on environmental protection and guarantees to people's health for the period 2011-2013". The next time, this is the basis for building emissions management solutions in urban areas and industrial cities in Vietnam.

*Keyword:* Intelligent systems, simulation, knowledge base, authority appraisals, genetic algorithms.

# XÁC ĐỊNH DIỆN TÍCH NGẬP LỤT MIỀN TRUNG NĂM 2020 VÀ ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG ĐẾN LỚP PHỦ/SỬ DỤNG ĐẤT DỰA TRÊN NỀN TẢNG GOOGLE EARTH ENGINE

**Trần Vân Anh, Trần Hồng Hạnh, Lê Thanh Nghị**
*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*Tác giả liên hệ: tranvananh@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Việt Nam nằm trong khu vực nhiệt đới gió mùa, hằng năm, nước ta phải hứng chịu mùa mưa bão kéo dài từ tháng 5 đến tháng 11, với những cơn bão hình thành từ Biển Đông di chuyển và gây ảnh hưởng trực tiếp đến đất liền, nhất là các tỉnh ven biển. Theo các nhà khí tượng học, năm 2020, Trái Đất còn chứng kiến hiện tượng La Nina, khiến mùa mưa lũ trở nên nghiêm trọng hơn. Nghiên cứu của chúng tôi ở đây tập trung vào việc đánh giá những ảnh hưởng của lũ lụt do bão gây ra ở các tỉnh miền Trung tới sử dụng đất trên nền tảng Google Earth Engine. Nền tảng này giúp cho việc xử lý ảnh nói chung trở nên dễ dàng, nhanh chóng và một điểm nổi bật đó là có thể xử lý trực tiếp trên đám mây mà không cần phải download về máy tính. Với hai thời điểm trước và sau khi ngập lụt của ảnh radar Sentinel-1 tại các khu vực từ tỉnh Nghệ An đến Thừa Thiên Huế chúng tôi đã tiến hành xử lý, kết hợp với bản đồ sử dụng đất toàn cầu làm từ ảnh MODIS để đánh giá thiệt hại nhanh cho các diện tích đất nông nghiệp và đất đô thị. Nghiên cứu đã chứng minh được tính khả thi khi sử dụng để giám sát lũ trên diện tích rộng một cách nhanh chóng và gần với thời gian thực nhất.

**Từ khóa:** Lũ lụt, google earth engine, Sentinel-1, miền Trung

## 1. Đặt vấn đề

Lũ lụt là một loại thiên tai gây ra nhiều thiệt hại hơn bất kỳ thảm họa nào khác. Ngày nay lũ lụt chiếm gần một nửa số thảm họa liên quan đến thời tiết trong những thập kỷ gần đây. Hàng năm ngập lụt gây ảnh hưởng rất nhiều đến người dân trên thế giới đặc biệt là những nước ở khu vực Đông Nam Á. Khí hậu thay đổi, mực nước biển dâng, đô thị hóa và sự di chuyển dân số ra các khu đô thị lớn ít nhiều đều góp phần làm gia tăng lũ lụt. Những năm gần đây viễn thám là một nguồn dữ liệu hiệu quả để tách các vùng nước trên các khu vực rộng lớn và do đó chúng có thể được sử dụng để lập bản đồ ngập lụt với nhiều độ phân giải theo thời gian và không gian (Tehrany và cộng sự, 2014). Trước đây các loại ảnh quang học hoặc ảnh máy bay là một lựa chọn, tuy nhiên do ảnh hưởng của mây, mù và mưa trong thời gian mưa ngập nên ảnh vệ tinh quang học khó có thể xác định ngập nước gần với thời gian thực. Ảnh Radar là một thay thế thích hợp vì loại ảnh này là ảnh chủ động nguồn chiếu sáng nên không phụ thuộc vào thời tiết và có khả năng ghi nhận cả ngày lẫn đêm.

Các cảm biến Radar có nhiều loại nhưng hiện nay hệ thống Radar Sentinel-1 là một hệ thống Radar độ mở tổng hợp miễn phí đã được sử dụng để lập nhiều loại bản đồ trong đó thành

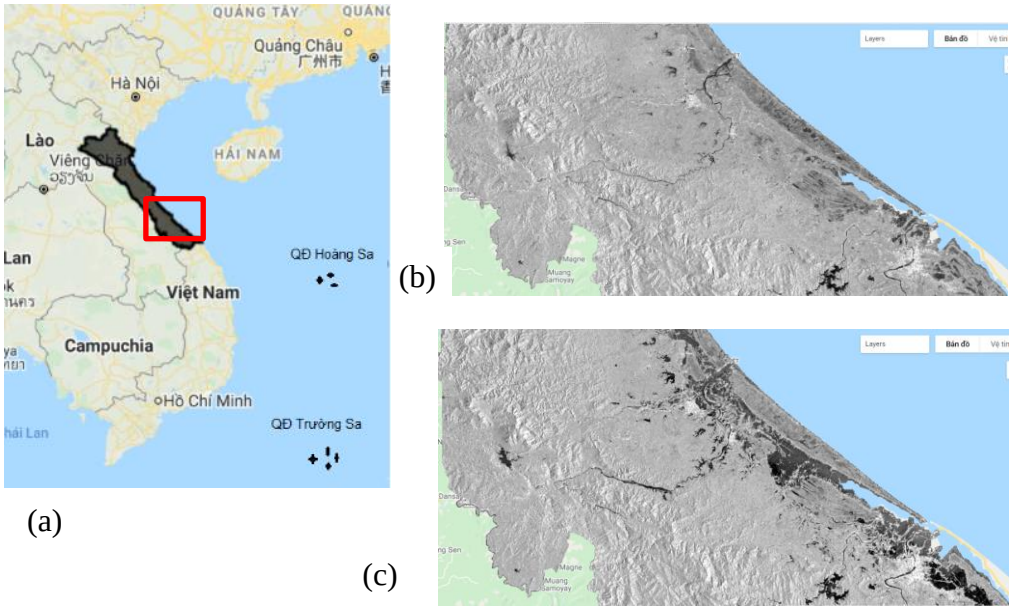
lập bản đồ ngập lụt bằng các giá trị tán xạ ngược trong các dải phân cực VV, HH, VH và HV khá hiệu quả. Nước được xác định bằng cách lập ngưỡng các giá trị tán xạ ngược trên một hình ảnh (Matgen và cộng sự, 2011), hoặc sự khác biệt về tán xạ ngược giữa hai hình ảnh hoặc phương sai của tán xạ ngược trong một chuỗi thời gian (Cian và cộng sự, 2018; DeVries và cộng sự, 2020). Thảm thực vật bị ngập và lũ lụt ở các khu vực đô thị có thể làm tăng lượng tán xạ ngược trong các trận lũ lụt do hiệu ứng "tán xạ ngược kép" (Mason và cộng sự, 2014). Thiệt hại do lũ lụt có thể ước tính bằng cách kết hợp với dữ liệu về hiện trạng sử dụng đất.

Vai trò của ảnh Radar thì đã thấy rõ nhưng có một vấn đề đó là ảnh Radar thường có dung lượng rất lớn mà việc giám sát lũ lụt thời gian thực lại phải làm trong thời gian dài thì mới thấy hết được sự ảnh hưởng của ngập nước tới các loại hình sử dụng đất. Điều này làm cho các công tác xử lý dữ liệu Radar trở nên vất vả và nặng nhọc do dung lượng lớn dữ liệu phải tải về. Gần đây với sự ra mắt của Google Earth Engine (GEE) - một nền tảng dựa trên đám mây để phân tích không gian địa lý, giúp dễ dàng truy cập các tài nguyên tính toán hiệu suất cao để xử lý dữ liệu vệ tinh đa thời gian trực tuyến (Gorelick và cộng sự, 2017). Kể từ khi xuất hiện vào năm 2010, các khả năng của GEE đã được sử dụng cho nhiều ứng dụng (Mutanga và Kumar, 2019), bao gồm lập bản đồ và giám sát thảm thực vật, lập bản đồ thay đổi lớp phủ mặt đất (Midekisa và cộng sự, 2017; Sidhu, Pebesma, và Câmara, 2018), các nghiên cứu về hạn hán (Alshaikh, 2015; Khan và cộng sự, 2020; Sazib và cộng sự, 2018) và đặc biệt là gần đây lập bản đồ lũ lụt (DeVries và cộng sự, 2020; Tiwari và cộng sự, 2020). Tính sẵn có của dữ liệu hiện trạng lớp phủ đất của danh mục dữ liệu GEE và các công cụ dựa trên web cho phép người dùng đánh giá tác động của lũ lụt tới các loại hình sử dụng đất một cách nhanh chóng và dễ dàng. Ở Việt Nam, nghiên cứu về GEE vẫn còn khá mới mẻ. Các ứng dụng tập trung vào giám sát đất rừng (Anh và Thy, 2020), biến động bờ sông (Long và cộng sự, 2019), và giám sát lũ (Tuấn và cộng sự, 2018). Tuy nhiên, có rất ít nghiên cứu đánh giá sự ảnh hưởng của lũ lụt tới hiện trạng sử dụng đất trên nền tảng GEE với dữ liệu Sentinel-1 và dữ liệu MODIS. Kết quả của nghiên cứu có thể cung cấp thông tin ban đầu về các đánh giá ảnh hưởng của ngập lụt tới đời sống của người dân trong khu vực miền Trung Việt Nam trong thời gian từ tháng 10 năm 2020 đến tháng 11 năm 2020.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### *2.1. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu sử dụng*

Như chúng ta đã biết, trong khoảng thời gian tháng 10 năm 2020 hoàn lưu áp thấp nhiệt đới, xoáy thuận nhiệt đới hình thành trên Biển Đông gây ra đợt áp thấp và bão Linfa chỉ trong một tuần từ 06 đến 13 tháng 10, lượng mưa lớn đổ dồn về khu vực miền Trung khiến nhiều địa phương tại khu vực này bị ngập lụt trên diện rộng, nhiều nơi nước lũ dâng cao, chia cắt các địa bàn. Do vậy khu vực nghiên cứu tập trung vào địa bàn 5 tỉnh là Nghệ An, Hà Tĩnh, Quảng Bình, Quảng Trị, Thừa Thiên Huế. Hình 1 biểu diễn vị trí của khu vực nghiên cứu trên nền bản đồ Việt Nam.

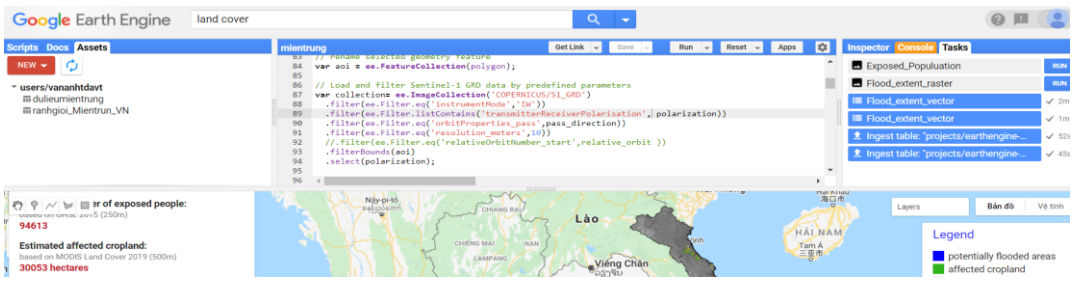



*Hình 1. (a): Vị trí khu vực nghiên cứu là 5 tỉnh từ Nghệ An đến Thừa Thiên Huế, (b): ảnh Sentinel-1 trước khi ngập tại Quảng trị và Thừa Thiên Huế và (c): ảnh Sentinel-1 sau khi ngập tại Quảng trị và Thừa Thiên Huế.*

Trong nghiên cứu này ảnh Sentinel-1, band C đã được sử dụng. Có hai vệ tinh Sentinel-1 là Sentinel-1A, được phóng vào ngày 3 tháng 4 năm 2014, và Sentinel-1B được phóng vào ngày 25 tháng 4 năm 2016 với các thông số tương tự nhau. Đối với các nghiên cứu liên quan đến ngập nước thì ảnh Sentinel-1 được xử lý mức 1(level-1) với kiểu đã chuyển sang tầm mặt đất (GRD) là thích hợp nhất. Loại này có độ phân giải là 10m và có chu kỳ lặp là 12 ngày cho mỗi vệ tinh. Khoảng thời gian ghi nhận ảnh là trong khoảng từ tháng 10/2020 đến tháng 11/2020.

### *2.2. Phương pháp nghiên cứu*

Nghiên cứu này đã sử dụng Google Earth Engine (GEE) để xử lý ảnh và chạy các ứng dụng thống kê trên ảnh. GEE làm việc thông qua Giao diện trực tuyến của ứng dụng JavaScript (API) được gọi là Code Editor. Trên giao diện này, người dùng có thể viết và chạy các tập lệnh/script để chia sẻ và lặp lại các quy trình phân tích cũng như xử lý dữ liệu không gian địa lý. Code Editor giúp người dùng thực hiện toàn bộ các chức năng có trong Earth Engine. Các dữ liệu nhập vào có thể khai thác trực tiếp trên các trang WEB dữ liệu mà không cần tải về máy tính, đó chính là một lợi thế của GEE, giúp cho chúng ta có thể phân tích dữ liệu nhanh chóng mà không phụ thuộc vào dung lượng bộ nhớ của máy tính. Dưới đây là giao diện của GEE.

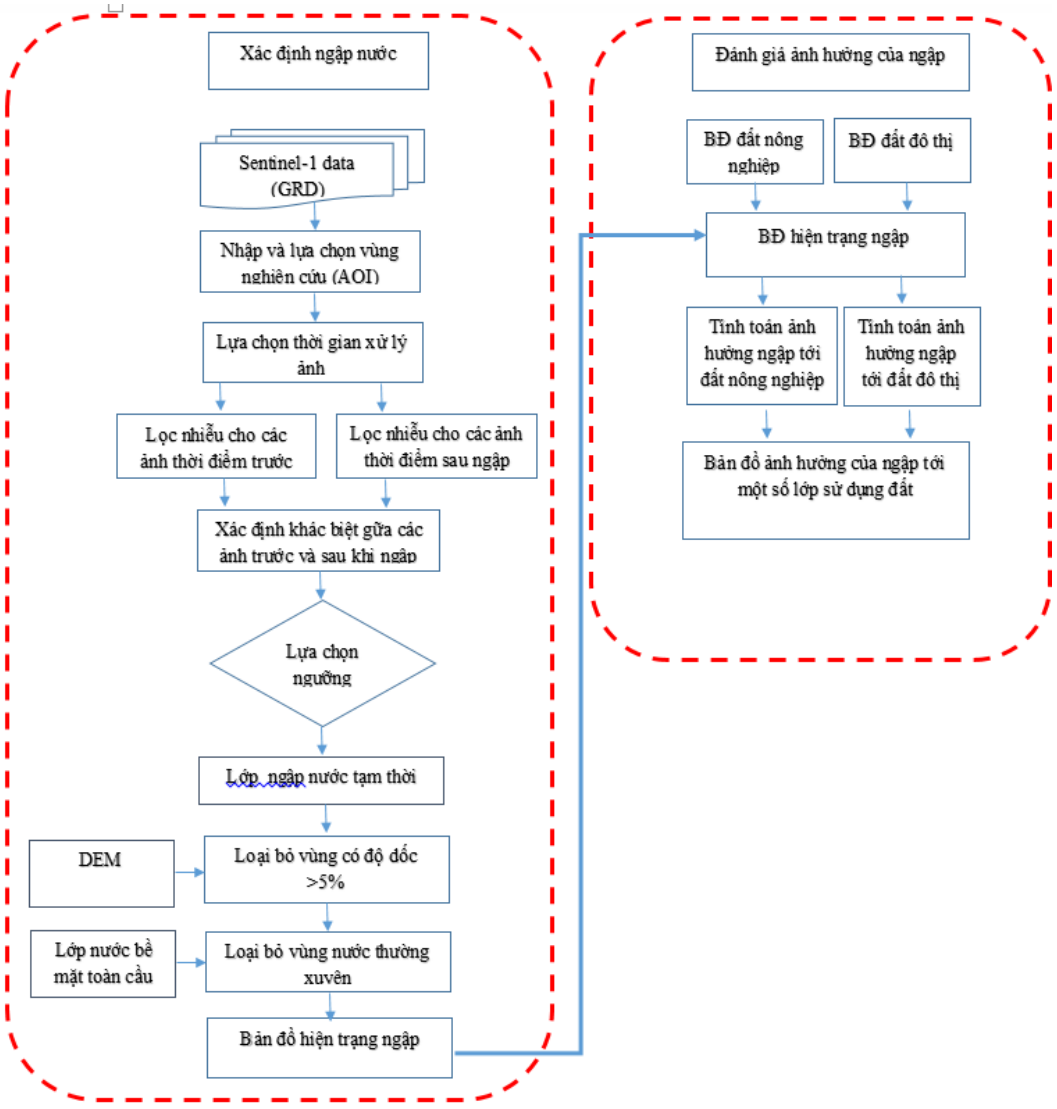



*Hình 2. Giao diện của GEE phục vụ viết code thực hiện công việc*

Như đã trình bày ở trên thì dữ liệu sử dụng là Sentinel-1 được lấy tự động từ trang WEB COPERNICUS của châu Âu. Quy trình xử lý ảnh để chiết xuất nước và đánh giá ảnh hưởng của ngập nước tới một số loại hình sử dụng đất được trình bày trong hình 3.

Với sơ đồ nghiên cứu có hai phần công việc được thực hiện đó là (1) Xác định ngập nước; (2) Đánh giá ảnh hưởng của ngập nước.

Theo như lý thuyết về xác định nước trên ảnh Radar thì lựa chọn phân cực là VV sẽ phù hợp hơn là phân cực chéo VH đối với ảnh Sentinel-1. Các giá trị tán xạ ngược trên ảnh ở hai thời kỳ sẽ được lọc nhiễu, xác định sự khác biệt giữa hai thời kỳ và sau đó phân ngưỡng.



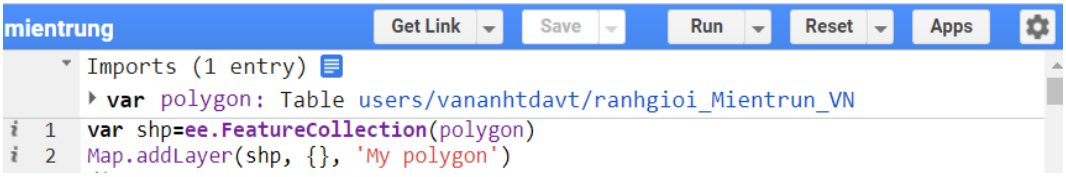

*Hình 3. Sơ đồ xử lý ảnh phục vụ đánh giá ảnh hưởng của ngập đến một số loại hình sử dụng đất trên Google Earth Engine*

## 3. Cách thức thực hiện trên Google Earth Engine

Với sơ đồ quy trình thực hiện ở hình 3, chúng tôi đã tiến hành thực hiện viết code để thực hiện các bước gọi và xử lý ảnh trên Google Earth Engine. Dưới đây là một số kết quả của từng bước xử lý.

### *3.1. Nhập và lựa chọn vùng nghiên cứu*

Đây là khu vực giới hạn để xử lý ảnh. Vùng nghiên cứu có thể vẽ trực tiếp trên màn hình hoặc lựa chọn từ một file dữ liệu sẵn có. Trong trường hợp nghiên cứu của chúng tôi tập trung ở khu vực miền Trung Việt Nam, thì vùng này đã được tạo sẵn từ trên phần mềm ArcGIS và lưu dưới format dạng shape file. File này sẽ được nhập vào GEE và sử dụng như một biến đặt tên là "polygon".




*Hình 4. Lựa chọn vùng nghiên cứu bằng khu vực đã được làm sẵn và tải lên dạng SHP file*

### *3.2. Lựa chọn thời gian xử lý ảnh*

Bên cạnh khu vực nghiên cứu thì khoảng thời gian trước và sau lũ lụt cũng cần được lựa chọn để thực hiện xử lý. Bằng cách đặt khoảng thời gian, không phải ngày riêng lẻ, chúng ta sẽ được phép chọn một khoảng thời gian để đủ bao phủ khu vực quan tâm. Hình ảnh Sentinel-1 được thu thập tối thiểu 12 ngày hoặc tối đa là 6 ngày một lần cho mỗi điểm trên thế giới.

```
/**********************************************************************
                        ĐẶT THỜI GIAN

 Đặt các thông số về thời gian trước khi ngập .*/

var before_start= '2020-9-20';
var before_end='2020-10-5';

// Đặt các thông số về thời gian sau khi ngập
var after_start='2020-10-15';
var after_end='2020-10-30';

/**********************************************************************
```

*Hình 5. Lựa chọn thời gian để lấy ảnh xử lý*

### *3.3. Xử lý ảnh*

Thông tin từ hình ảnh của Sentinel-1 (GRD) trong GEE được lựa chọn sẽ phải qua các bước tiền xử lý sau:

- Cập nhật dữ liệu quỹ đạo để chính xác hóa lại vị trí mặt đất của các ảnh lựa chọn. Lý do phải cập nhật trạng thái quỹ đạo vì các thông tin siêu dữ liệu của các sản phẩm SAR thường không chính xác. Quỹ đạo chính xác của vệ tinh được xác định sau vài ngày sau khi sản phẩm được tạo ra do vậy khi thực hiện xử lý cần phải cập nhật lại thông tin này.

- Loại bỏ nhiễu đường biên là loại bỏ các loại nhiễu cường độ thấp và dữ liệu không hợp lệ trên các biên ảnh trong quá trình tạo ra các ảnh ở chế độ tầm mặt đất.

- Loại bỏ nhiễu nhiệt (nhiễu cộng) cho sản phẩm ảnh GRD.

- Hiệu chuẩn bức xạ (tính toán năng lượng tán xạ ngược sử dụng các thông số hiệu chuẩn của bộ cảm biến).

Tính toán năng lượng tán xạ ngược chính là việc chuyển đổi giá trị của mỗi pixel ở bước trên sang hệ số năng lượng tán xạ ngược. Mỗi pixel sẽ được tính toán theo công thức dưới đây (Laur và cộng sự, 2004):

$$\sigma_0 = \frac{(DN)^2}{K}\sin i \quad (1)$$

Trong đó:

$\sigma_0$ : Hệ số năng lượng tán xạ ngược

DN: Giá trị của pixel

i: Góc tới tại điểm giữa của vệt quét

K: Hằng số hiệu chỉnh tuyệt đối

- Chuyển đổi hệ số tán xạ ngược (σ °) thành decibel (dB) (Laur và cộng sự, 2004):

$$\sigma_0(dB) = 10 \times \lg(\sigma_0\_linear) \quad (2)$$

- Hiệu chỉnh các yếu tố ảnh hưởng của địa hình (Hiệu chỉnh trực giao sử dụng DEM toàn cầu độ phân giải 90m)

***3.4. Xác định vùng ngập nước***

Để xác định ngập nước thì phương pháp phát hiện thay đổi giữa hai thời kỳ đã được sử dụng. Phương pháp này theo nguyên tắc là xác định sự khác biệt của các pixel tại các điểm cùng tên ở hai thời điểm trước và sau khi ngập. Sử dụng ảnh sau ngập lụt chia cho ảnh trước ngập lụt và xác định ngưỡng để xác định đâu là nước và đâu là đối tượng không ngập nước. Thường thì giá trị cao sẽ thể hiện là có sự thay đổi, còn giá trị thấp sẽ là không đổi.

***3.5. Hiệu chỉnh lớp ngập lụt***

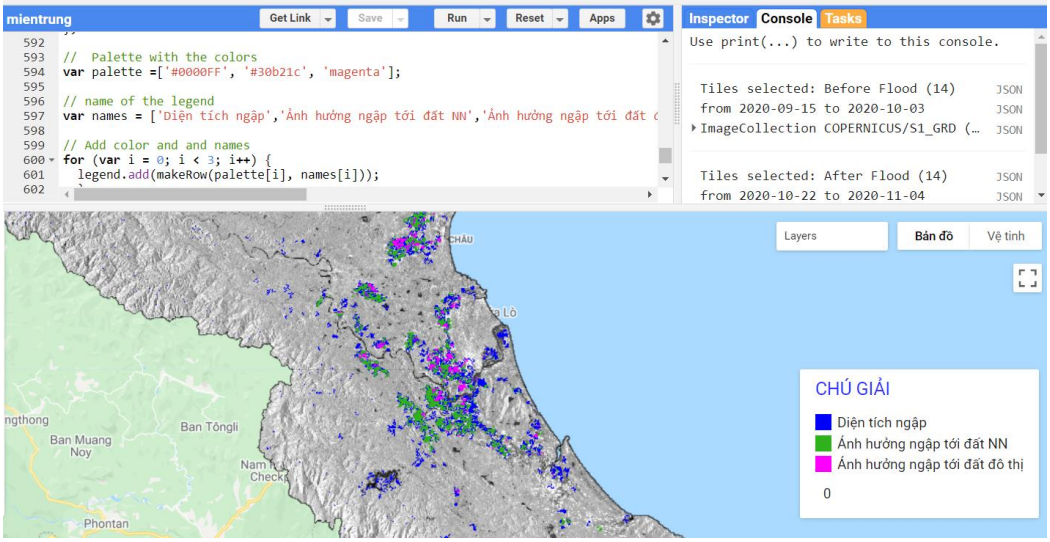
Để loại bỏ một số ảnh hưởng cho kết quả xác định ngập lụt, một số bộ dữ liệu bổ sung đã được sử dụng: dữ liệu nước mặt toàn cầu của JRC dùng để loại bỏ tất cả các khu vực bị bao phủ bởi nước thường xuyên. Tập hợp dữ liệu mặt nước có độ phân giải 30 m và được cập nhật lần cuối vào năm 2020 (global surface water mapping). Ngoài ra do hiệu ứng bóng trên ảnh radar sẽ gây ra các giá trị pixel tối trên ảnh mà nó tương tự như giá trị nước nên để loại bỏ các khu vực có bóng thì các pixel có độ dốc trên 5% cần được loại bỏ, do đó mô hình độ cao SRTM toàn cầu có độ phân giải không gian là 90m đã được sử dụng. Bên cạnh đó lọc nhiễu cũng được áp dụng ở đây để loại bỏ một số điểm nhiễu ở các pixel đơn lẻ.

***3.6. Ảnh hưởng của ngập nước đến đất trồng trọt***

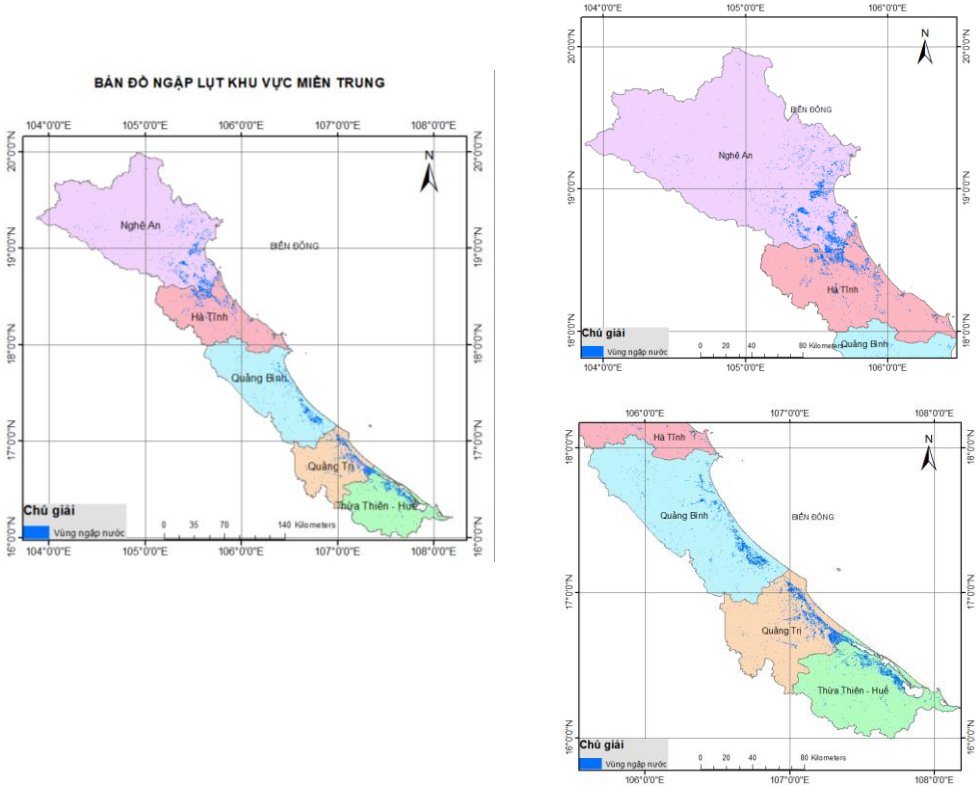
Để ước tính số lượng đất trồng bị ảnh hưởng, bản đồ lớp phủ được làm từ ảnh MODIS đã được chọn. Tập dữ liệu có độ phân giải không gian là 500 m và được cập nhật hàng năm. Đây là tập dữ liệu toàn cầu duy nhất về Land Cover hiện có trong Google Earth Engine. Nhóm đất loại 1 bao gồm 17 lớp với hai lớp đất trồng trọt (lớp 12: ít nhất 60% diện tích được canh tác và lớp 14: Mô hình trồng trọt / Thảm thực vật tự nhiên: canh tác quy mô nhỏ 40-60% với cây tự nhiên, cây bụi, hoặc thảm thực vật thân thảo). Cả hai lớp đều được trích xuất từ tập dữ liệu và được giao với lớp ngập lụt, lớp này đã được lấy mẫu lại về tỷ lệ và phép chiếu của lớp MODIS. Diện tích đất trồng trọt bị ảnh hưởng được tính theo cách tương tự như đối với mức độ lũ lụt và được hiển thị trong bảng 'Kết quả'.

### *3.7. Đánh giá ảnh hưởng với khu vực đô thị*

Các khu vực đô thị bị ảnh hưởng được tính toán theo cách tương tự như đánh giá trước đó, sử dụng tập dữ liệu "Bản đồ lớp phủ đất" làm từ MODIS. Loại "đô thị 13" của nhóm "Lớp phủ đất loại 1" được trích xuất để đánh giá các khu vực đô thị có khả năng bị ảnh hưởng. Trong quá trình này, các khu vực đô thị bị ảnh hưởng rất có thể bị đánh giá thấp, do khó phát hiện nước ở các khu vực tích tụ.




*Hình 6: Kết quả xác định ngập lụt khu vực miền Trung thời gian tháng 10 năm 2020 trên GEE*



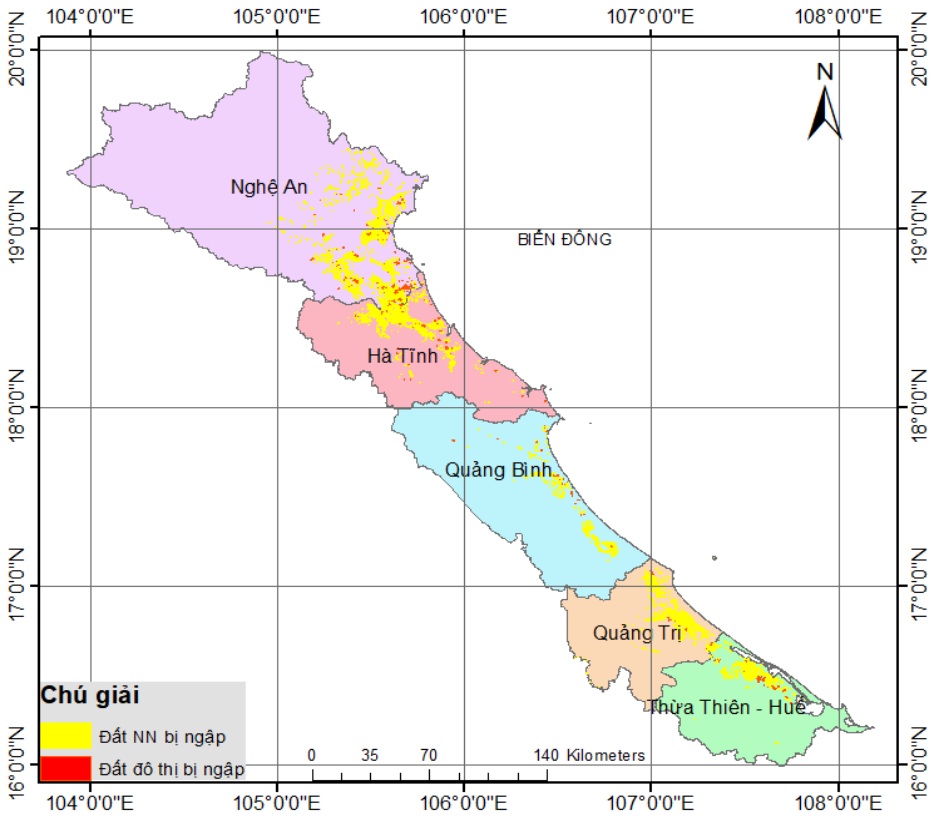

*Hình 7. Bản đồ ngập lụt khu vực miền Trung thời gian tháng 10 năm 2020*

## 4. Kết quả và thảo luận

Sử dụng GEE, các ảnh Sentinel-1 trong khoảng thời gian từ 15 tháng 9 năm 2020 đến 5 tháng 10 năm 2020 đã được trích xuất để làm ảnh trước khi ngập lụt và các ảnh trong khoảng thời gian từ 22 tháng 10 đến 5 tháng 11 năm 2020 là các ảnh sau khi ngập nước. Như đã trình bày ở phương pháp xác định ngập nước ở trên, ảnh tỷ số giữa thời điểm sau ngập và trước ngập được tạo ra (Hình 6). Kết quả là một lớp raster hiển thị mức độ thay đổi trên mỗi pixel. Giá trị cao (điểm ảnh sáng) cho biết sự thay đổi nhiều, giá trị thấp (điểm ảnh tối) thể hiện sự thay đổi ít. Ngưỡng xác định được lựa chọn là 1.3, giá trị pixel nào có giá trị lớn hơn 1.3 sẽ được tính là ngập nước và được gán giá trị là 1 và giá trị nào nhỏ hơn 1.3 được gán giá trị 0. Lớp raster nhị phân được tạo ra bởi quá trình này cho thấy mức độ ngập lụt. Ngưỡng 1.3 đã được chọn thông qua thử tại vùng nghiên cứu và có thể được điều chỉnh trong trường hợp tỷ lệ giá trị dương giả hoặc âm giả cao.

Diện ngập sau khi loại bỏ vùng nước thường xuyên và bóng do ảnh hưởng của việc ghi ảnh theo hướng xiên được thể hiện bởi mầu xanh nước biển sau đó đã được xuất ra vector dạng SHP trên bản đồ ở hình 6. Kết quả này có thể download xuống để biên tập và đưa vào hệ tọa độ bản đồ ở khu vực nghiên cứu (Hình 7).Tổng diện tích ngập trên toàn vùng nghiên cứu là 153377 hecta.

Kết quả ngập nước được chồng phủ với bản đồ lớp phủ đất làm từ ảnh MODIS để đánh giá ảnh hưởng với khu vực đô thị, đất nông nghiệp. Kết quả đất nông nghiệp bị ảnh hưởng là 98164 hecta và đất đô thị bị ảnh hưởng là 37824 hecta (Hình 8).




*Hình 8. Bản đồ diện tích đất đô thị và đất nông nghiệp bị ảnh hưởng bởi ngập nước*

Qua đánh giá sơ bộ thì sự ảnh hưởng của lũ lụt đến đất nông nghiệp và đất đô thị là khá nghiêm trọng. Với việc  sử dụng bản đồ lớp phủ/sử dụng đất làm từ ảnh MODIS cho khu vực rộng lớn như toàn lãnh thổ hoặc khu vực miền Trung Việt Nam cho mục đích xác định nhanh ngập nước là phù hợp, tuy nhiên nếu chỉ đánh giá cho khu vực nhỏ như một tỉnh thì bản đồ lớp phủ/sử dụng đất này chưa đảm bảo độ chính xác. Vì vậy rất cần thêm những nghiên cứu để làm ra được bản đồ lớp phủ/sử dụng đất với độ phân giải và độ chính xác cao hơn cho mục đích đánh giá tập trung trên diện tích nhỏ.

## 5. Kết luận

Dữ liệu ảnh Radar SAR Sentinel-1 rất hữu ích cho xác định diện tích ngập nước bằng phân cực VV do loại dữ liệu này được thu nhận với tần xuất khá dày là 6 ngày một ảnh nên giám sát ngập lụt theo thời gian thực là rất khả thi. Bên cạnh đó việc giám sát hiện trạng ngập lụt với nền tảng GEE đã thể hiện được ưu điểm khá lớn của phương pháp đó là sự thuận tiện khi lựa chọn dữ liệu ảnh Radar mà không cần phải tải về máy tính, điều này giúp cho thời gian xử lý dữ liệu vừa nhanh mà lại không mất dung lượng máy tính để lưu trữ một lượng lớn dữ liệu. Đặc biệt, nền tảng GEE là một môi trường tính toán dựa trên đám mây có thể hỗ trợ hoạt động lập kế hoạch và giảm nhẹ rủi ro khi chúng ta có thể đánh giá ngay các thiệt hại do lũ lụt gây ra với các bản đồ sẵn có.

Trong nghiên cứu này bản đồ hiện trạng sử dụng đất được làm từ ảnh MODIS được lựa chọn đã giúp cho chúng ta đánh giá sơ bộ một cách nhanh nhất những thiệt hại và có thể hỗ trợ cho các nhà quản lý đưa ra quyết định một cách nhanh nhất để giúp đỡ người dân khu vực bị ảnh hưởng.

Một hạn chế của nghiên cứu là chưa đánh giá được độ chính xác cho các diện tích ngập nước và diện tích các lớp sử dụng đất bị ảnh hưởng do thiếu dữ liệu thực địa. Vì vậy trong tương lai chúng tôi sẽ phát triển việc xử lý thêm bản đồ hiện trạng sử dụng đất mới nhất với độ chính xác cao hơn ảnh MODIS để đạt được kết quả cao hơn cho việc đánh giá ảnh hưởng với các lớp sử dụng đất.

## Tài liệu tham khảo

1. Anh, N. T. N., & Thy, P. T. M. (2020). Ứng dụng viễn thám trên nền Google Earth Engine theo dõi biến động rừng tại tỉnh Lâm Đồng. Paper presented at the GIS Conference 2020.
2. Alshaikh, A. Y. (2015). Space applications for drought assessment in Wadi-Dama (West Tabouk), KSA. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 18(1), S43-S53.
3. Cian, F., Marconcini, M., & Ceccato, P. (2018). Normalized Difference Flood Index for rapid flood mapping: Taking advantage of EO big data. Remote Sensing of Environment, 209, 712-730.
4. DeVries, B., Huang, C., Armston, J., Huang, W., Jones, J. W., & Lang, M. W. (2020). Rapid and robust monitoring of flood events using Sentinel-1 and Landsat data on the Google Earth Engine. Remote Sensing of Environment, 240, 111664.
5. Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of

Environment, 202, 18-27.
6. Khan, R., Gilani, H., Iqbal, N., & Shahid, I. (2020). Satellite-based (2000-2015) drought hazard assessment with indices, mapping, and monitoring of Potohar plateau, Punjab, Pakistan. Environmental Earth Sciences, 79(1), 1-18.
7. Laur, H., Bally, P., Meadows, P., Sanchez, J., Schaettler, B., Lopinto, E., & Esteban, D. (2004). ERS SAR calibration. Derivation of the backscattering coefficient in ESA ERS SAR PRI products. ESA/ESRIN ES-TN-RS-PM-HL09, 2.
8. Long, V. H., Giang, N. V., Hoanh, T. P., andHoa, P. V., 2019. Applying Google Earth Engine in river bank erosion monitoring - a case study in lower Mekong river (in Vietnamese). Journal of science- Ho Chi Minh city Uiversity of Education.
9. Mason, D. C., Giustarini, L., Garcia-Pintado, J., & Cloke, H. L. (2014). Detection of flooded urban areas in high resolution Synthetic Aperture Radar images using double scattering. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 28, 150-159.
10. Matgen, P., Hostache, R., Schumann, G., Pfister, L., Hoffmann, L., & Savenije, H. (2011). Towards an automated SAR-based flood monitoring system: Lessons learned from two case studies. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 36(7-8), 241-252.
11. Midekisa, A., Holl, F., Savory, D. J., Andrade-Pacheco, R., Gething, P. W., Bennett, A., & Sturrock, H. J. (2017). Mapping land cover change over continental Africa using Landsat and Google Earth Engine cloud computing. PloS one, 12(9), e0184926.
12. Mutanga, O., & Kumar, L. (2019). Google earth engine applications: Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
13. Sazib, N., Mladenova, I., & Bolten, J. (2018). Leveraging the Google Earth Engine for drought assessment using global soil moisture data. Remote Sensing, 10(8), 1265.
14. Sidhu, N., Pebesma, E., & Câmara, G. (2018). Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case. European Journal of Remote Sensing, 51(1), 486-500.
15. Tehrany, M. S., Pradhan, B., & Jebur, M. N. (2014). Flood susceptibility mapping using a novel ensemble weights-of-evidence and support vector machine models in GIS. Journal of hydrology, 512, 332-343.
16. Tiwari, V., Kumar, V., Matin, M. A., Thapa, A., Ellenburg, W. L., Gupta, N., & Thapa, S. (2020). Flood inundation mapping-Kerala 2018; Harnessing the power of SAR, automatic threshold detection method and Google Earth Engine. PloS one, 15(8), e0237324.
17. Tuan, V. Q., Khai, D. H., Nhan, H. T. K., and Hoa, N. T., 2018. Development of flood monitoring algorithms in the Mekong Delta based on Google Earth Engine platform (in Vietnamese). Can Tho University Journal of Science, 54(9A), 29-36.
18. Global Surface Water Mapping: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/JRC_GSW1_3_GlobalSurfaceWater ).
19. Global Landcover: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS_006_MCD12Q1?hl=en

# ABSTRACT

## DETERMINATION OF FLOOD IN CENTRAL PROVINCES OF VIETNAM IN 2020 AND ASSESSING THE IMPACTS ON LAND USE/ LAND COVER BY THE GOOGLE EARTH ENGINE

**Tran Van Anh, Tran Hong Hanh, Le Thanh Nghi**
*Hanoi University of Mining and Geology*
*Corresponding author: tranvananh@humg.edu.vn*

Vietnam is located in the tropical monsoon region, every year the rainy season from May to November with storms formed from the East Sea moving and directly affecting the mainland, especially in the coastal provinces. According to meteorologists, in 2020, the Earth had a La Nina phenomenon, making the rainy season more severe. Our research here focuses on assessing the impact of floods in the central provinces on agricultural and urban land on the Google Earth Engine platform. This platform makes image processing easy and fast and a highlight is that it can be processed directly in the cloud without having to download the images to a computer. With two times of Sentinel-1 radar images before and after floods in areas from Nghe An to Thua Thien Hue, the processing were combined with a global land use map from MODIS images for rapid assessment of damage in agricultural and urban areas. The study demonstrated the feasibility of using it to monitor flooding over a large area quickly and as close to real-time as possible.

*Keywords:* Flood, Google Earth Engine, Sentinel-1, Central provinces of Vietnam

# XÁC ĐỊNH DẤU HIỆU KHAI THÁC KHOÁNG SẢN TẠI TỈNH YÊN BÁI TỪ ẢNH VỆ TINH SENTINEL-2

**Lê Minh Huệ[1], Vũ Thị Thanh Hiên[1], Nguyễn Thị Phương Bắc[1], Trần Trường Giang[1], Đỗ Thị Phương Thảo[2,*], Trịnh Thị Thư[3]**

[1] *Đài viễn thám TW, Cục viễn thám Quốc gia*

[2] *Đại học Mỏ - Địa Chất*

[3] *Công ty TNHH MTV Trắc địa Bản đồ*

[*] *Tác giả liên hệ: dothiphuongthao@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Hiện nay, tỉnh Yên Bái có khoảng 21 loại khoáng sản khác nhau tập trung chủ yếu tại các khu vực mỏ của các huyện vùng cao, tuy nhiên hiện có khoảng 130 khu vực mỏ được cấp giấy phép khai thác khoáng sản đã hết hiệu lực nhưng tình hình khai thác khoáng sản trái phép vẫn diễn ra. Nhiều phương án bảo vệ ngăn chặn dứt điểm tình trạng khai thác khoáng sản trái phép đã được ban hành, trong đó có việc ứng dụng khoa học công nghệ cụ thể là sử dụng ảnh viễn thám theo dõi, giám sát tình trạng khai thác khoáng sản. Bài báo trình bày kết quả sử dụng phương pháp CCDC để theo dõi biến động của lớp phủ bề mặt sử dụng ảnh vệ tinh chuỗi thời gian dày đặc. Phương pháp gồm hai phần, phần thứ nhất theo dõi và phát hiện các thay đổi của lớp phủ bề mặt, phần thứ hai phân loại lớp phủ trên các ảnh vệ tinh trong chu kì theo dõi để trực quan hóa các thay đổi đó. Nguồn dữ liệu ảnh vệ tinh chuỗi thời gian dày đặc được cung cấp bởi nền tảng đám mây Google Earth Engine (GEE) của hãng Google. Thuật toán học máy Random Forest tích hợp trên nền tảng GEE được sử dụng để phân loại lớp phủ cho độ chính xác tổng thể kết quả đạt 87%.

**Từ khóa:** Sentinel-2, Khai thác khoáng sản, Tự động phân loại, Yên Bái.

## 1. Đặt vấn đề

Ở Việt Nam, hầu hết các loại khoáng sản phân bố không tập trung, rải rác trên diện rộng, chủ yếu tại khu vực trung du, miền núi, nơi có địa hình hiểm trở, đi lại khó khăn, xa xôi nên cũng khó khăn trong việc quản lý bảo vệ. Công tác thanh tra, kiểm tra, giám sát hoạt động khai thác khoáng sản tốn kém tiền của, thời gian và sức lực của con người. Do vậy, việc ứng dụng công nghệ hiện đại để hỗ trợ công tác quản lý khai thác khoáng sản là rất cần thiết [1].

Ứng dụng công nghệ viễn thám đã trở thành phương tiện chủ đạo trong giám sát tài nguyên thiên nhiên, môi trường nói chung và theo dõi hoạt động khai thác khoáng sản (KTKS) nói riêng. Với ưu điểm là độ phủ trùm không gian rộng, tính đa thời gian, ảnh viễn thám cho phép ghi lại được các biến đổi trên mặt đất. Sử dụng các dải phổ khác nhau để ghi nhận chính xác các đối tượng là rất quan trọng trong việc nghiên cứu các hoạt động khai thác khoáng sản, thông qua các dấu hiệu của chúng trên bề mặt trái đất [3].

Trong kỹ thuật Viễn thám có rất nhiều phương pháp phân loại phát hiện thay đổi lớp phủ bề mặt trái đất (phân loại có chọn mẫu, phân loại hướng đối tượng, ...) các phương pháp này chủ yếu áp dụng cho một vài thời điểm ảnh, chưa lộ rõ tiềm năng theo dõi biến động lớp phủ. Sử dụng thuật toán Change detection and classification (CCDC) trong phân tích thay đổi lớp

phủ bề mặt trên chuỗi ảnh viễn thám đa thời gian cho phép theo dõi biến động bất kỳ thời gian nào. Zhu et al (2014) đã thực nghiệm thuật toán CCDC trên bộ dữ liệu chuỗi ảnh đa thời gian Landsat từ năm 1982 tới 2011 của khu vực New England. Nghiên cứu đã theo dõi biến động của 16 lớp phủ bề mặt liên tục trong khoảng thời gian đó với độ chính xác về không gian và thời gian rất cao. Theo các tác giả đánh giá độ chính xác cho bộ dữ liệu trong bài báo về mặt không gian là 86% và độ chính xác về thời gian là 80%. Đối với độ chính xác phân loại, CCDC cho độ chính xác tổng thể 90% cho 16 lớp phân loại [6]. Gần đây, Lili Lin et al (2020) cũng đã sử dụng thuật toán CCDC để theo dõi ảnh hưởng của đô thị hóa tới hệ sinh thái đảo Haitan, nghiên cứu theo dõi và phát hiện các khuôn mẫu của sự thay đổi lớp phủ bề mặt từ năm 1990 đến 2019. Trong nghiên cứu này, thuật toán phân loại Random Forest (RF) được sử dụng để phân loại các lớp phủ. Nhóm tác giả thực nghiệm trên các bộ dữ liệu ảnh LandSat cho các năm 1990, 2000, 2007 và 2019, cho độ chính xác tổng thể từ 88,43% tới 91,08% và tìm ra chính sách và tác động của con người lên hệ sinh thái đảo là nghuyên nhân chủ đạo [10].

Mục tiêu của bài báo là sử dụng ảnh Sentinel-2 đa thời gian để theo dõi biến động lớp phủ xung quanh khu mỏ nhằm phát hiện các dấu hiệu khai thác tài nguyên khoán sản sử dụng thuật toán CCDC và thuật toán phân loại Random Forest thực hiện trên nền tảng GEE.

**2. Khu vực nghiên cứu**

Yên Bái là tỉnh miền núi phía Bắc, sâu trong nội địa, nằm giữa 2 vùng Đông Bắc và Tây Bắc. Phía Bắc giáp tỉnh Lào Cai, phía Nam giáp tỉnh Phú Thọ, phía Đông giáp 2 tỉnh Hà Giang, Tuyên Quang và phía Tây giáp tỉnh Sơn La, Lai Châu (Hình 1). Địa hình chia thành 2 vùng lớn: vùng cao và vùng thấp trong đó vùng cao có dân cư thưa thớt, có tiềm năng về đất đai, lâm sản, khoáng sản [2].




*Hình 1: Vị trí khu vực nghiên cứu (ảnh báo Yên Bái)*

Với nguồn khoáng sản phong phú, tỉnh có điều kiện thuận lợi trong việc khai thác và chế biến khoáng sản. Tuy nhiên, tại nhiều nơi trong tỉnh xảy ra hiện tượng khai thác khoáng sản trái

phép, như đào đãi đá quý ở khu vực xã Bảo Ái, huyện Yên Bình, và xã An Phú, Minh Tiến huyện Lục Yên. Tình trạng đào đãi vàng sa khoáng và khai thác cát sỏi trên sông Hồng (thuộc địa bàn huyện Văn Yên và một số suối nhỏ như trên địa bàn tỉnh) vẫn diễn biến phức tạp. Nạn khai thác đá cảnh tại thôn Suối Lóp, xã Suối Giàng, huyện Văn Chấn, tỉnh Yên Bái là một thực trạng nhức nhối khiến người dân địa phương bức xúc nhiều năm qua, nhưng đến nay vẫn không hề có dấu hiệu chấm dứt. Thậm chí, càng ngày, môi trường quanh những mỏ đá này càng bị xâm phạm, tàn phá nghiêm trọng hơn [2]. Do vậy, ứng dụng khoa học công nghệ trong theo dõi, quản lý, giám sát thường xuyên các hoạt động khai thác khoáng sản tránh làm thất thoát tài nguyên, tác động xấu đến cảnh quan, môi trường,… là việc làm cần thiết.

## 3. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### *3.1. Dữ liệu nghiên cứu*

- Tài liệu về cấp phép khai thác khoáng sản gồm: hồ sơ cấp phép hoạt động khai thác khoáng sản cấp tỉnh và hồ sơ cấp phép hoạt động khai thác khoáng sản cấp Bộ.

- Ảnh Sentinel-2: Sentinel là tên của một loạt các vệ tinh quan sát trái đất thuộc Chương trình Copernicus của Cơ quan Không gian Châu Âu (ESA). Đây là bộ cơ sở dữ liệu ảnh rất lớn của Mỹ và Châu Âu gồm NASA, USGS và ESA đã được tích hợp toàn bộ vào hệ thống cơ sở dữ liệu của Google Earth Engine (GEE). Mỗi nguồn dữ liệu có sẵn trên GEE đều có ID và có thể tra cứu  tại danh mục GEE qua trang web https://earthengine.google.com/datasets/. Bảng 1 mô tả dữ liệu Sentinel-2 trong nghiên cứu này. được truy xuất từ bộ sưu tập hình ảnh trong GEE từ 01 tháng 9 năm 2019 đến 30 tháng 12 năm 2020.

*Bảng 1: Dữ liệu ảnh dùng trong nghên cứu*

| TT | Ảnh vệ tinh | ID | Độ phân giải | Thời gian |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Sentinel-2 | L1C_T48QUK_A023367 | 10m | Từ ngày 01 / 9 / 2019 đến 30 /12/2020 |
| 2 | Sentinel-2 | L1C_T48QVK_A023324 | 10m | |
| 3 | Sentinel-2 | L1C_T48QVJ_A023324 | 10m | |

### *3.2. Phương pháp nghiên cứu*

Hoạt động khai thác khoáng sản luôn luôn để lại tác động làm thay đổi cảnh quan môi trường xung quanh vị trí khai thác, thường là các thay đổi về lớp phủ bề mặt như: phủ thực vật, phủ nước mặt, phủ thổ nhưỡng. Bằng cách theo dõi và phân tích sự thay đổi phủ bề mặt, Phương pháp CCDC có thể phát hiện các dấu hiệu hoạt động khai thác khoáng sản [3].

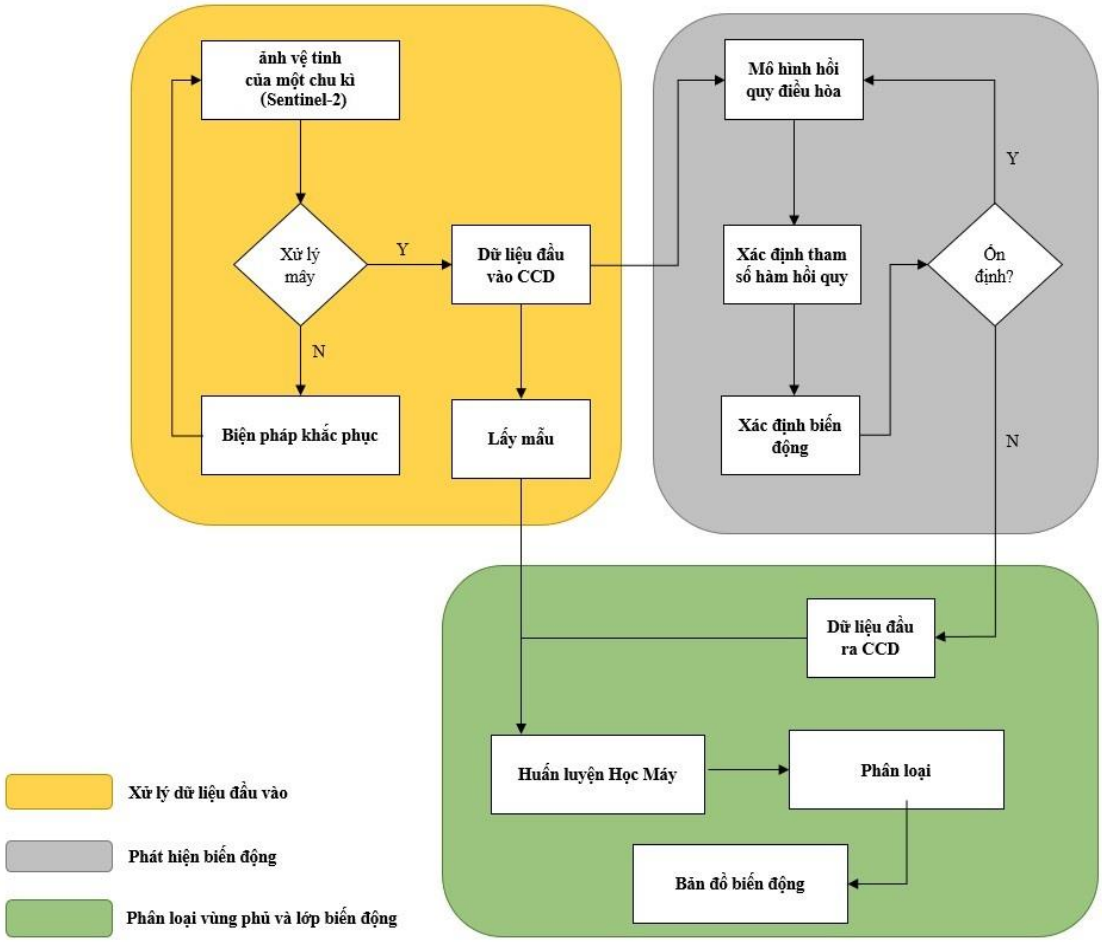
Phương pháp CCDC đánh giá các thay đổi về giá trị của điểm ảnh trong một khoảng thời gian nhất định (thời kỳ). Trong một thời kỳ, sự biến động của giá trị điểm ảnh có thể phụ thuộc vào một trong các loại biến động sau [4], [6]:

- *Biến động theo mùa:* giá trị của điểm ảnh thay đổi phản ánh sự biến động theo mùa, do các nguyên nhân nhiệt độ, ánh sáng và lượng mưa. Từ đó dẫn tới sự thay đổi lặp lại của phủ thực vật hoặc nước bề mặt có tính chu kỳ theo từng mùa.

- *Biến động dần đều (gradual):* giá trị của điểm ảnh thay đổi phản ánh một xu hướng, ví

dụ xu hướng tăng hoặc giảm phủ thực vật qua các thời kỳ.

- *Biến động đột ngột (abrupt):* giá trị của điểm ảnh thay đổi phản ánh một thay đổi đột ngột do các nguyên nhân như chặt phá rừng, đô thị hóa. Các dấu hiệu khai thác khoáng sản sẽ gây ra các biến đổi đột ngột.




*Hình 2: Các bước phân tích và xác định biến động phủ bề mặt*

Phương pháp CCDC sẽ xác định cả ba loại biến động trên để nhằm mục đích chính là xác định được các biến động đột ngột. Như vậy, hai loại biến động là biến động theo mùa và biến động dần đều đóng vai trò phụ trợ cho xác định các biến động đột ngột. Để ước lượng các biến động theo mùa và biến động dần đều, CCDC sử dụng mô hình hồi quy điều hòa (harmonic regression) và mô hình xu hướng (trend model). Từ đó những giá trị lệch đột ngột khỏi mô hình có thể được sử dụng để xác định các biến động đột ngột.

Các bước phân tích và xác định biến động phủ bề mặt nhằm phát hiện các biến động đột ngột sử dụng phương pháp CCDC được khái quát hóa trong sơ đồ Hình 2. Các bước thực hiện được phân chia thành các công đoạn: (1) Xử lý dữ liệu đầu vào, (2) phát hiện biến động và (3) Phân loại vùng phủ và lớp biến động.

## 4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### 4.1. Xử lí dữ liệu đầu vào

Dữ liệu ảnh Sentinel-2, được xử lí mây, bóng mây theo thuật toán Fmask [8], thông tin

chứa trong bộ dữ liệu này bao gồm:

- Thông tin phản xạ phổ bề mặt
- Thông tin đánh giá chất lượng giá trị điểm ảnh
- Thông tin phạm vi địa lý của khu vực nghiên cứu (hệ tọa độ, vùng bao) và thông tin thời kỳ (ngày bắt đầu và kết thúc).

**4.2 Phương pháp lấy mẫu**

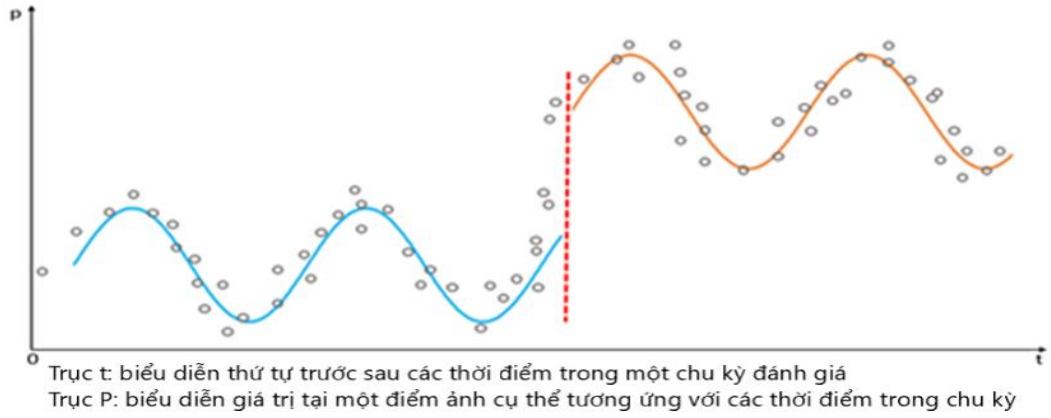
Các phủ bề mặt sẽ được chia thành 5 lớp cơ bản gồm: phủ nước (water), phủ thực vật (vegetation), phủ đô thị (built-up), phủ đất đai (soil) và lớp khai thác khoáng sản (mining). Sự biến động qua lại giữa các lớp được phát hiện bởi kỹ thuật CCDC và trực quan hóa thông qua kĩ thuật trực quan hóa chuỗi thời gian (time series visualization). Công tác phân loại được tiến hành trên nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine (GEE) nên phương pháp lấy mẫu được thực hiện theo phương pháp Stratified Equal Random Sampling (SRS(Eq)). Số điểm lấy mẫu chọn ở mỗi lớp bằng tổng số điểm lấy mẫu chia cho số lớp. Cụ thể, trong thực nghiệm tổng số điểm lấy mẫu là 100, thì số điểm lấy mẫu cho mỗi lớp trong số 5 lớp nêu trên sẽ là khoảng 20.

**4.3 Mô hình hồi quy điều hoà và xác định hàm hồi quy**

Dữ liệu được lưu trữ và xắp xếp vào cấu trúc dữ liệu chuỗi thời gian (time series data). Mô hình hồi quy điều hòa được sử dụng để tiến hành các phân tích chuỗi thời gian (time series analysis). Dữ liệu đầu vào CCD là dữ liệu sau khi xử lí mây, sẽ được khớp (fitting) với mô hình hàm điều hòa có thành phần hình sin là bội số tần số của tần số cơ bản hàng năm. Một số hạng không đổi và tuyến tính đặc trưng cho độ phản xạ bề mặt hoặc giá trị bù nhiệt độ độ sáng và độ dốc tổng thể, tương ứng [5], [9].

**4.4 Phát hiện biến động (CCD)**

Trong công đoạn này biến động giá trị điểm ảnh theo mùa hoặc biến động dần đều được xác định sử dụng mô hình điều hòa (harmonic model) và hàm hồi quy LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator). Sự sai khác trong giá trị điểm ảnh trong mô hình dự đoán biến động và giá trị điểm ảnh thực được tính toán. Nếu sự sai khác này lớn gấp ba lần sai số bình phương nhỏ nhất (RMSE) thì điểm ảnh đó sẽ được đánh dấu là có khả năng xảy ra biến động đột ngột của lớp phủ. Biến động đột ngột của lớp phủ được đánh giá là biến động thực sự dựa trên việc thực hiện liên tiếp nhiều lần tính toán sự sai khác trong giá trị điểm ảnh. Nếu trong các lần thực hiện tính toán liên tiếp nhau tại một điểm ảnh, sự sai khác chỉ xảy ra một lần thì sự sai khác đó được coi như ngoại lệ thống kê (outliner). Nếu sự sai khác xuất hiện trong các lần thực hiện tính toán liên tiếp, điều đó chứng tỏ có khả năng rất cao tại điểm ảnh đó đã xảy ra biến động đột ngột phủ bề mặt (Hình 3).

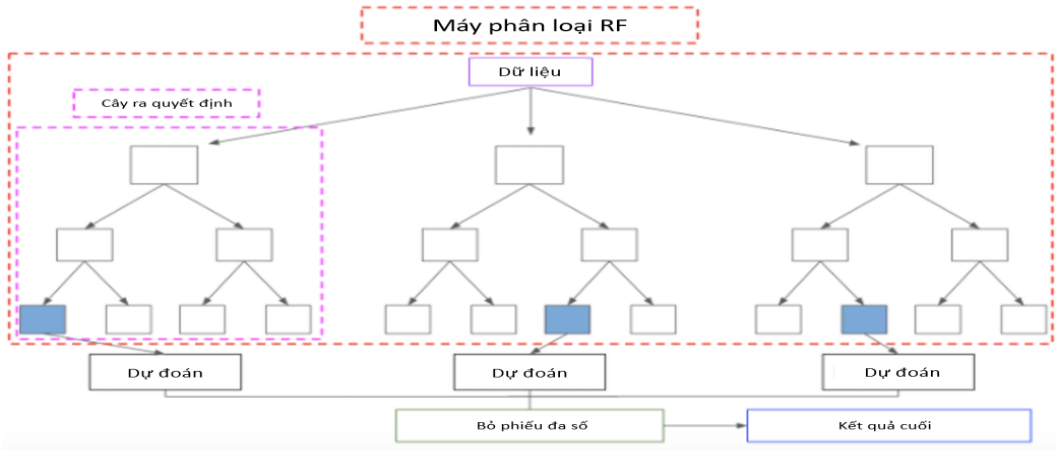



*Hình 3. Diễn đạt sự sai khác về giá trị điểm ảnh trong một chu kì*

Dữ liệu đầu ra của quá trình phát hiện biến động là dữ liệu raster chứa thông tin phân tích biến động và các tham số mô hình phát hiện biến động. Các điểm ảnh có dạng biến động tương tự nhau sẽ được đánh dấu màu sắc giống nhau trong dữ liệu raster phân tích thay đổi. Từ đó, ta xác định được khi nào và bao lâu một điểm ảnh được đánh dấu là có biến động phủ bề mặt. Dữ liệu raster phân tích thay đổi còn chứa các thông tin phổ cần thiết cho phân loại các loại phủ bề mặt. Cuối cùng và quan trọng nhất là dữ liệu raster phân tích thay đổi được sử dụng cùng với kết quả lấy mẫu để thực hiện bước tiếp theo phân loại phủ và lớp biến động.

**4.5 Huấn luyện học máy**

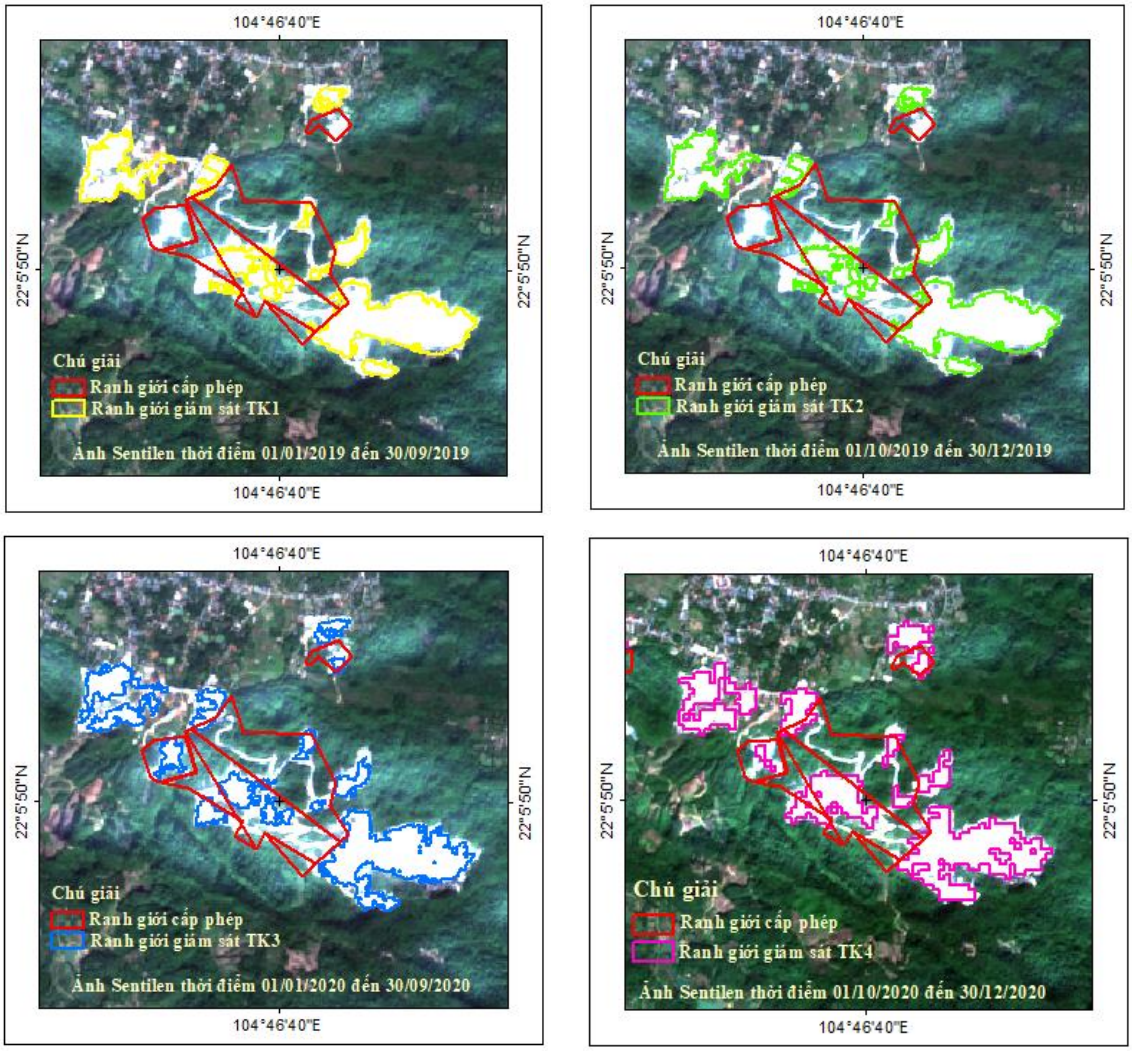
Một trong các thuật toán huấn luyện học máy hay dùng trong viễn thám để phân loại lớp phủ là Random Forest (RF). Phương pháp huấn luyện học máy này sử dụng học tập theo nhóm, là một kỹ thuật kết hợp nhiều ‘máy phân loại’ (classifier) để giải quyết các vấn đề phức tạp. RF chứa đựng nhiều cây ra quyết định (Hình 4). Một rừng cây ra quyết định được sản sinh ra bởi thuật toán RF được huấn luyện thông qua kĩ thuật đóng bao (bagging). Trong lĩnh vực học máy, đóng bao là một thuật toán tổng hợp giúp cải thiện độ chính xác của các thuật toán học máy. Kĩ thuật đóng bao bao gồm việc sử dụng các mẫu dữ liệu khác nhau (dữ liệu huấn luyện) thay vì chỉ một mẫu dữ liệu. Tập dữ liệu huấn luyện bao gồm các quan sát và đặc trưng được sử dụng để đưa ra dự đoán.




*Hình 4: Mô phỏng quá trình huấn luyện của RF*

### 4.6 Phân loại phủ và lớp biến động

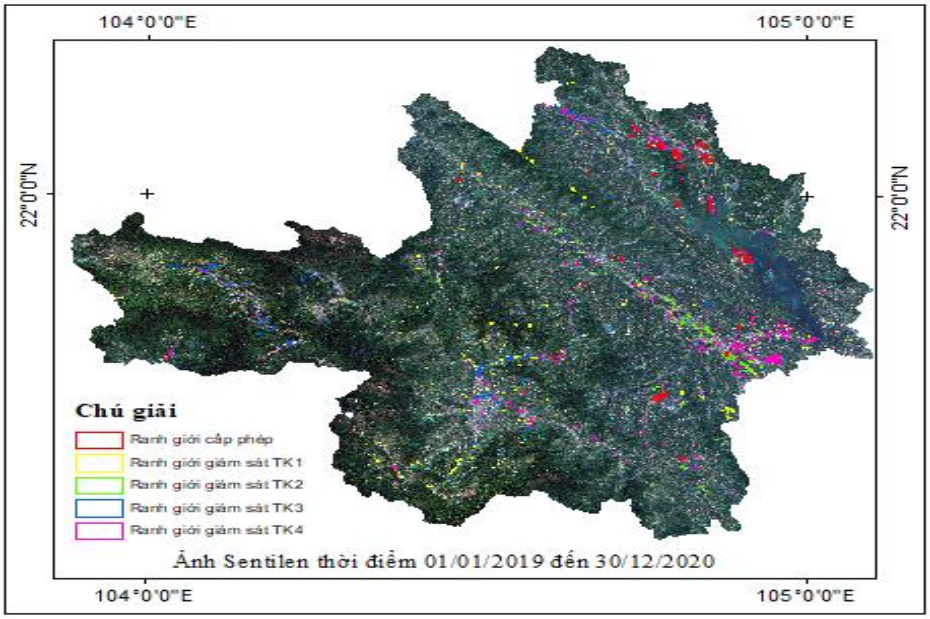
Công đoạn cuối cùng trong phương pháp CCDC là phân loại các lớp phủ và lớp biến động cho tất cả các ảnh trong bộ dữ liệu đa chiều. Dữ liệu raster phân tích thay đổi kết hợp với thông tin phổ được đưa vào mô hình thông tin sẽ cho kết quả phân loại tốt hơn đối với dữ liệu raster chuỗi thời gian.



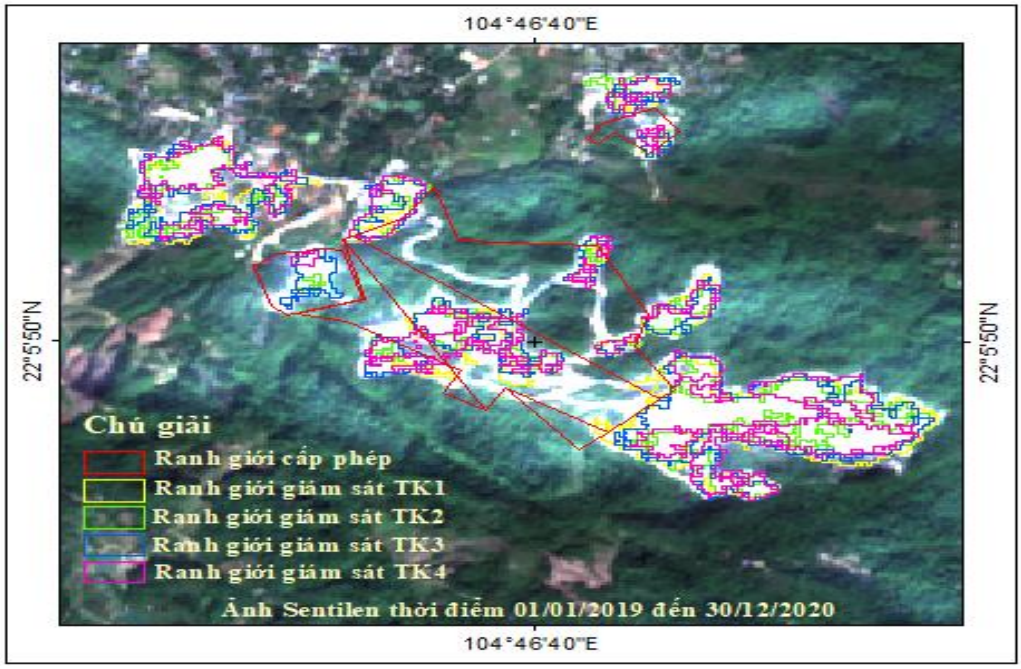

*Hình 5: Phân loại tự động ảnh Sentinel tại khu vực khai thác mỏ đá hoa Cốc Há II, thị trấn Yên Thế, huyện Lục Yên, tỉnh Yên Bái theo 4 thời kỳ giám sát.*

Sau khi hoàn thành việc chuẩn bị dữ liệu, nhóm tác giả sử dụng 80% bộ dữ liệu này để làm tập huấn luyện và 20 % tập dữ liệu làm tập kiểm tra để tạo ra mô hình học máy, mô hình này cũng được gọi là công cụ phân loại (classifier) dựa trên thuật toán phân loại đã lựa chọn từ trước (Hình 5, 6). Để đảm bảo tính phổ quát, dữ liệu kiểm tra không sử dụng trong quá trình xây dựng mô hình.

Cuối cùng tiến hành phân loại các lớp phủ và lớp biến động sử dụng mô hình học máy. Tổng hợp thông tin, kết hợp với kết quả quá trình phân loại để cho ra bản đồ biến động (Hình 7).




*Hình 6. Phân loại tự động xác định dấu hiệu khai thác khoáng sản tỉnh Yên Bái theo ảnh Sentinel 2 chup ngày 201901010 đến 20201230*




*Hình 7: Khai thác mỏ đá hoa Bản nghè II chồng ghép 4 thời kỳ*

Kết quả của quá trình phân tích và phát hiện biến động khai thác khoáng sản bao gồm cả dạng vector (ví dụ: ranh giới khu vực xảy ra biến động) và cả dạng raster (ví dụ: ảnh đánh dấu vùng khai thác khoáng sản), được lưu trữ vào cơ sở dữ liệu không gian và được tổ chức thành các lớp thông tin.

**4. Kết luận**

Lựa chọn nguồn tư liệu ảnh viễn thám là ảnh Sentinel 2 được cung cấp miễn phí bởi GEE có sẵn từ năm 2011 đến nay đảm bảo đầy đủ bộ dữ liệu chuỗi ảnh viễn thám đa thời gian rất

phù hợp cho các nghiên cứu biến động tại nhiều thời điểm khác nhau.

Nghiên cứu cho thấy độ tin cậy cũng như độ chính xác cao của phương pháp CCDC trong theo dõi và phát hiện các biến động lớp phủ bề mặt.

Thuật toán phân loại Random Forest kết hợp với bộ dữ liệu mẫu thực địa để huấn luyện máy phân loại đối với khu vực có địa hình phức tạp liên quan nhiều đến tác vụ lấy mẫu thực địa cho kết quả phân loại đạt được độ chính xác về cả không gian và thời gian là trên 80%.

Kết quả theo dõi, kiểm soát bằng công nghệ viễn thám là kênh thông tin nhanh chóng, khách quan, chính xác nhằm đưa ra các biện pháp giảm thiểu tối đa những hậu quả của việc khai thác khoáng sản bừa bãi, đưa ra biện pháp bảo vệ môi trường thiên nhiên và môi trường sống.

**Tài liệu tham khảo**

1. Lại Hồng Thanh, Phạm Ngọc Chi, Phạm Khắc Mạnh, Hoàng Cao Phương, guyễn Đức Thu, Lê Đỗ Trí, Lương Thế Việt (2014), *Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn đề xuất cơ chế nâng cao hiệu quả quản trị tài nguyên khoáng sản*, Báo cáo đề tài KHCN, Bộ TNMT.

2. Trang thông tin điện tử tỉnh Yên Bái.

3. Vũ Đình Thảo, (2010), *Nghiên cứu công nghệ viễn thám trong việc giám sát môi trường sinh thái tại các khu vực khai thác mỏ lộ thiên*, Báo cáo đề tài KHCN, Bộ TNMT

4. Paulo Arévalo, Eric L. Bullock, Curtis E. Woodcock and Pontus Olofsson (2020). *A Suite of Tools for Continuous Land Change Monitoring in Google Earth Engine*. Frontier in Climate. doi.org/10.3389/fclim.2020.576740.

5. Tibshirani, R. "*Regression Shrinkage and Selection via the Lasso*" Journal of the Royal Statistical Society. Series B, Vol. 58, No. 1, 1996, pp. 267-288.

6. Zhu, Zhe, and Curtis. E. Woodcock "*Continuous change detection and classification of land cover using all available Landsat data*" Remote Sensing of Environment 144 (2014) 152-171.

7. Zhu, Zhe, Junxue Zhang, Zhiqiang Yang, Amal H. Aljaddani, Warren B. Cohen, Shi Qiu, and Congliang Zhou. "*Continuous monitoring of land disturbance based on Landsat time series*" Remote Sensing of Environment 238 (2020): 111116.

8. Zhu, Z., and Woodcock, C. E. (2014). *Automated cloud, cloud shadow, and snow detection in multitemporal landsat data: an algorithm designed specifically for monitoring land cover change*. Remote Sens. Environ. 152, 217-234. doi: 10.1016/j.rse.2014.06.012.

9. Zou, H., and T. Hastie. "*Regularization and Variable Selection via the Elastic Net*" Journal of the Royal Statistical Society. Series B, Vol. 67, No. 2, 2005, pp. 301-320.

10. Lili Lin, Zhenbang Hao, Christopher J. Post, Elena A. Mikhailova, Kunyong Yu, Liuqing Yang and Jian Liu. "*Monitoring Land Cover Change on a Rapidly Urbanizing Island Using Google Earth Engine*", 2020.

# ABSTRACT

## DETERMINATION SIGNS OF MINERAL MINING IN YEN BAI PROVINCE FROM SENTINEL SATELLITE IMAGERY

**Le Minh Hue[1], Vu Thi Thanh Hien[1], Nguyen Thi Phuong Bac[1], Tran Truong Giang[1], Do Thi Phuong Thao[2,*], Trinh Thi Thu[3]**

[1] *National Remote Sensing Station*

[2] *Hanoi University of Mining and Geology*

[3] *Survey and Aerial Mapping One Member Limited Liability Company*

[*] *Corresponding author: dothiphuongthao@humg.edu.vn*

In Yen Bai province, there are about 21 different types of minerals, mainly concentrated in highland areas of districts. However, there are currently about 130 mining that has been granted licenses that have expired but illegal mining continues. Many protections plan to prevent illegal mineral exploitation have been issued, including the application of science and technology such as the use of remote sensing images to monitor the status of mineral exploitation. This paper presents the results of using the Change detection and classification (CCDC) method to monitor the fluctuations of the surface mantle using dense time series of satellite imagery. The method consists of two parts, the first part tracks and detects the changes of the surface, the second classifies the coating on the satellite images during the tracking period to visualize those changes. The dense time series satellite image data source is provided by Google Earth Engine (GEE) cloud platform. The integrated Random Forest machine learning algorithm on the GEE platform is used to classify the overlay for an overall accuracy of 87%.

*Keywords:* Sentinel, Mineral mining, Automatic classification, Yen Bai.

# CÔNG TÁC TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ TRONG CÔNG NGHỆ MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI CÓ ĐỊNH VỊ TÂM CHỤP CHÍNH XÁC

**Trần Trung Anh[1], Quách Mạnh Tuấn[2],**
**Nguyễn Trung Hiếu[3], Đặng Thanh Tài[3]**
*[1]Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*[2]Công ty CP Xây dựng và Thương mại QT Miền Bắc*
*[3]Công ty TNHH MTV Trắc địa - Bản đồ*
*Tác giả liên hệ: trantrunganh@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày thuật toán về công tác tính đổi và tính chuyển tọa độ trong công nghệ máy bay không người lái có định vị tâm chụp chính xác. Quá trình tính chuyển được dành cho tọa độ của trạm cơ sở trong công nghệ chụp ảnh không người lái UAV. Nghiên cứu các bước tính chuyển từ hệ tọa độ phẳng VN2000 sang hệ tọa độ địa lý quốc tế WGS84 và ngược lại. Bài báo cũng đưa ra một quy trình tính chuyển tọa độ dành riêng cho công nghệ bay chụp UAV, kết quả là sự đồng bộ nhất quán trong số liệu đo giữa 2 hệ tọa độ VN2000 và WGS84. Các thuật toán thông qua các công thức chính xác có thể làm cơ sở để phát triển phần mềm trên di động hoặc trên máy tính để bàn trợ giúp cho công tác xử lý ảnh UAV được nhanh chóng, đồng bộ, tránh sai sót về cơ sở toán học của sản phẩm từ UAV.

**Từ khóa:** UAV, tính đổi tọa độ, tính chuyển hệ tọa độ, VN2000, WGS84.

## 1. Đặt vấn đề

Trong công nghệ chụp ảnh bằng máy bay không người lái phục vụ đo vẽ bản đồ, vấn đề định vị tâm chụp chính xác được nhiều nhà khoa học và các đơn vị tư vấn quan tâm. Để định vị tâm chụp chính xác cho máy bay không người lái, có 2 giải pháp là đo động thời gian tức thời (RTK - Real Time Kinematic) và đo động xử lý sau (PPK - Post Processing Kinematic). Cả 2 công nghệ này đều liên quan đến bài toán tính chuyển tọa độ. Khi bay chụp trên thực địa, các máy bay không người lái thường được thiết kế để hoạt động trong hệ tọa độ địa lý quốc tế WGS84. Do vậy, trạm cơ sở trong giải pháp RTK hay PPK đều phải xác định rõ trong hệ WGS84 nhưng đồng thời cũng phải được xác định tọa độ phẳng VN2000 và độ cao quốc gia chính xác. Khi bay chụp theo bề mặt địa hình chênh cao lớn có sự tham gia của mô hình số độ cao thì mô hình này cũng cần tính chuyển về hệ quy chiếu quốc tế. Đối với người dùng thì sử dụng hệ quy chiếu quốc gia là quen thuộc và dễ quản lý hơn. Do vậy, vấn đề đặt ra là công tác tính chuyển tọa độ trạm cơ sở và mô hình số cần được xác định rõ ràng, để tránh những nhầm lẫn đáng tiếc. Nghiên cứu này chỉ ra những thuật toán giúp tính chuyển và quy trình tính chuyển tọa độ, để đồng bộ hóa dữ liệu khi tiến hành bay chụp UAV trên thực địa, cũng như xử lý trong phòng.

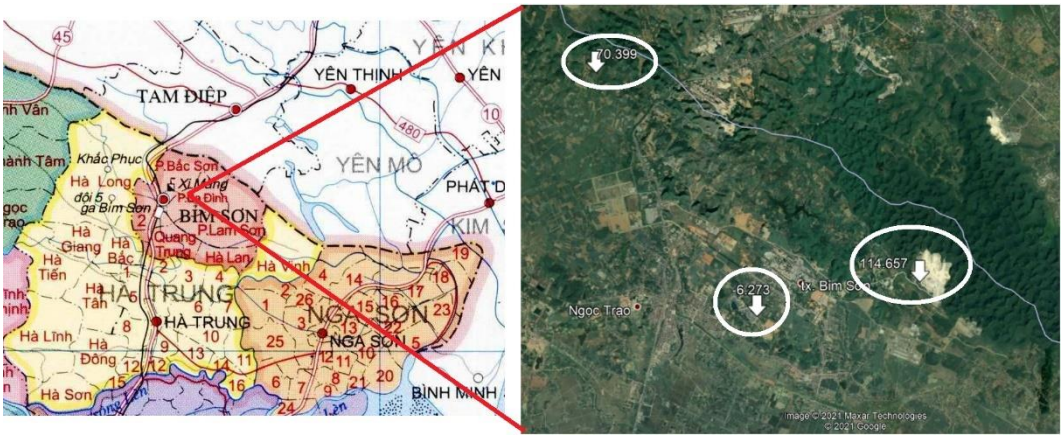
## 2. Phương pháp nghiên cứu

### *2.1. Khu vực nghiên cứu*

Khu vực nghiên cứu thuộc địa bàn thị xã Bỉm Sơn, tỉnh Thanh Hóa. Thị xã Bỉm Sơn nằm ở phía bắc tỉnh Thanh Hoá, có vị trí địa lý: Phía đông giáp huyện Yên Mô, phía bắc giáp thành phố Tam Điệp, tỉnh Ninh Bình, phía nam giáp huyện Nga Sơn, các phía còn lại giáp huyện Hà Trung. Thị xã Bỉm Sơn nằm ở toạ độ 20°18’ - 20°20’ vĩ độ Bắc và 105°55’ - 106°05’ kinh độ Đông, Bỉm Sơn cách thủ đô Hà Nội 120 km về phía nam, cách thành phố Thanh Hóa 34 km về phía bắc, nằm trên mạng lưới giao thông vận tải thuận lợi với tuyến đường sắt Bắc - Nam, quốc lộ 1A chạy qua, tạo nên mối giao thương rộng lớn với các tỉnh trong vùng và các trung tâm kinh tế lớn của cả nước.

Tài nguyên khoáng sản của Bỉm Sơn có khoáng sản chủ yếu là đá vôi, đá sét. Trong đó: Đá vôi mỏ Yên Duyên: 3.000 triệu tấn, diện tích phân bố: 1000 ha; Đá phiến sét mỏ Cổ Đam, trữ lượng 60 triệu tấn, diện tích phân bố: 200 ha; Sét xi măng (mỏ Tam Diên) trữ lượng 240 triệu tấn, diện tích phân bố: 200 ha; Đất san lấp (Thung Cớn) trữ lượng: 3,5 triệu tấn, diện tích: 100 ha; Hai mỏ sét để sản xuất gạch ngói tại phường Đông Sơn trữ lượng 19 triệu tấn, diện tích 30 ha.

Khu vực chụp ảnh thực nghiệm là khu vực mỏ Cổ Đam, Yên Duyên, Quyền Cây.

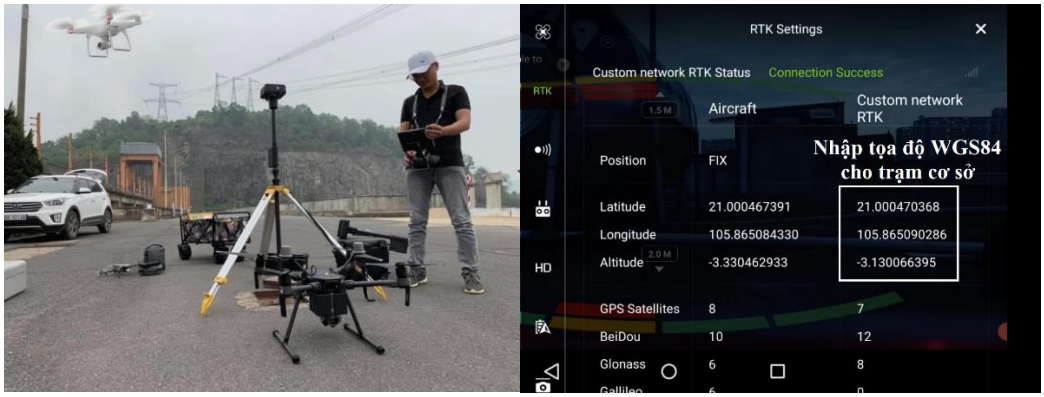



*Hình 1. Các vị trí thực nghiệm bay chụp ảnh UAV, thị xã Bỉm Sơn, Thanh Hóa*

Trong khu vực nghiên cứu, việc bay chụp được tiến hành với máy bay không người lái Phantom 4RTK, phương pháp bay được lựa chọn là RTK. Các trạm cơ sở đều được truyền tọa độ trong hệ quốc gia VN2000, kinh tuyến trục $105^0 00’$, múi chiếu $3^0$, hệ độ cao Hòn Dấu, Hải Phòng.

### *2.2. Thu thập số liệu*

Số liệu ở khu vực nghiên cứu được thu thập gồm có: tọa độ trạm cơ sở được dẫn truyền tọa độ quốc gia, chiều cao của đầu thu trạm cơ sở so với mặt mốc, tư liệu bay chụp ảnh được định vị tọa độ tâm chụp theo phương pháp RTK và các số liệu đo RTK mặt đất ở các điểm kiểm tra.




*Hình 2. Công tác bay chụp ảnh và cài đặt tọa độ (ảnh Quách Mạnh Tuấn)*

Trong khu vực nghiên cứu có 3 vị trí tiến hành bay chụp, các thông số về dữ liệu chính của 3 khu vực này được trình bày trong bảng 1.

*Bảng 1. Số liệu thu thập được ở khu vực thực nghiệm*

| Vị trí | Tọa độ trạm cơ sở | Cao máy trạm cơ sở | Tư liệu chụp ảnh máy bay không người lái | Số liệu đo đạc thực địa |
|---|---|---|---|---|
| Cổ Đam | x=2221509.066m<br>y=591575.836m<br>h=14.781m<br>H=16.581m | 1.80m | Số ảnh: 506<br>GSD: 3.58cm<br>H: 147m<br>Diện tích: 1.03km$^2$ | RTK các điểm kiểm tra |
| Yên Duyên | x=2222373.588m<br>y=595532.212m<br>h=135.604m<br>H=137.404m | 1.80m | Số ảnh: 647<br>GSD: 4.89cm<br>H: 198m<br>Diện tích: 0.87km$^2$ | RTK các điểm kiểm tra |
| Quyền Cây | x=2227374.746m<br>y=587648.403m<br>h=91.675m<br>H=93.475m | 1.80m | Số ảnh: 427<br>GSD: 3.97cm<br>H: 162m<br>Diện tích: 0.46km$^2$ | RTK các điểm kiểm tra |

### *2.3. Giải pháp kỹ thuật*

Mục tiêu của việc bay chụp là xác định được hình dáng của khu đo. Muốn vậy, độ cao của điểm khống chế (base), độ cao tâm chụp cần phải xác định trong hệ độ cao Nhà nước. Khi bay chụp, cần phải nhập toạ độ của điểm trạm cơ sở tính trong hệ toạ độWGS84 vào điều khiển UAV. Để đơn giản hoá việc tính chuyển toạ độ mà vẫn đảm bảo xác định được độ cao trong hệ độ cao Nhà nước coi độ cao thủy chuẩn của trạm cơ sở là độ cao trắc địa từ đó sẽ xác định được toạ độ của trạm cơ sở trong hệ toạ độ wgs84 với việc sử dụng 7 tham số tính chuyển được công bố bởi Bộ TNMT [3]. Thuật toán tính đổi tọa độ, tính chuyển tọa độ được trình bày dưới đây.

Các thông số của Elipsoid quy chiếu WGS84 được dùng trong tính chuyển gồm:

Bán trục lớn: a=6378137m;

Độ lệch tâm thứ nhất: $e^2$=0.00669437999013;

Độ dẹt: $a_f$=1/298.257223563;

Độ lệch tâm thứ 2 được tính: $e'^2 = \frac{e^2}{1-e^2}$

Tính đổi tọa độ phẳng x, y sang BL trong cùng hệ quy chiếu:

$$\begin{cases} B = B_1 - \frac{N_1 tgB_1}{R_1}\left[\frac{D^2}{2} - \frac{D^4}{24}\left(5 + 3tg^2B_1 + 10C_1 - 4C_1^2 - 9e'^2\right) + \right. \\ \left. + \frac{D^6\left(61+90tg^2B_1+298C_1+45tg^4B_1-252e'^2-3C_1^2\right)}{720}\right] \\ L = L_0 + secB_1\left[D - \frac{D^3}{6}(1 + 2tg^2B_1 + C_1) + \right. \\ \left. + \frac{D^6}{120}\left(5 - 2C_1 + 28tg^2B_1 - 3C_1^2 + 8e'^2 + 24tg^4B_1\right)\right] \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó:

$L_0$ là kinh tuyến trung ương của múi chiếu;

$$B_1 = m_u + \left(\frac{3a_1}{2} - \frac{27a_1^3}{32}\right)sin2m_u + \left(\frac{21a_1^2}{16} - \frac{55a_1^4}{32}\right)sin4m_u + \frac{151a_1^3 sin6m_u}{96}$$

$$a_1 = \frac{1-\sqrt{1-e^2}}{1+\sqrt{1-e^2}}$$

$$m_u = \frac{x}{k_0} \times \frac{1}{a\left(1 - \frac{1}{4}e^2 - \frac{3}{64}e^4 - \frac{5}{256}e^6\right)}$$

$$N_1 = \frac{a}{\sqrt{1-e^2 sin^2 B_1}}$$

$$C_1 = e'^2 cos^2 B_1$$

$$R_1 = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 sin^2 B_1)^{3/2}}$$

$$D = \frac{y - 500000}{k_0 N_1}$$

Tính đổi BL sang x, y trong cùng hệ quy chiếu:

$$\begin{cases} x = k_0\left[X_B + \frac{l^2}{4}Nsin2B(1 + A_1^x l^2 + A_2^x l^4)\right] \\ y = k_0 lNcosB\left(1 + A_1^y l^2 + A_2^y l^4\right) + 500000 \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó:

$k_0$ là hệ số biến dạng múi chiếu ($k_0$=0,9999 cho múi $3^0$)

$$l = L - L_0;\ \eta = e' cosB;\ \ N = \frac{a}{\sqrt{1-e^2 sin^2 B}}$$

$$A_1^x = \frac{cos^2 B(5 - tg^2 B + 9\eta^2 + 4\eta^4)}{12}$$

$$A_2^x = \frac{cos^4 B(61 - 58tg^2 B + tg^4 B)}{360}$$

$$A_1^y = \frac{cos^2B(1 - tg^2B + \eta^2)}{6}$$

$$A_2^y = \frac{cos^4B(5 - 18tg^2B + tg^4B + 14\eta^2 - 58tg^2B\eta^2)}{120}$$

$X_B$ là chiều dài cung kinh tuyến theo vĩ độ B tính theo công thức:

$$\begin{cases} X_B = a(1-e^2)(A_1B - A_2sin2B + A_3sin4B - \cdots) \\ A_1 = 1 + \frac{3}{4}e^2 + \frac{45}{64}e^4 + \cdots \\ A_2 = \frac{3}{8}e^2 + \frac{15}{32}e^4 + \cdots \\ A_3 = \frac{15}{256}e^4 + \cdots \end{cases} \quad (3)$$

Về lý thuyết độ cao trắc địa H=h+ζ, trong đó ζ là dị thường độ cao được tra cứu từ mô hình Geoid hoặc từ xử lý trọng lực. Tuy nhiên để phục vụ cho tính chuyển trạm cơ sở bay chụp UAV trong 1 phạm vi không lớn (có thể vài chục ha, hoặc vài trăm, đến vài ngàn ha) thì chênh cao thủy chuẩn và chênh cao trắc địa được coi là như nhau (hay bề mặt độ cao Geoid là phẳng), do vậy có thể coi ζ là một hằng số đại diện cho khu đo. Để thống nhất không có sự chênh lệch nên chọn ζ=chiều cao sào máy của trạm cơ sở, cũng dễ dàng chuyển đổi về độ cao thủy chuẩn mặt đất nhờ một hằng số là ζ;

Tính đổi tọa độ địa lý BLH sang tọa độ địa tâm XYZ trong cùng hệ quy chiếu:

$$\begin{cases} X = (N+H)cosBcosL \\ Y = (N+H)cosBsinL \\ Z = [(1-e^2)N + H]sinB \end{cases} \quad (4)$$

Tính đổi tọa độ địa tâm XYZ sang tọa độ địa lý BLH trong cùng hệ quy chiếu:

$$\begin{cases} B = arctan\left[\dfrac{Z(1-a_f) + ae^2sin^3\gamma}{(1-a_f)(\sqrt{X^2+Y^2} - ae^2cos^3\gamma)}\right] \\ L = arctan\left(\dfrac{Y}{X}\right) = \begin{cases} if\ L < 0\ then\ L = L + pi \\ if\ L \geq 2pi\ then\ L = L - 2pi \end{cases} \\ H = cosB\sqrt{X^2+Y^2} + ZsinB - a\sqrt{1 - e^2sin^2B} \end{cases} \quad (5)$$

Trong đó:

$$\gamma = arctan\left[\frac{Z}{\sqrt{X^2+Y^2}}\left(1 - a_f + \frac{ae^2}{\sqrt{X^2+Y^2+Z^2}}\right)\right]$$

Tính chuyển tọa độ địa tâm XYZ từ hệ VN2000 sang WGS84 sử dụng 7 tham số tính chuyển [3]:

$$\begin{cases} \Delta X_0 = -191.90441429\text{m} \\ \Delta Y_0 = -39.30318279\text{m} \\ \Delta Z_0 = -111.45032835\text{m} \\ \omega_0 = -0.00928836" \\ \psi_0 = 0.01975479" \\ \varepsilon_0 = -0.00427372" \\ k = 1.000000252906278 \end{cases} \quad (6)$$

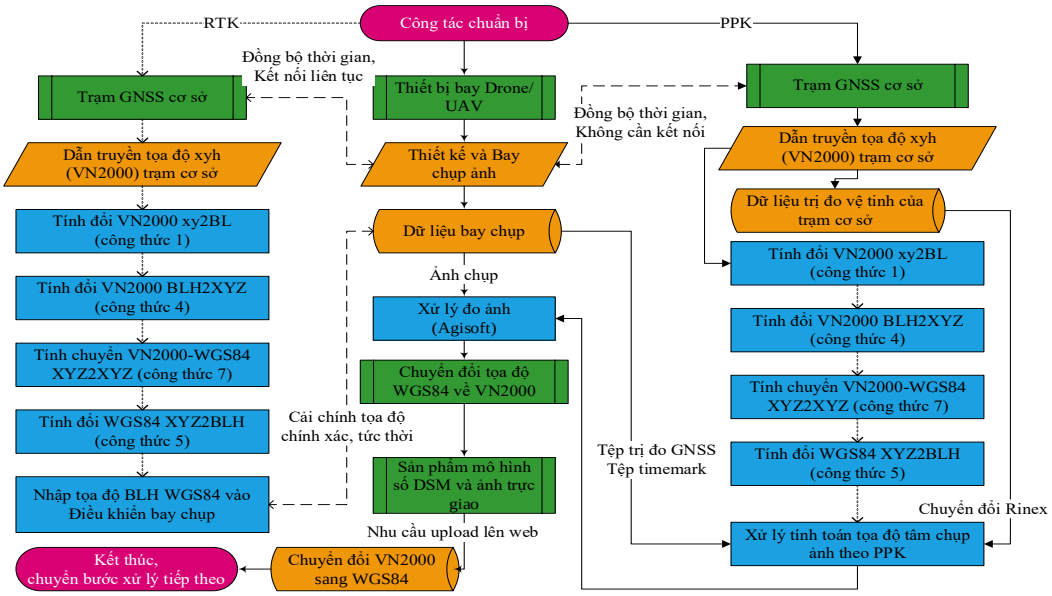
Tính chuyển hệ địa tâm từ VN2000 sang WGS84:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{wgs84} = \begin{bmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{bmatrix} + k \begin{pmatrix} 1 & \varepsilon_0 & -\psi_0 \\ -\varepsilon_0 & 1 & \omega_0 \\ \psi_0 & -\omega_0 & 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{vn2000} \quad (7)$$

Tính chuyển hệ địa tâm từ WGS84 sang VN2000:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{vn2000} = - \begin{bmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{bmatrix} + \frac{1}{k} \begin{pmatrix} 1 & -\varepsilon_0 & \psi_0 \\ \varepsilon_0 & 1 & -\omega_0 \\ -\psi_0 & \omega_0 & 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{wgs84} \quad (8)$$

Trên cơ sở các thuật toán đã trình bày, trong thao tác xử lý chuyển đổi tọa độ được đề xuất trong quy trình công nghệ ở hình 3.



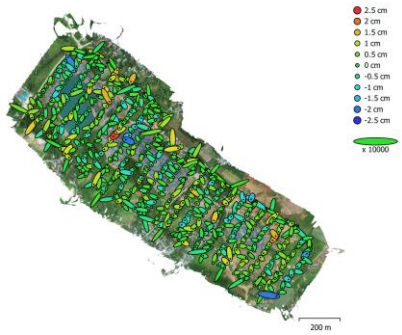
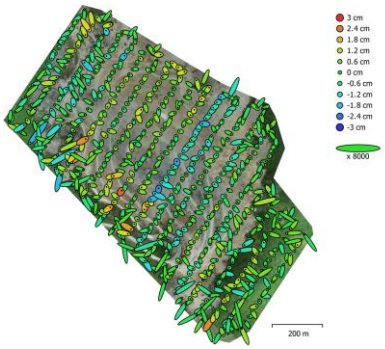
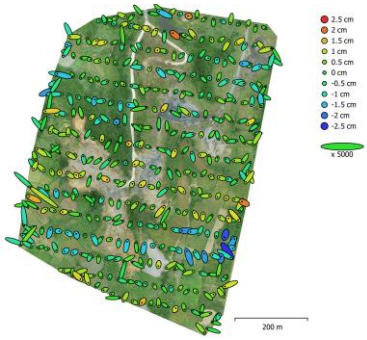

*Hình 3. Quy trình công nghệ tính chuyển tọa độ trong UAV*

## 3. Kết quả và thảo luận

### *3.1. Kết quả*

Tại thực địa, số liệu tính chuyển trạm cơ sở được trình bày trong bảng 2. Sau khi bay chụp, tất cả các ảnh chụp của khối đều được định vị chính xác trong hệ WGS84 và chuyển đổi đồng bộ thống nhất về VN2000 trong quá trình xử lý ảnh. Khối ảnh được xử lý trên phần mềm Agisoft [1], được kiểm tra kỹ lưỡng đạt yêu cầu độ chính xác cho thành lập bản đồ tỷ lệ lớn. Độ chính xác đạt được của 3 khối ảnh Cổ Đam, Yên Duyên, Quyền Cây sau bình sai đạt sai số trung phương trung bình đều nhỏ hơn 1cm. Các số liệu kiểm tra độ chính xác vị trí điểm rõ nét trên thực địa đều nằm trong giới hạn cho phép.

*Bảng 2. Thành quả bình đồ ảnh UAV và kết quả tính chuyển trạm cơ sở*

| **Bình đồ ảnh và vị trí tâm ảnh** | **Tọa độ trạm cơ sở** | |
|---|---|---|
| | **VN2000-WGS84** | **WGS84-VN2000 Kiểm tra** |
| Cổ Đam  | **VN2000**<br>x=2221509.066m<br>y=591575.836m<br>h=14.781m<br>H=16.581m<br>**Tính chuyển WGS84**<br>B=20.08143334$^0$<br>L=105.87748098$^0$<br>H= -6.273m | **WGS84**<br>B=20.08143334$^0$<br>L=105.87748098$^0$<br>H= -6.273m<br>**Tính chuyển VN2000**<br>x=2221509.066m<br>y=591575.836m<br>H=16.581m |
| Yên Duyên  | **VN2000**<br>x=2222373.588m<br>y=595532.212m<br>h=135.604m<br>H=137.404m<br>**Tính chuyển WGS84**<br>B=20.08905039$^0$<br>L=105.91535190$^0$<br>H=114.657m | **WGS84**<br>B=20.08905039$^0$<br>L=105.91535190$^0$<br>H=114.657m<br>**Tính chuyển VN2000**<br>x=2222373.588m<br>y=595532.212m<br>H=137.404m |
| Quyền Cây  | **VN2000**<br>x=2227374.746m<br>y=587648.403m<br>h=91.675m<br>H=93.475m<br>**Tính chuyển WGS84**<br>B=20.13460021$^0$<br>L=105.84021442$^0$<br>H= 70.400m | **WGS84**<br>B=20.13460021$^0$<br>L=105.84021442$^0$<br>H= 70.400m<br>**Tính chuyển VN2000**<br>x=2227374.746m<br>y=587648.403m<br>H=93.475m |

Để kiểm chứng độ chính xác tính đổi, tính chuyển hệ tọa độ, 3 tọa độ trạm cơ sở được tính độc lập, tính xuôi từ VN2000 sang WGS84 và tính ngược từ WGS84 về VN2000 theo các công thức đã trình bày. Kết quả của các lần tính độc lập nhau, đều cho kết quả trùng khít, không có sai số. Số liệu được trình bày trong bảng 3.

*Bảng 3. Số liệu tính đổi, tính chuyển tọa độ cho các trạm cơ sở ở khu thực nghiệm*

| **Tính xuôi từ trên xuống** | **Cổ Đam** | **Yên Duyên** | **Quyền Cây** | **Tính ngược từ dưới lên** |
|---|---|---|---|---|
| *VN2000: xyh* | 2221509.066 | 2222373.588 | 2227374.746 | *Bước 4* |
| *Số liệu vào* | 591575.836 | 595532.212 | 587648.403 | *VN2000: xy* |
| | 14.781 | 135.604 | 91.675 | *(công thức 2)* |
| *Bước 1* | 20.08242348 | 20.09004089 | 20.13558973 | *Bước 3* |
| *VN2000:BLH* | 105.87561003 | 105.91348099 | 105.83834277 | *VN2000:BLH* |
| *(công thức 1)* | 16.581 | 137.404 | 93.475 | *(công thức 5)* |
| *Bước 2* | -1639308.685 | -1643069.978 | -1635026.544 | *Bước 2* |
| *VN2000:XYZ* | 5764149.510 | 5762895.320 | 5763337.247 | *VN2000:XYZ* |
| *(công thức 4)* | 2176274.624 | 2177108.124 | 2181828.115 | *(công thức 8)* |
| *Bước 3* | -1639501.332 | -1643262.626 | -1635219.190 | *Bước 1* |
| *WGS84:XYZ* | 5764111.532 | 5762857.342 | 5763299.269 | *WGS84:XYZ* |
| *(công thức 7)* | 2176163.827 | 2176997.327 | 2181717.320 | *(công thức 4)* |
| *Bước 4* | 20.08143334 | 20.08905039 | 20.13460021 | *WGS84:BLH* |
| *WGS84:BLH* | 105.87748098 | 105.91535190 | 105.84021442 | *Số liệu vào* |
| *(công thức 5)* | -6.273 | 114.657 | 70.400 | |

### *3.2. Thảo luận*

Với kết quả của tọa độ trạm base được tính chuyển thống nhất làm cơ sở toán học cho việc xác định tọa độ tâm ảnh chính xác, đồng bộ với số liệu đo mặt đất. Công tác tính chuyển tọa độ này giúp cho giảm thiểu tính toán lại cho các tâm chụp (dịch chuyển theo 3 chiều). Các công thức đã trình bày được kiểm chứng chính xác, độc lập cho độ chuẩn xác cao.

## 4. Kết luận

Công tác tính chuyển tọa độ trạm cơ sở giúp đồng bộ hóa trị đo mặt đất và tọa độ định vị tâm chụp ảnh, giúp giảm thiểu quá trình tính toán trong phòng nhất là phương pháp bay RTK cho UAV, còn giúp cho phương pháp xử lý PPK cũng được thống nhất. Các thuật toán thông qua các công thức đã trình bày là chính xác, quy trình công nghệ trình bày ở hình 3 giúp cho người dùng chủ động trong công tác xử lý tính chuyển tọa độ được chính xác, và là cơ sở để phát triển ứng dụng trên di động và máy tính để bàn, trợ giúp cho công tác bay chụp UAV với mục đích thành lập bản đồ độ chính xác cao.

Khuyến nghị các đơn vị có thể nghiên cứu để xây dựng ứng dụng tính chuyển tọa độ dành riêng cho công tác bay chụp UAV và các sản phẩm từ công nghệ này, giúp đẩy nhanh quá trình số hóa độ chính xác cao trong thời đại công nghiệp 4.0.

**Tài liệu tham khảo**

1. Agisoft LLC, 2018. *Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 1.5*. Available at: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_en.pdf. Accessed 18 July 2020.
2. Dji, 2020. Phantom 4 RTK User Manual ver 2.2.
3. Quyết định số 05/2007/QĐ-BTNMT ngày 27/02/2007 của Bộ Tài nguyên và Môi trường về sử dụng hệ thống tham số tính chuyển giữa hệ tọa độ quốc tế WGS84 và Hệ tọa độ quốc gia VN2000.
4. US Army Corps of Engineers (1996), Handbook for Transformation of Datums, Projection, Grid and Common Coordinate System.
5. Trần Trung Anh, Quách Mạnh Tuấn, 2020. *Phân tích lựa chọn chế độ định vị tâm chụp chính xác của máy bay không người lái trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn*, Hội nghị toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2020).

## ABSTRACT

## COORDINATE AND DATUM TRANSFORMATIONS IN THE RTK DRONES

**Tran Trung Anh[1], Quach Manh Tuan[2] Nguyen Trung Hieu[3], Dang Thanh Tai[3]**
*[1]Hanoi University of Mining and Geology*
*[2]Northern QT Construction and Trade Joint Stock Company*
*[3]Survey and Aerial Mapping One Member Limited Liability Company*
*Corresponding author: trantrunganh@humg.edu.vn*

The paper presents the algorithm on conversion and coordinate and datum transformation in the RTK drones. The calculation workflow serves to calculate the coordinates of the base station in the RTK drones, which studies the steps to convert from the VN2000 coordinate system to the WGS84 international geographic coordinate system and vice versa. The article also provides a technical procedure for calculating coordinate transformation for the UAV flight technology, resulting in consistent synchronization in the measurement data between the two coordinate systems VN2000 and WGS84. Algorithm through determined formulas can serve as the basis for software development on mobile or desktop computers, helping to quickly and synchronously process UAV images, avoiding the errors about the mathematical basis of the product from the UAV.

*Keyword:* UAV, coordinate transformation, datum transformation, VN2000, WGS84.

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG GIS VÀ NGÔN NGỮ LẬP TRÌNH PYTHON TRONG XÂY DỰNG BẢN ĐỒ DU LỊCH TRỰC TUYẾN QUẬN HOÀN KIẾM - HÀ NỘI

**Hà Trung Khiên, Hà Thị Hằng, Vũ Thái Hà**
*Trường Đại học Xây Dựng Hà Nội*
*Tác giả liên hệ: hanght@nuce.edu.vn*

**Tóm tắt:** Bài báo này trình bày kết quả ứng dụng GIS và ngôn ngữ lập trình Python trong việc xây dựng bản đồ du lịch trực tuyến quận Hoàn Kiếm - TP Hà Nội với nhiều ưu điểm: dễ dàng truy cập trên nhiều thiết bị truyền thông, cung cấp các thông tin cần thiết liên quan đến du lịch (vị trí Hồ Gươm, khách sạn, …); giao diện trang web có thể được thiết kế dễ dàng và không giới hạn thời gian sử dụng, chi phí thấp. Trong đó, dữ liệu đầu vào của nghiên cứu này bao gồm bản đồ hành chính quận Hoàn Kiếm - Hà Nội tỷ lệ 1: 10000; tọa độ của các điểm du lịch được thu thập bằng máy thu GPS.

**Từ khóa:** GIS, Python, Bản đồ du lịch trực tuyến, Quận Hoàn Kiếm.

## 1. Đặt vấn đề

Cùng với sự bùng nổ về công nghệ của Internet, GIS (Geography Information System) cũng đã phát triển công nghệ cho phép chia sẻ thông tin thông qua mạng toàn cầu bằng cách kết hợp GIS và Web. Bên cạnh đó, xu hướng chia sẻ dữ liệu, phát triển phần mềm trên công nghệ mã nguồn mở cũng được quan tâm ở các nước đang phát triển vì nhiều lợi ích mà nó mang lại, chính vì vậy, đã có nhiều nghiên cứu ứng dụng công nghệ WebGIS phục vụ cho du lịch (Trần Quốc Vương, 2006; Stacy Kathleen Supak et al., 2013; Nguyễn Mạnh Hà, 2015). Với việc sử dụng phần mềm mã nguồn mở không chỉ giảm thiểu chi phí mà còn cho phép người sử dụng có thể dễ dàng hình dung, hay truy cập rộng rãi. Ứng dụng này đặc biệt hiệu quả khi thực hiện các chiến lược tiếp thị, quảng bá du lịch và cung cấp thông tin du lịch tới người dùng. Hầu hết các nghiên cứu này đều đánh giá tiềm năng lợi thế của ngành du lịch, xây dựng và tổ chức được một cơ sở dữ liệu đầy đủ về các tài nguyên du lịch, trên cơ sở đó, chia sẻ thông tin trên mạng để phục vụ tra cứu, quảng bá và phát triển du lịch. Biết được các thông tin chính xác về các điểm du lịch định đến là điều vô cùng quan trọng đối với các du khách nước ngoài, đặc biệt là những du khách du lịch tự túc. Chính vì vậy, nhiều nghiên cứu đề xuất giải pháp xây dựng hệ thống thông tin du lịch bằng cách sử dụng Google Maps với công nghệ Web GIS. Dựa trên nền tảng Java 2 Platform Enterprise Edition (J2EE), áp dụng các công nghệ API Google Maps, Ajax, JSON, … (Yimeng Wu et al, 2012). đã triển khai và xây dựng được một hệ thống thông tin du lịch mở, khi sử dụng hệ thống này, du khách có thể tra cứu, tìm kiếm các thông tin chính xác, hỗ trợ cho các chuyến du lịch của mình (Yimeng Wu et al., 2013). Bên cạnh đó, việc xác định thời gian di chuyển giữa điểm đi và điểm đến, lựa chọn phương tiện giao thông di chuyển

phù hợp cũng rất quan trọng đối với những du khách hạn chế về kinh phí, chính vì vậy, trong nghiên cứu của Fahui Wang and Yanqing Xu, nhằm thực hiện nhiệm vụ phân tích thời gian di chuyển giữa các điểm xuất phát và các điểm đến khác nhau bằng cách sử dụng ma trận thời gian di chuyển O-D. Nghiên cứu này đã phát triển một công cụ trên máy tính để bàn để thực hiện nhiệm vụ này bằng cách can thiệp vào giao diện chương trình ứng dụng Google Maps, trên cơ sở đó, có thể khai thác các phương tiện giao thông hợp lí, xác định được tuyến đường đi cũng như thời gian di chuyển. Kết quả xác định thời gian di chuyển giữa các điểm của nghiên cứu này cũng được kiểm chứng bởi modul ArcGIS Network Analyst (Fahui Wang and Yanqing Xu, 2011). Việc xác định bối cảnh, vị trí địa lý trên các bản đồ du lịch rất cần thiết đối với các hướng dẫn viên du lịch, do đó, Nikolay Teslya đã thực hiện nghiên cứu cung cấp, phân tích về các hệ thống lập bản đồ web hiện có như Google, Microsoft, Yandex và mô tả việc triển khai dịch vụ lập bản đồ web miễn phí cho hướng dẫn viên du lịch dựa trên các nền tảng OpenStreetMap, Leaflet, PostGIS, pgRouting và Nominatim. Nghiên cứu này cung cấp bản đồ web miễn phí cho hướng dẫn viên du lịch, trong đó, gồm có hiển thị bản đồ, nhận biết bối cảnh để hỗ trợ du khách, định tuyến đường di chuyển, cung cấp vị trí địa lý tại điểm đang đứng,… (Nikolay Teslya, 2014).

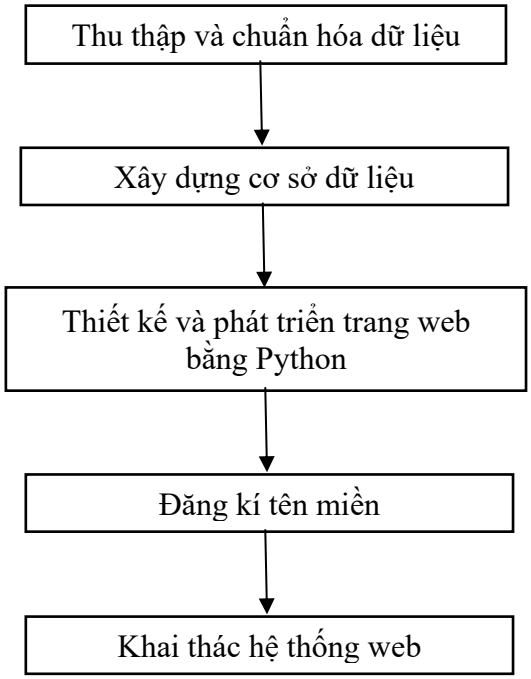
Nhìn chung, bằng cách sử dụng mạng Internet để truy cập thông tin qua web, công nghệ WebGIS có thể giúp người dùng chia sẻ dữ liệu trên phạm vi toàn cầu, dễ sử dụng, do đó, số lượng người dùng lớn, chi phí thấp. Bên cạnh đó, công nghệ WebGIS cũng còn tồn tại những vấn đề khá lớn, đó là bản quyền phần mềm tương đối đắt, không gian màn hình bị hạn chế, các tính năng cho người dùng khai thác chưa có nhiều. Trong khi đó, Python là một ngôn ngữ lập trình bậc cao cho các mục đích lập trình đa năng, do Guido van Rossum tạo ra và lần đầu ra mắt vào năm 1991 (Matt Huenerfauth et al., 2009). Python được phát triển trong một dự án mã mở, do tổ chức phi lợi nhuận Python Software Foundation quản lý. Python được thiết kế với ưu điểm mạnh là dễ đọc, dễ học và dễ nhớ. Python là ngôn ngữ có hình thức rất sáng sủa, cấu trúc rõ ràng, thuận tiện cho người mới học lập trình. Cấu trúc của Python còn cho phép người sử dụng viết mã lệnh với số lần gõ phím tối thiểu. Python có cấu trúc dữ liệu cấp cao mạnh mẽ và cách tiếp cận đơn giản nhưng hiệu quả đối với lập trình hướng đối tượng. Cú pháp lệnh của Python là điểm cộng vô cùng lớn vì sự rõ ràng, dễ hiểu và cách gõ linh động làm cho nó nhanh chóng trở thành một ngôn ngữ lý tưởng để viết script và phát triển ứng dụng trong nhiều lĩnh vực, ở hầu hết các nền tảng.

Nhằm khai thác thế mạnh của ngôn ngữ lập trình Python cũng như khắc phục một số nhược điểm của công nghệ WebGIS, bài báo này trình bày kết quả ứng dụng công nghệ GIS và ngôn ngữ lập trình Python trong xây dựng bản đồ du lịch trực tuyến quận Hoàn Kiếm - Thành phố Hà Nội với rất nhiều ưu điểm: truy cập dễ dàng trên nhiều thiết bị truyền thông, đa nền tảng; cung cấp đầy đủ các thông tin cần thiết liên quan đến địa điểm du lịch, khách sạn, ăn uống,…; giao diện có thể thiết kế dễ dàng và không bị giới hạn thời gian sử dụng; chi phí thấp. Trong đó, các nguồn dữ liệu đầu vào được sử dụng trong nghiên cứu bao gồm: bản đồ hành chính quận Hoàn

Kiếm - Hà Nội tỷ lệ 1:10000; tọa độ các điểm du lịch, thăm quan, khách sạn, ăn uống, … được thu thập bằng công nghệ định vị GPS.

**2. Quy trình nghiên cứu**

Quy trình nghiên cứu trong bài báo được tiến hành theo các bước sau:




*Hình 1. Quy trình ứng dụng GIS và ngôn ngữ Python trong xây dựng bản đồ du lịch trực tuyến quận Hoàn Kiếm - Thành phố Hà Nội.*

***a. Thu thập dữ liệu:***

- Nhóm dữ liệu về danh lam thắng cảnh (Tên địa danh; Loại công trình; Vị trí địa danh; Mô tả đặc điểm).

- Nhóm dữ liệu về dịch vụ giải trí (Tên địa danh; Loại dịch vụ; Số điện thoại liên hệ; Vị trí địa danh; Mô tả đặc điểm).

- Nhóm dữ liệu về khách sạn, nhà hàng (Tên địa danh; Loại dịch vụ; Số điện thoại liên hệ; Vị trí dịch vụ; Mô tả đặc điểm).

- Nhóm dữ liệu về dịch vụ cứu hộ (Tên địa danh; Loại dịch vụ; Số điện thoại liên hệ; Vị trí dịch vụ; Mô tả đặc điểm).

Vị trí địa lý của các địa chỉ này được định vị bằng cách sử dụng máy thu tín hiệu GPS Trimble R8S, 2 tần có độ chính xác cao. Còn các thông tin thuộc tính liên quan đến các đối tượng được thu thập trực tiếp ngoài thực địa bằng phần mềm Survey123, phỏng vấn người dân, tham khảo các tư liệu lịch sử,…

***b. Xây dựng cơ sở dữ liệu du lịch quận Hoàn Kiếm trong phần mềm ArcGIS 10.5:***

Theo Thông tư số 10/2013/TT-BTNMT của Bộ Tài nguyên và Môi trường, yêu cầu về mức độ chi tiết nội dung cơ sở dữ liệu nền địa lý, độ chính xác không gian, độ chính xác thời gian cần tùy thuộc vào từng đối tượng hành chính, dữ liệu nền địa lý sử dụng có thể là tỷ lệ 1/2000, 1/5000

đối với đơn vị hành chính cấp xã; 1/10.000, 1/25.000 đối với đơn vị hành chính cấp huyện và 1/50.000 đối với đơn vị hành chính cấp huyện. Việc chuẩn hóa cơ sở dữ liệu được thực hiện theo Quy định kỹ thuật cơ sở dữ liệu nền địa lý tỷ lệ tương ứng do Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành. Chính vì vậy, trong nghiên cứu này, sử dụng dữ liệu nền địa lý là bản đồ hành chính quận Hoàn Kiếm tỷ lệ 1/10.000.

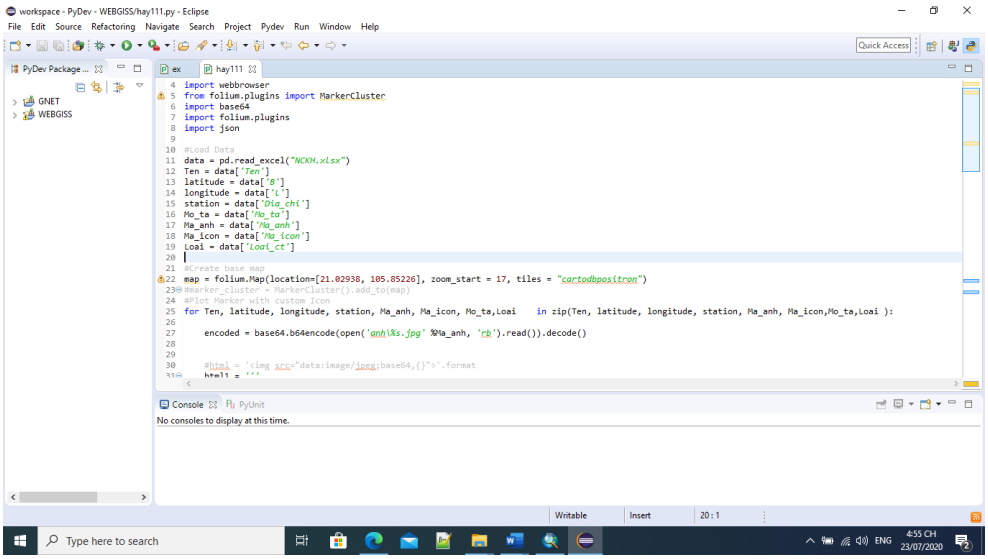
- Bản đồ nền là bản đồ hành chính quận Hoàn Kiếm tỷ lệ 1/10.000 (Nguồn: Nhà xuất bản Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam, 85 Nguyễn Chí Thanh, Đống Đa, Hà Nội). Bản đồ này có định dạng *.dxf trong phần mềm Autocad, do đó, cần phải chuyển đổi về định dạng *.shp trong phần mềm ArcGIS 10.5 bằng công cụ Feature class to feature class.

- Nhập thông tin không gian của các đối tượng: Vị trí của các địa danh, các dịch vụ trong phạm vi quận Hoàn Kiếm do đã được xác định bằng máy thu GPS trước đó nên sẽ được đưa vào phần mềm ArcGIS 10.5 bằng công cụ Add XY data.

- Nhập các thông tin thuộc tính cho từng địa danh tương ứng trên cơ sở các thông tin đã thu thập được ngoài thực địa.

***c. Ứng dụng ngôn ngữ lập trình Python thiết kế trang web:*** Thiết kế giao diện web là một trong các khâu quan trọng, có thể nói là chiếm đến 50% mức độ thành công của một trang web. Website (trang web - trang mạng) là một tập hợp các trang web bao gồm văn bản, hình ảnh, video,… nằm trong một tên miền(domain name) hoặc tên miền phụ (subdomain) trên World Wide Web của Internet. Một trang web là tập tin HTML hoặc XHTML có thể truy nhập dùng giao thức HTTP. Trang web được lưu trữ (web hosting) trên máy chủ web (server web) có thể truy cập thông qua Internet.

Với ngôn ngữ lập trình Python, người dùng có thể thiết kế trang web theo ý muốn bằng cách sử dụng các code có sẵn trong thư viện với ưu điểm nhanh chóng, dễ thao tác, có thể thay đổi giao diện dễ dàng,…




*Hình 2. Code chương trình bằng ngôn ngữ Python*

***d. Đăng kí tên miền:*** Tên miền (*Domain*) có thể hiểu là địa chỉ truy cập của một website, giúp cho mọi người có thể dễ dàng tìm thấy và truy cập. Mỗi một tên miền là duy nhất, do đó, cần phải đăng kí tên miền để sử dụng. Tiến hành truy cập vào trang web: www.000webhost.com, sau đó, đăng ký tài khoản bằng tài khoản gmail hoặc facebook, nếu đã có tài khoản thì chọn Sign in.

***e. Đăng tải cơ sở dữ liệu lên trang web:***

GIS cung cấp một giải pháp toàn diện từ thu thập, nhập số liệu, chỉnh lý, phân tích và phân phối thông tin ở các cấp độ khác nhau như CSDL địa lý cá nhân hay CSDL của các doanh nghiệp.

Các dữ liệu sau khi được thu thập, chuẩn hóa trong phần mềm ArcGIS sẽ được xuất ra các shapefile. Sau đó, thực hiện chuyển đổi các shapefile này về dạng Json file. Json file là một kiểu dữ liệu mở trong JavaScript. Kiểu dữ liệu này bao gồm chủ yếu là text, có thể đọc được theo dạng cặp "thuộc tính - giá trị". Json file là một kiểu dữ liệu trung gian, chủ yếu được dùng để vận chuyển thông tin giữa các thành phần của một chương trình.

Sau khi đã thiết kế xong giao diện trang web và xây dựng xong cơ sở dữ liệu du lịch, tiến hành upload dữ liệu lên webhosting đã đăng kí, qua đó có thể sử dụng trang web đã tạo thông qua mạng Internet. Tiến hành đăng nhập lại vào trang web www.000webhost.com, sau đó, tìm tới thanh Upload để đăng tải toàn bộ cơ sở dữ liệu đã xây dựng được trong phần mềm ArcGIS 10.5 lên trang web vừa thiết kế.

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

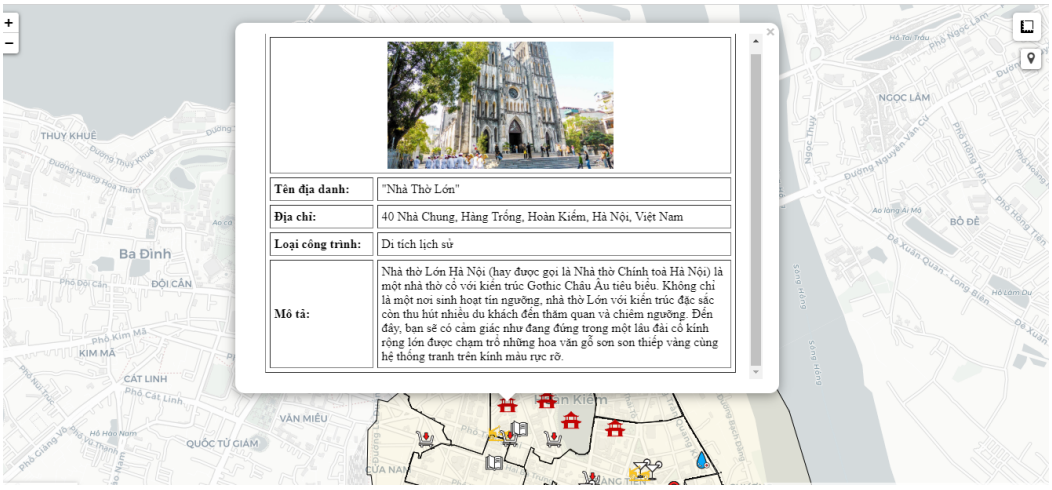
Sau khi xây dựng cơ sở dữ liệu du lịch quận Hoàn Kiếm trong phần mềm ArcGIS 10.5, sử dụng ngôn ngữ lập trình Python thiết kế trang web và đăng tải cơ sở dữ liệu du lịch lên trang web này, kết quả thu nhận được làm một trang web trên đó người dùng có thể tìm kiếm, tra cứu thông tin liên quan đến du lịch trong phạm vi quận Hoàn Kiếm - Hà Nội.




*Hình 3. Giao diện của trang web bản đồ du lịch trực tuyến quận Hoàn Kiếm - Hà Nội*

Để sử dụng trang web miễn phí này, người dùng cần truy cập vào https://bandodulichhoankiem.000webhostapp.com/. Tại đây, có thanh công cụ tra cứu nhằm hỗ trợ người sử dụng tìm kiếm địa danh thông qua việc nhập tên địa danh cần tìm kiếm hoặc tra cứu thông tin về vị trí, số điện thoại liên hệ, thông tin mô tả… bằng việc click vào biểu tượng từng

địa danh trên bản đồ. Ngoài ra, còn có công cụ xác định chiều dài đoạn đường cần di chuyển giữa các địa danh hoặc cung cấp vị trí tức thời mà người dùng đang đứng để tiện cho việc liên hệ, tìm kiếm, đưa đón,…




*Hình 4. Thông tin tra cứu thể hiện trên giao diện trang web.*

## 4. Kết luận

Ngôn ngữ Python cho phép thiết kế trang web một cách chủ động, linh hoạt, dễ dàng bổ sung thêm các tính năng mà người dùng mong muốn, không giới hạn thời gian sử dụng, không giới hạn màn hình không gian, chi phí thấp,… Kết hợp Python với cơ sở dữ liệu du lịch đã xây dựng được trong phần mềm ArcGIS 10.5, nghiên cứu này đã xây dựng bản đồ du lịch trực tuyến quận Hoàn Kiếm - Thành phố Hà Nội với rất nhiều ưu điểm: truy cập dễ dàng trên nhiều thiết bị truyền thông, đa nền tảng; cung cấp đầy đủ các thông tin cần thiết liên quan đến địa điểm du lịch, khách sạn, ăn uống,…; các dữ liệu đầu vào được thu thập từ các nguồn có độ tin cậy cao. Qua một thời gian sử dụng trong thực tế cho thấy, trang web này phần nào đáp ứng được những yêu cầu cơ bản của người sử dụng dịch vụ trong tra cứu thông tin, tìm đường di chuyển giữa các địa danh, định vị vị trí đang đứng, …

## Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Mạnh Hà. 2015. *Ứng dụng công nghệ GIS và WebGIS để xây dựng bản đồ du lịch điện tử tỉnh Thái Bình*. Viện địa lý - Viện hàn lâm khoa học và công nghệ Việt Nam. Mã số đề tài: VAST.NĐP.11/13-14, 201tr.

2. Trần Quốc Vương, 2006. *Nghiên cứu WebGIS phục vụ du lịch*. Luận văn thạc sỹ chuyên ngành Hệ thống thông tin địa lý. Đại học Bách khoa - Đại học quốc gia TPHCM. 173tr.

3. ESRI (2010), ArcGIS 10.0 help. Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI) at http://www.esri.com/.

4. Fahui Wang and Yanqing Xu, 2011. Estimating O-D trave l time m atrix by Google Maps API: implementation, advantages, and implications. Annals of GIS. Vol. 17, No. 4, December 2011, pp. 199-209.

5. Matt Huenerfauth, Guido Van Rossum, Richard P. Muller, 2009. Introduction to Python.

87p, Available at: http://www.diveintopython.org.
6. Nikolay Teslya, 2014. Web mapping service for mobile tourist guide. Proceedings of 15th Conference of Open Innovations Association FRUCT, pp. 21-25, April 2014. DOI: 10.1109/FRUCT.2014.6872438. St. Petersburg, Russia
7. Stacy Kathleen Supak, Hugh Alexander Devine, Gene Leroy Brothers, Samantha Rozier Rich &Wenbo Shen, 2013. An Open Source Web-Mapping System for Tourism Planning and Marketing. Journal of Travel & Tourism Marketing. Volume 31, 2014 - Issue 7, pp. 835-853.
8. Yimeng Wu, Zhixue Liang, Liming Liu, 2013. Design and implementation of tourism information system based on Google Maps API. 21st International Conference on Geoinformatics. 20-22 June 2013. DOI: 10.1109/Geoinformatics.2013.6626139.
9. Thông tư số 10/2013/TT-BTNMT của Bộ Tài nguyên và Môi trường, Quy định kỹ thuật về cập nhật cơ sở dữ liệu nền địa lý tỷ lệ 1:2000, 1:5000 và 1:10000, ban hành ngày 28 tháng 05 năm 2013.

## ABSTRACT

### APPLICATION OF GIS AND PYTHON IN BUILDING ONLINE TOURISM MAP OF HOAN KIEM DISTRICT - HANOI

**Ha Trung Khien, Ha Thi Hang, Vu Thai Ha**
*National University of Civil Engineering*
*Corresponding author: hanght@nuce.edu.vn*

This paper presents the results of GIS and Python applications in building online tourist maps of Hoan Kiem District - Hanoi City with many advantages: access to many transmission devices easily; provide necessary information related to tourist (Guom Lake, hotels, …); the interface can be designed easily and has not time-use limitation; low cost. Input data of this study consist of administrative map of Hoan Kiem district - Hanoi at the scale of 1: 10000; coordinates of tourist points are collected by GPS receivers.

*Keywords*: GIS, Python, Online tourism map, Hoan Kiem District.

# TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐIỆN TOÁN ĐÁM MÂY GOOGLE EARTH ENGINE ĐỂ ĐÁNH GIÁ TÌNH TRẠNG HẠN HÁN TỪ DỮ LIỆU ẢNH VIỄN THÁM, THỬ NGHIỆM TẠI TỈNH BÌNH ĐỊNH

**Phạm Thị Thanh Hòa, Nguyễn Minh Hải**

*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

*Tác giả liên hệ: phamthithanhhoa@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Ngày nay, với sự ra đời của nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine, nghiên cứu trong lĩnh vực tài nguyên môi trường đã mang lại những tích cực đáng kể, góp phần làm giảm bộ nhớ lưu trữ trong máy tính cũng như thời gian tính toán và xử lý dữ liệu địa lý lớn (big geodata). Vì vậy nghiên cứu này ứng dụng lập trình bằng ngôn ngữ Javascript trên nền tảng Google Earth Engine để nhanh chóng đưa ra kết quả phân vùng hạn hán với khu vực thực nghiệm là tỉnh Bình Định, sử dụng chỉ số khác biệt hạn hán (NDDI - Normalized Difference Drought Index) và chỉ số cấp nước thực vật WSVI (Water Supplying Vegetation Index) được tính toán từ ảnh vệ tinh Landsat 8. Kết quả nghiên cứu được so sánh với bản đồ hạn hán đã được thành lập theo dự án nghiên cứu nguy cơ hạn hán một số tỉnh Nam Trung Bộ năm 2015. Về mặt không gian, sự chồng phủ các bản đồ cho thấy khá tương đồng về sự phân bố các vùng hạn hán trên địa bàn khu vực nghiên cứu. Thống kê định lượng cho thấy chênh lệch diện tích hạn là 5.9% với chỉ số NDDI và 12.6% với chỉ số WSVI so với bản đồ hạn tham chiếu. Nhìn chung kết quả đạt được cũng phản ánh được độ tin cậy của phương pháp. Khu vực hạn nặng và trung bình tập trung chủ yếu ở khu vực ven biển phía Đông, khu vực gần trung tâm tỉnh Bình Định, cụ thể là các huyện Hoài Nhơn, Phú Mỹ, An Nhơn, Tây Sơn và Tuy Phước, tương ứng với những vùng có chỉ số WSVI thấp và NDDI cao.

**Từ khóa:** Hạn hán, NDDI, WSVI, Google Earth Engine, Bình Định

## 1. Đặt vấn đề

Ngày nay, cùng với sự phát triển của công nghệ viễn thám, công nghệ thông tin với sự bùng nổ của các ngôn ngữ lập trình đã giúp các nhà khoa học có những ý tưởng mới khi nghiên cứu về lĩnh vực tài nguyên và môi trường. Đặc biệt, với sự ra mắt của Google Earth Engine (GEE) cùng ngôn ngữ lập trình JavaScript hoặc Python, là một nền tảng điện toán đám mây để lưu trữ và phát triển bộ dữ liệu địa lý, dễ dàng hơn để tạo bản đồ đa thời gian hoặc tiến hành phân tích chuỗi thời gian bằng cách sử dụng vệ tinh có sẵn, khả năng xử lý và mã hóa (code) của nó. GEE có cách tiếp cận mở, cho phép người dùng phát triển thêm các phương pháp hay thuật toán mới trong phân tích dữ liệu ảnh vệ tinh. Các ứng dụng của nó được đánh giá rất cao và trong nhiều lĩnh vực (Kumar et al., 2019) như nông nghiệp, giám sát thảm thực vật, thiên tai và các lĩnh vực khoa học trái đất khác. Vì vậy, hiện nay các nghiên cứu về hạn hán trên thế giới sử dụng GEE như là một công cụ mới đầy tiềm năng (Aksoy et al., 2019; Khan et al., 2019; Sazib et al., 2018). Các nghiên cứu này sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh trên GEE để tính toán các

chỉ số hạn hán, hoặc kết hợp thêm với các bộ dữ liệu độ ẩm đất toàn cầu trên nền tảng này (Sazib et al., 2018), kết quả thu được nhanh chóng và có thể áp dụng từ cấp khu vực đến cấp quốc gia.

Tuy nhiên ở Việt Nam, các nghiên cứu về hạn hán như (Đỗ Thị Ngọc Ánh et al., 2017; Huỳnh Thị Thu Hương et al., 2012; Trịnh Lê Hùng et al., 2015) chủ yếu theo cách truyền thống là sử dụng các dữ liệu ảnh viễn thám có sẵn trong việc tính toán các chỉ số hạn với các phần mềm xử lý ảnh được cài đặt trên máy vi tính (laptop) như Envi, Erdas Imagine, ArcGIS. Hoặc nghiên cứu tiến hành lập trình như của (Trịnh Lê Hùng, 2014) cũng tải dữ liệu ảnh viễn thám về máy tính, gây bất tiện trong việc lưu trữ những dữ liệu ảnh với dung lượng lớn. Để giải quyết các bài toán dữ liệu lớn, việc xử lý đòi hỏi máy tính có cấu hình phải rất mạnh và tốn thời gian trong việc thu thập dữ liệu. Và công nghệ điện toán đám mây đang là một xu hướng ứng dụng công nghệ thông tin mới. Mặc dù vậy, chỉ có một số nghiên cứu mới về hạn hán đã tiếp cận nền tảng diện toán đám mây này như (Nguyễn Văn Hoàng et al., 2020). Do đó, với mong muốn phát triển nền tảng GEE trong nghiên cứu hạn hán ở Việt Nam một cách hiệu quả và nhanh chóng, nghiên cứu trình bày việc lập trình sử dụng ngôn ngữ JavaScript trên GEE với nguồn dữ liệu viễn thám Landsat 8 cho hai chỉ số hạn là NDDI (Normalized Difference Drought Index - Chỉ số khác biệt hạn hán) và WSVI (Water Supplying Vegetation Index - chỉ số cấp nước thực vật). Khu vực áp dụng là tỉnh Bình Định, nơi mà hạn hạn có diễn biến khó lường theo hướng bất lợi trong những năm gần đây (Báo Điện tử của Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2016).

## 2. Dữ liệu và khu vực nghiên cứu

### *2.1. Khu vực nghiên cứu*




*Hình 1. Khu vực nghiên cứu- tỉnh Bình Định*

Bình Định là một tỉnh thuộc vùng duyên hải Nam Trung Bộ Việt Nam. Khí hậu Bình Định thuộc khí hậu Duyên hải Nam Trung Bộ - miền khí hậu Đông Trường Sơn. Có hai mùa rõ rệt là mùa khô từ tháng 01 đến tháng 8, mùa mưa từ tháng 9 đến hết tháng 12, tổng lượng mưa dao động từ 1,800 - 3,300mm. Nhiệt độ trung bình hàng tháng cao nhất là 30,7$^{o}$C (tháng 8) và thấp nhất là 23,2$^{o}$C (tháng 1). Nhiệt độ cao nhất được ghi nhận là 39,5$^{o}$C. Nhiệt độ dao động giữa tháng nóng nhất và lạnh nhất là 12$^{o}$C. Độ ẩm trong khu vực khá thấp, trung bình hàng năm khoảng 79%.

Hạn hán tại Tỉnh xảy ra vào tháng 1 đến tháng 8 với lượng mưa thấp, thấp hơn lượng mưa trung bình trong nhiều năm từ 50-70%. Hầu hết các lưu vực sông dễ bị hạn hán khi thời tiết nóng kéo dài, và nhiều dòng sông và suối khô cạn hoàn toàn trong những năm gần đây. Nhìn chung, nắng nóng gay gắt kéo dài khiến lượng nước tại hầu hết các hồ chứa thủy lợi trên địa bàn tỉnh ở dưới mực nước chết, ruộng đồng nứt nẻ còn người dân thì không có nước sinh hoạt, cuộc sống rất khó khăn (Báo Điện tử của Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2016).

### *2.2. Dữ liệu nghiên cứu*

Nghiên cứu sử dụng dữ liệu ảnh Landsat 8 trên nền tảng Google Earth Engine (có thể tra cứu thông tin ảnh Landsat ở Earth Engine Catalog qua trang web https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/landsat). Các cảnh ảnh Landsat 8 được lựa chọn trong mùa khô 2015, phủ trùm toàn bộ khu vực nghiên cứu là tỉnh Bình Định.

Trên GEE, Dữ liệu Landsat 8 với 12 kênh ảnh đã được đưa về cùng độ phân giải không gian 30m. Cảnh Landsat với chất lượng dữ liệu hiện có cao nhất được xếp vào Bậc 1 (Tier1) và được coi là phù hợp để phân tích chuỗi thời gian. Bậc 1 bao gồm dữ liệu đã hiệu chỉnh độ chính xác và địa hình cấp 1 (level 1) có chất lượng vị trí và phép đo bức xạ đặc trưng tốt (theo USGS). Dữ liệu TOA (phản xạ tại đỉnh khí quyển) được chuyển đổi từ các giá trị số thô bằng cách sử dụng hệ số hiệu chuẩn từ siêu dữ liệu ảnh theo (Chander et al., 2009). Dữ liệu SR (phản xạ tại bề mặt) được tạo bằng thuật toán Mã phản xạ bề mặt đất (LaSRC) (Vermote et al., 2016).

*Bảng 1: Mô tả dữ liệu Landsat 8 trong nghiên cứu*

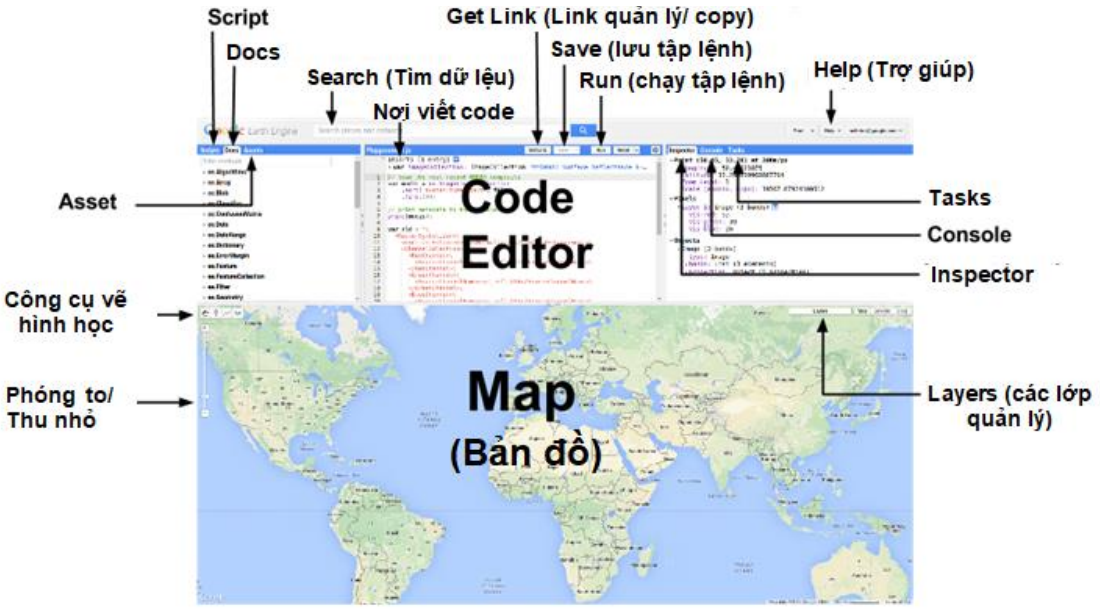
| ID Ảnh | Mô tả | Kênh ảnh |
|---|---|---|
| **LANDSAT/LC08/C01/T1_TOA** | Landsat 8, Collection 1, Tier1, TOA (top-of-atmosphere reflectance) | Kênh nhiệt TIR |
| **LANDSAT/LC08/C01/T1_SR** | Landsat 8, Collection 1, Tier1, SR (surface reflectance) | Kênh đỏ (RED), cận hồng ngoại (NIR) |

## 3. Phương pháp nghiên cứu

### *3.1. Google Earth Engine và sơ đồ quy trình nghiên cứu hạn hán sử dụng nền tảng Google Earth Engine*

Phương pháp được sử dụng trong nghiên cứu là sử dụng nền tảng Google Earth Engine để lập chương trình xử lí, phân tích tập hợp dữ liệu ảnh vệ tinh đa thời gian trong đánh giá hạn

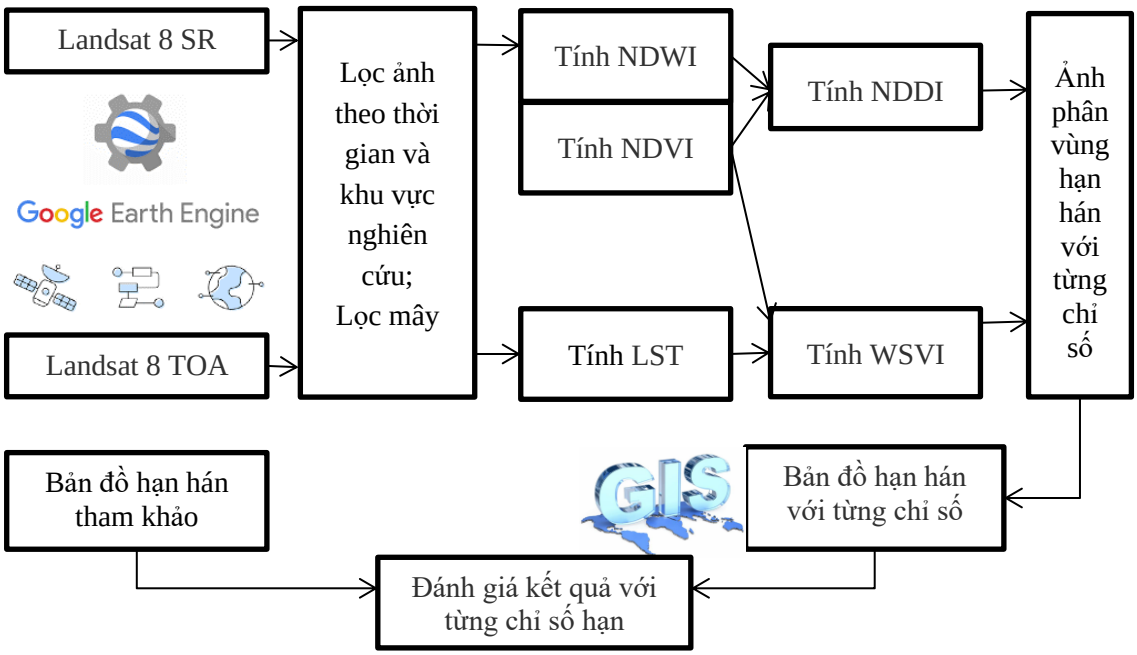
hán. Đây là một nền tảng dựa trên đám mây để phân tích không gian địa lý quy mô hành tinh, mang đến khả năng tính toán khổng lồ của Google (Gorelick et al., 2017). Các chương trình được tạo lập trong trên trang web biên tập mã lệnh của GEE (Earth Engine Code Editor) thông qua giao diện lập trình ứng dụng API (Application Programming Interface), với bộ thư viện lập trình JavaScript.




*Hình 2. Thành phần của Earth Engine Code Editor tại code.earthengine.google.com*

Code Editor là một môi trường tương tác để phát triển các ứng dụng Earth Engine. Bảng điều khiển trung tâm cung cấp một trình soạn thảo mã JavaScript. Các tính năng của Code Editor được thiết kế để giúp phát triển quy trình làm việc theo không gian địa lý phức tạp nhanh chóng và dễ dàng: Tab ***Script*** lưu trữ các tập lệnh riêng và các ví dụ trong kho Git được lưu trữ bởi Google; tài liệu ***Docs*** liệt kê danh sách các thuật toán/ hàm được tổ chức theo các đối tượng. Mỗi thuật toán bao gồm một tập hợp các thuật toán con đã được nhóm và phân chia theo đối tượng và các hàm hiện có trên GEE giúp người dùng có thể dễ dàng sử dụng; Tab ***Assets*** quản lý tài sản giúp người dùng sở hữu và lưu trữ dữ liệu của mình trên GEE; công cụ ***Inspector*** để xem thông tin về các lớp bản đồ tại những vị trí nhất định trên bản đồ đó; ***Console*** sẽ đưa ra các message/thông báo khi bạn chạy các script/tập lệnh (báo lỗi) và in thông báo về dữ liệu, sản phẩm và kết quả trung gian; Tab ***Tasks*** được sử dụng để quản lý xuất dữ liệu và kết quả cuối cùng của quá trình phân tích; và một số công cụ hỗ trợ khác trên GEE.

Nghiên cứu thực hiện lập trình bằng ngôn ngữ JavaScript trên nền tảng điện toán đám mây GEE cho hai chỉ số hạn là NDDI (Normalized Difference Drought Index - Chỉ số khác biệt hạn hán) và WSVI (Water Supplying Vegetation Index - chỉ số cấp nước thực vật). Trong khuôn khổ nghiên cứu này, các chỉ số hạn được tính toán độc lập để thành lập các bản đồ hạn riêng biệt (theo sơ đồ hình 3).




*Hình 3. Sơ đồ quy trình công nghệ*

### *3.2. Công thức tính các chỉ số hạn hán*

Dữ liệu Landsat 8 SR dùng kênh NIR và kênh đỏ Red tính NDVI, NDWI và NDDI. Ảnh TOA sử dụng kênh nhiệt để tính chỉ số LST, kết hợp với NDVI để ra kết quả WSVI.

Công thức tính các chỉ số được thể hiện dưới đây:

$$NDDI = \frac{NDVI - NDWI}{NDVI + NDWI} \quad (1)\ (Gu\ et\ al.,\ 2007)$$

$$WSVI = \frac{NDVI}{LST} \quad (2)\ (Xiao\ et\ al.,\ 2002)$$

Trong đó

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - chỉ số khác biệt thực vật, Giá trị của NDVI là dãy số -1 đến +1, được xác định dựa trên sự phản xạ khác nhau của thực vật thể hiện giữa kênh đỏ (Red) và kênh phổ cận hồng ngoại NIR (near infrared) (Tucker, 1979):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (3)$$

NDWI (Normalized Difference Water Index) - chỉ số nước khác biệt chuẩn hóa, được sử dụng để theo dõi sự thay đổi hàm lượng nước của lá, sử dụng bước sóng hồng ngoại gần (NIR) và hồng ngoại sóng ngắn (SWIR), do (Gao, 1996) đề xuất:

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (4)$$

LST (Land Surface Temperature) - Nhiệt độ bề mặt đất, được tính toán dựa trên kết quả tính toán nhiệt độ sáng có xét đến ảnh hưởng của độ phát xạ. Công thức tính theo (Weng et al., 2004):

$$LST = \frac{T_B}{1 + \left(\frac{\lambda . T_B}{\rho}\right) * \ln LSE} \quad (5)$$

Trong đó:

$T_B$ - giá trị nhiệt độ bức xạ hay nhiệt độ sáng. Nhiệt độ độ sáng TOA (Top of Atmosphere Brightness Temperature) cho các kênh hồng ngoại nhiệt (TIR) của Landsat được cung cấp bởi Cơ quan Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ (USGS) và hoàn toàn có sẵn để sử dụng trong GEE cho Landsat 8.

λ- giá trị bước sóng trung tâm của dải sóng hồng ngoại nhiệt; Đối với ảnh Landsat 8, kênh nhiệt (kênh 10) lấy giá trị bước sóng là 10,8 µm;

ρ = 14380. Giá trị ρ=h*c/s với h là hằng số Plank ($6,626*10^{-34}$Js), s là hằng số Boltzmann ($1,38*10^{-23}\frac{J}{K}$); c là vận tốc ánh sáng ($3*10^8$ m/s);

LSE (Land Surface Emissivity) - độ phát xạ bề mặt, được tính toán dựa vào hợp phần thực vật Pv (Proportion of Vegetation) theo công thức (6) (Sobrino et al., 2004), phù hợp với ảnh Landsat 8, với giá trị 0,004 là độ lệch chuẩn của 49 quang phổ đất,và 0,986 được xem là mức trung bình của độ phát xạ đất và độ phát xạ thực vật.

$$LSE = 0{,}004Pv + 0{,}986 \quad (6)$$

Với

$$P_V = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}\right)^2 \quad (7)$$

### *3.3. Phương thức thực hiện*

Sử dụng các thuật toán lập trình ngôn ngữ JavaScript trên GEE Code Editor để đưa dữ liệu ảnh vào nền tảng và tiến hành các bước xử lý, phân tích, hiển thị và xuất kết quả. Cú pháp JavaScript là khai báo biến sử dụng từ khóa ***var***, gán giá trị cho biến, sử dụng các hàm hoặc các công thức tương ứng với biến. Cụ thể trong nghiên cứu, phương pháp tiến hành như hình 3. Trong đó:

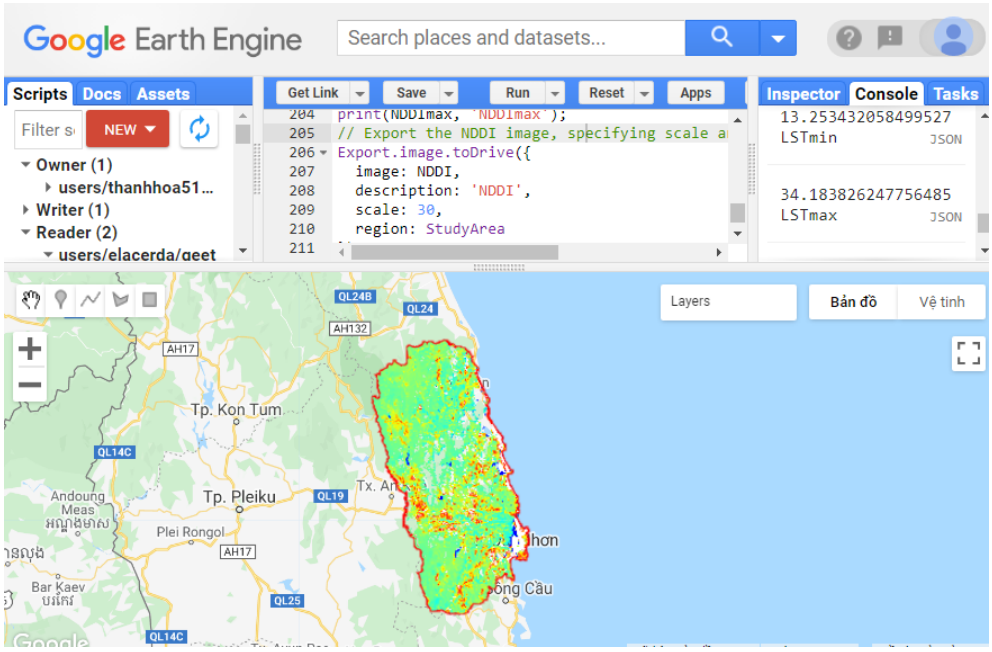
- Dữ liệu ảnh được khai báo bằng hàm ***ee.Image()***, sau đó được lọc theo thời gian và khu vực nghiên cứu với hàm ***filterDate()*** and ***filterBounds()***
- Mỗi loại ảnh được tiến hành lọc mây theo thuật toán tương ứng
- Thuật toán cho chỉ số NDVI, NDWI: ***normalizedDifference(bandNames)***
- Thuật toán cho chỉ số LST, NDDI, WSVI: sử dụng hàm ***expression()*** và các toán tử trong GEE là ***Add, Subtract, Multiply, Divide*** tương ứng với cộng (+), trừ (-), nhân (*), chia (/), lần lượt tính cho các công thức (5),(2),(1).
- Kết quả trên GEE sẽ được xuất sang Google Drive để thuận tiện biên tập bản đồ trong GIS: sử dụng hàm ***Export.image.toDrive()***

## 4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Hình 4a và 4b thể hiện dữ liệu ảnh sử dụng trong nghiên cứu và các kết quả trên GEE. Các kết quả là các ảnh chỉ số được tính toán, sau đó được tải về và trình bày trên ArcGIS.




4a.




4b.

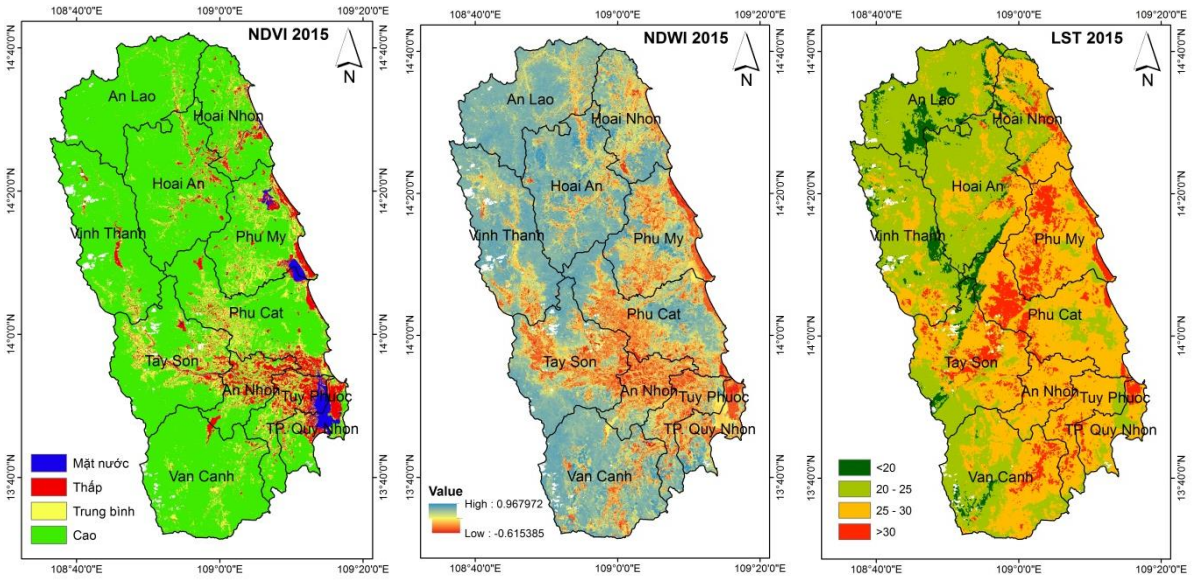
*Hình 4: Các kết quả trên GEE*

*( 4a) Tập dữ liệu ảnh Landsat 8 phủ trùm khu vực nghiên cứu*

*(4b) Kết quả ảnh phân bố hạn hán và các thông tin liên quan*

### *4.1. Kết quả các chỉ số trung gian NDVI, NDWI, LST*

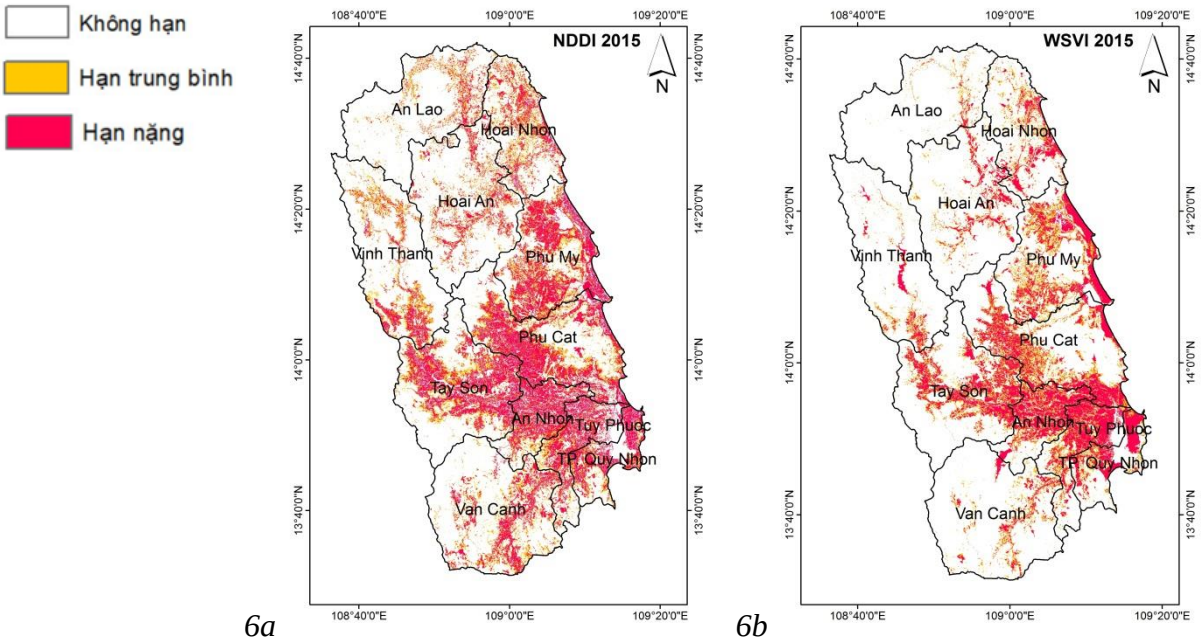
Hình 5 thể hiện kết quả chỉ số trung gian NDVI, NDWI, LST tỉnh Bình Định năm 2015. Giá trị cao của NDVI cho biết thông tin về sức khỏe, thảm thực vật rậm rạp và giá trị thấp hơn thể hiện thảm thực vật bị căng thẳng, giá trị âm tương ứng với các khu vực có mặt nước. Những nơi có màu xanh, thì khả năng tập trung thực vật càng cao như đất nông nghiệp, lâm nghiệp. Những nơi có màu vàng hoặc đỏ, thể hiện mức độ tập trung thực vật thấp, có thể là đất ở đô thị, đất trống. Những nơi màu xanh lam cho thấy không có sự hiện diện của thực vật, điển hình là các đối tượng như đầm, vịnh, hồ trên địa bàn tỉnh.




*Hình 5. Kết quả chỉ số NDVI, NDWI và LST tỉnh Bình Định năm 2015*

Trong mùa khô, gần 2/3 diện tích khu vực nghiên cứu có nhiệt độ bề mặt cao hơn 25°C (màu cam và đỏ), trong đó nhiệt độ cao nhất trên 37°C .Về mặt không gian, giá trị trên ảnh NDVI, NDWI và LST thể hiện sự tương quan. Kết quả cho thấy sự phân bố các giá trị thấp và trung bình của NDVI, giá trị thấp của NDWI và cao của LST (hiển thị màu đỏ và vàng trên ba ảnh) phần lớn tập trung ở khu gần trung tâm và phía Đông Nam tỉnh Bình Định. Nhìn chung, chúng cũng được coi là công cụ trung gian để theo dõi thời kỳ hạn hán, NDVI và NDWI tại một điểm ảnh nhất định thường sẽ tương đối thấp, trong khi LST dự kiến sẽ tương đối cao do thảm thực vật bị suy thoái.

### *4.2. Kết quả hạn hán từ các chỉ số NDDI và WSVI*




*6a* *6b*

*Hình 6. Kết quả hạn hán với chỉ số NDDI (6a) và WSVI (6b) tỉnh Bình Định năm 2015*

Giá trị NDDI càng cao thể hiện điều kiện càng khô hạn, trong đó NDVI và NDWI có giá trị thấp (NDVI <0,5 và NDWI <0,3). Ngược lại khi giá trị NDDI thấp thể hiện điều kiện ẩm/không khô hạn, trong đó cả NDVI và NDWI đều có giá trị cao hơn (NDVI> 0,6 và NDWI> 0,4) (Du et al., 2018). Vì NDDI kết hợp thông tin từ cả trạng thái của thảm thực vật và hàm lượng nước, NDDI là một chỉ số nhạy cảm hơn về hạn hán so với NDVI và NDWI đơn lẻ, để theo dõi hạn hán. Với giá trị của WSVI, phạm vi nằm trong khoảng từ - 4 đối với hạn hán khắc nghiệt đến +4 đối với điều kiện ẩm ướt cao (Alshaikh, 2015).

Kết quả bản đồ chỉ số NDDI và WSVI tỉnh Bình Định năm 2015 được thể hiện trong hình 6.

***4.3. Thảo luận***

Kết quả chỉ số NDDI và WSVI cho thấy các điều kiện hạn hán gần như tương đồng nhau. Trong mùa khô 2015 (tháng 5/2015), hạn hán xảy ra trên toàn tỉnh với các mức độ khác nhau, tập trung chủ yếu ở khu vực ven biển phía Đông, khu vực gần trung tâm tỉnh Bình Định, cụ thể là huyện Hoài Nhơn, Phú Mỹ, An Nhơn, Tây Sơn và Tuy Phước, tương ứng với chỉ số NDDI lớn và WSVI nhỏ. So sánh hai bản đồ về tình trạng hạn hán, quan sát thấy rằng bản đồ NDDI thể hiện điều kiện hạn hán nhiều hơn so với bản đồ WSVI. Theo đó, diện tích hạn năm 2015 là 271373 ha (chiếm khoảng 44,7%) với chỉ số NDDI và 230698 ha (chiếm khoảng 38%) với chỉ số WSVI so với tổng diện tích toàn tỉnh. NDDI xem xét cả hàm lượng nước nên có thể là lý do cho những kết quả này. Mặt khác, bản đồ WSVI cho thấy tình trạng hạn hán ít hơn do trên thực tế WSVI không chỉ xem xét điều kiện thực vật mà còn cả điều kiện nhiệt độ. Đồng thời, kết quả nhận được cũng cho thấy vai trò quan trọng của lớp phủ thực vật trong giảm nguy cơ hạn hán, ở những vùng được phủ xanh bởi đất rừng ít chịu ảnh hưởng bởi hạn hán, ngoài ra yếu tố địa hình cũng có những tác động ít nhiều đến mức khô hạn, vùng ven biển phía Đông có mức độ khô hạn cao hơn so với vùng núi cao.

Kết quả phân bố hạn hán theo hai chỉ số NDDI và WSVI được so sánh với bản đồ hạn hán năm 2015 đã được thành lập cho các tỉnh Nam Trung Bộ trong đó có tỉnh Bình Định. Về mặt không gian, sự chồng phủ các bản đồ cho thấy khá tương đồng về sự phân bố các vùng hạn hán trên địa bàn khu vực nghiên cứu. Thống kê định lượng cho thấy chênh lệch diện tích hạn là 5.9% với chỉ số NDDI và 12.6% với chỉ số WSVI. Sự khác biệt này là do bản đồ hạn tham chiếu được thành lập từ dữ liệu ảnh Modis có độ phân giải thấp hơn so với ảnh Landsat 8 sử dụng trong nghiên cứu này. Tuy nhiên, nhìn chung kết quả đạt được cũng phản ánh được độ tin cậy của phương pháp sử dụng nền tảng Google Earth Engine trong lĩnh vực nghiên cứu hạn hán.

Bên cạnh đó, nghiên cứu vẫn còn tồn tại hạn chế. Mặc dù sử dụng hai chỉ số hạn nhưng nghiên cứu chưa có sự kết hợp hai chỉ số này theo trọng số để thành lập bản đồ hạn tổng hợp như nghiên cứu của (Đỗ Thị Phương Thảo et al., 2020). Để thành lập bản đồ tổng hợp và đánh giá độ chính xác của bản đồ tổng hợp thì cần có các nghiên cứu thêm. Vì vậy trong tương lai, nhóm sẽ phát triển thêm việc đưa trọng số vào tính toán để đạt được kết quả cao hơn, cũng như có thể nghiên cứu thêm các chỉ số hạn khác và số liệu thực địa để thực hiện việc đánh giá hạn

hán tốt hơn.

**5. Kết luận**

Các chỉ số hạn hán chiết tách từ ảnh viễn thám như NDDI, WSVI đã được phát triển và áp dụng, cho phép xác định cường độ, mức độ nghiêm trọng và phạm vi không gian hạn. Việc tiến hành lập trình thay vì các tính toán bằng các phần mềm xử lý ảnh đã mang lại những hiệu quả cao. Trong các ngôn ngữ lập trình, JavaScript có tính linh hoạt, giúp đơn giản hóa các ứng dụng, dễ hiểu và dễ dàng thao tác. Khi được tích hợp với nền tảng Google Earth Engine thì chúng trở thành công cụ tiện dụng và nhanh chóng, cho phép người dùng xử lý, phân tích và trực quan hóa dữ liệu cho bất kỳ khu vực nào. Nghiên cứu đã áp dụng thí điểm phân vùng hạn hán tại tỉnh Bình Định trong năm 2015 và nhận thấy kết quả cũng phản ánh được độ tin cậy và tính khả thi. Điều này cho thấy tiềm năng của việc ứng dụng GEE trong lĩnh vực nghiên cứu hạn hán, cũng như cần có sự kết hợp các tư liệu viễn thám khác nhau trên nền tảng này để có được kết quả tốt hơn.

**Tài liệu tham khảo**

1. Đỗ Thị Ngọc Ánh, Nguyễn Quang Phi,Nguyễn Hoàng Sơn, (2017). *Nghiên cứu phương pháp cảnh báo hạn nông nghiệp vùng hạ lưu sông Cả*. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, số 56, tr24-33.

2. Báo Điện tử của Bộ Tài nguyên và Môi trường, (2016). *https://baotainguyenmoitruong.vn/binh-dinh-doi-mat-voi-nguy-co-thieu-nuoc-san-xuat-245005.html*

3. Nguyễn Văn Hoàng, Huỳnh Thị Kim Nhân,Nguyễn Đình Vượng, (2020). *Nghiên cứu ứng dụng nền tảng Google Earth Engine thành lập bản đồ giám sát hạn hán lưu vực sông Đồng Nai vùng Đông Nam Bộ*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, số 58 (2020), 47-53.

4. Trịnh Lê Hùng, (2014). *Ứng dụng dữ liệu viễn thám hồng ngoại nhiệt LANDSAT nghiên cứu độ ẩm đất trên cơ sở chỉ số khô hạn nhiệt độ thực vật*. Tạp chí Các khoa học về Trái Đất, 36(3), 262 - 270.

5. Trịnh Lê Hùng, Đào Khánh Hoài, ( 2015). *Ứng dụng viễn thám đánh giá nguy cơ hạn hán khu vực huyện Bắc Bình, tỉnh Bình Thuận*. Tạp chí Khoa học ĐHSP TPHCM, số 5(70)(128-139).

6. Huỳnh Thị Thu Hương, Trương Chí Quang,Trần Thanh Dân, (2012). *Ứng dụng ảnh MODIS theo dõi sự thay đổi nhiệt độ bề mặt đất và tình hình khô hạn vùng đồng bằng sông Cửu Long*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 24a(49-59).

7. Đỗ Thị Phương Thảo, Dương Thị Mai Chinh, Lê Anh Tài, Trần Thị Tuyết Vinh,Nguyễn Thị Thu Hà, (2020). *Thành lập bản đồ khô hạn tổng hợp tỉnh Ninh Thuận bằng phương pháp chiết xuất và tổng hợp thông tin địa không gian từ dữ liệu Landsat 8 OLI-TIR (in Vietnames)*. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất, 61(4), 11-24. doi: 10.46326/jmes.2020.61(4).02

8. Aksoy, S., Gorucu, O.,Sertel, E., (2019). *Drought Monitoring using MODIS derived indices*

*and Google Earth Engine Platform.* 2019 8th International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics). 1-6. doi: 10.1109/Agro-Geoinformatics.2019.8820209

9. Alshaikh, A. Y., (2015). *Space applications for drought assessment in Wadi-Dama (West Tabouk), KSA.* The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 18(1, Supplement 1), S43-S53. doi: https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.07.001

10. Chander, G., Markham, B. L.,Helder, D. L., (2009). *Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors*. Remote Sensing of Environment, 113(5), 893-903. doi: https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007

11. Du, T., Bui, D., Nguyen, M.,Lee, H., (2018). *Satellite-Based, Multi-Indices for Evaluation of Agricultural Droughts in a Highly Dynamic Tropical Catchment, Central Vietnam*. Water, 10. doi: 10.3390/w10050659

12. Gao, B.-c., (1996). *NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space*. Remote Sensing of Environment, 58(3), 257-266. doi: https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3

13. Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D.,Moore, R., (2017). *Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone*. Remote Sensing of Environment, 202, 18-27. doi: https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031

14. Gu, Y., Brown, J., Verdin, J.,Wardlow, B., (2007). *A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States*. Geophysical Research Letters, 34, 6. doi: 10.1029/2006GL029127

15. Khan, R., Gilani, H., Iqbal, N.,Shahid, I., (2019). *Satellite-based (2000-2015) drought hazard assessment with indices, mapping, and monitoring of Potohar plateau, Punjab, Pakistan*. Environmental Earth Sciences, 79(1), 23. doi: 10.1007/s12665-019-8751-9

16. Kumar, L.,Mutanga, O., (2019). *Google Earth Engine Applications*. Remote Sensing, 11, 591. doi: 10.3390/rs11050591

17. Sazib, N., Mladenova, I.,Bolten, J., (2018). *Leveraging the Google Earth Engine for Drought Assessment Using Global Soil Moisture Data*. Remote Sensing, 10, 1265. doi: 10.3390/rs10081265

18. Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C.,Paolini, L., (2004). *Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5*. Remote Sensing of Environment, 90(4), 434-440. doi: https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003

19. Tucker, C. J., (1979). *Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation*. Remote Sensing of Environment, 8(2), 127-150. doi: https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0

20. Vermote, E., Justice, C., Claverie, M.,Franch, B., (2016). *Preliminary analysis of the performance of the Landsat 8/OLI land surface reflectance product*. Remote Sensing of Environment, Volume 185(Iss 2), 46-56. doi: 10.1016/j.rse.2016.04.008

21. Weng, Q., Lu, D.,Schubring, J., (2004). *Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies*. Remote Sensing of Environment, 89(4), 467-483. doi: https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.11.005

22. Xiao, X., Longhua, H., Salas, W., Li, C., Moore, B., Zhao, R., . . . Boles, S., (2002). *Quantitative relationships between field-measured leaf area index and vegetation index derived from VEGETATION images for paddy rice fields*. International Journal of Remote Sensing - INT J REMOTE SENS, 23, 3595-3604. doi: 10.1080/01431160110115799

## ABSTRACT

# POTENTIAL FOR APPLICATION OF GOOGLE EARTH ENGINE CLOUD COMPUTING PLATFORM FOR DROUGHT ASSESSMENT FROM REMOTE SENSING IMAGERY, A CASE STUDY IN BINH DINH PROVINCE

**Pham Thi Thanh Hoa, Nguyen Minh Hai**
*Hanoi University of Mining and Geology*
*Corresponding author: phamthithanhhoa@humg.edu.vn*

Today, with the appearance of the Google Earth Engine cloud computing platform, the researches about natural resources and the environment have brought significant positives, reducing computer storage and time for computing and processing big geodata. Therefore, this study has applied JavaScript programming on the Google Earth Engine platform to quickly create the results of drought zoning with the case study in Binh Dinh province, using Normalized Difference Drought Index (NDDI) and Water Supplying Vegetation Index (WSVI) from Landsat 8 images. The research results were compared with the drought map which established in the research project about drought risk in Southern Central provinces in 2015. Regarding space, the overlap of the maps show the similarity in the distribution of drought areas in the study area. Quantiative statistics show that the differences in drought area are 5.9% and 12.6% with NDDI and WSVI index respectively. In general, the results also reflect the reliability of the method. Severe and moderate drought areas were concentrated mainly in the Eastern coastal area, the area near the center of Binh Dinh province, including the districts of Hoai Nhon, Phu My, An Nhon, Tay Son and Tuy Phuoc, corresponding to low WSVI and high NDDI values.

*Keywords*: Drought, NDDI, WSVI, Google Earth Engine, Binh Dinh province

# KẾT HỢP ƯU ĐIỂM CỦA ẢNH VIỄN THÁM SIÊU CAO TẦN VÀ ẢNH QUANG HỌC TRONG THÀNH LẬP BẢN ĐỒ THỰC PHỦ/SỬ DỤNG ĐẤT

**Trần Hồng Hạnh [1], Trần Vân Anh [1], Lê Thanh Nghị [1],**
**Nguyễn Hữu Trung [2], Võ Thanh Bình [3], Nguyễn Minh Thuân[4]**
*[1] Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*[2] Học viện lục quân*
*[3] Ban quản lý dự án và phát triển quỹ đất quận Ninh Kiều (Cần Thơ)*
*[4] Cục Bản đồ - BTTM*
*Tác giả liên hệ: tranhonghanh@humg.edu.vn; hanhtranvub@gmail.com*

**Tóm tắt:** Ảnh viễn thám quang học rất hiệu quả trong việc giám sát và thành lập bản đồ thực phủ và bản đồ sử dụng đất. Tuy nhiên, các dữ liệu bị hạn chế do các đám mây che phủ thường xuyên ở vùng nhiệt đới như Việt Nam. Trong khi đó, dữ liệu ảnh viễn thám siêu cao tần lại rất hữu hiệu trong việc khắc phục vấn đề này. Mục đích của bài báo là tìm hiểu các ưu nhược điểm của từng loại ảnh và thực nghiệm kết hợp chúng. Các kỹ thuật tổ hợp màu như NDVI, PCA, và màu tổng hợp (HIS và Brovey) đã được sử dụng khi kết hợp hai loại ảnh. Nghiên cứu sẽ rất hữu ích cho các nhà khoa học trong việc nghiên cứu kết hợp để chiết xuất các thông tin cần thiết từ ảnh tổ hợp hai loại ảnh radar và ảnh quang học, làm tăng độ chính xác của phân loại, tiết kiệm thời gian và chi phí cho khảo sát thực địa.

**Từ khóa:** Ảnh siêu cao tần, ảnh quang học, bản đồ thực phủ/sử dụng đất, ưu nhược điểm, tổ hợp màu

## 1. Mở đầu

Thực phủ được định nghĩa là các thuộc tính lý - sinh của bề mặt Trái đất và lớp sát dưới bề mặt, nó thay đổi theo không gian và thời gian (Lambin và cộng sự, 2003). Sử dụng đất được xác định là các mục đích mà con người khai thác lớp thực phủ. Nó đề cập đến việc con người tác động đến các thuộc tính này để đáp ứng các nhu cầu khác nhau, chẳng hạn như trong nông nghiệp, chăn nuôi, … (Lambin và cộng sự, 2003). Do đó, việc sử dụng đất ảnh hưởng đến lớp thực phủ và sự thay đổi thực phủ lại có ảnh hưởng ngược lại đến việc sử dụng đất. Thực phủ và sử dụng đất có mối liên hệ mật thiết với nhau, và các mối liên kết xác định một hệ thống con người - môi trường hoặc xã hội - lý sinh học trong các bối cảnh không gian và thời gian cụ thể.

Viễn thám là một phương pháp rất phổ biến và hữu ích trong việc điều tra những thay đổi môi trường do các hoạt động của con người hoặc các hiện tượng tự nhiên nói chung và trong phân tích thay đổi thực phủ, sử dụng đất nói riêng (Claudia Kuenzer, 2011). Và nó thực sự cũng rất hữu hiệu đối với các khu vực có khí hậu nhiệt đới như Việt Nam. Các dữ liệu của vệ tinh viễn thám quang học như SPOT, LANDSAT, QUICKBIRD, IKONOS, ASTER … được sử

dụng vì những ưu điểm bao gồm cả độ phân giải không gian và thời gian (James Campbell, 2011).

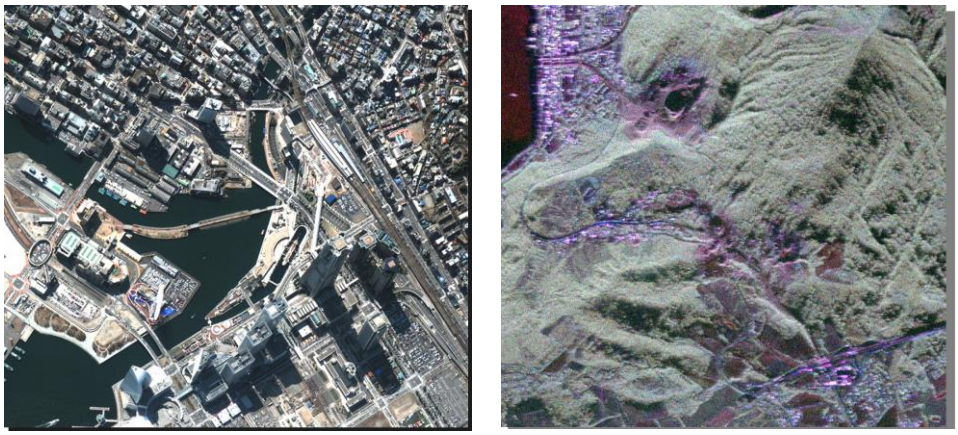
Các ưu điểm của viễn thám quang học bao gồm khả năng bao phủ các khu vực rộng lớn với các chi tiết về không gian cao, tần số thời gian cao. Ngoài ra, nó còn có tính chất phân loại ảnh vệ tinh rõ, cải tiến về các đặc điểm không gian và phổ, và thu thập các bộ dữ liệu đa thời gian có giá trị, bao gồm các loại dữ liệu quang học khác nhau. Tuy nhiên, nhược điểm của dữ liệu quang học là ảnh hưởng của mây che phủ. Ở những khu vực thường xuyên bị mây che phủ, nó sẽ trở thành một vấn đề đáng kể để có thể phân loại được đối tượng dưới khu vực bị mây che (John A. Richards, 1994).

Ngược lại, ảnh viễn thám radar như ALOS PALSAR, RADARSAT, TERRASAR-X,... không bị ảnh hưởng vấn đề mây phủ nhưng lại bị ảnh hưởng địa hình. Vì vậy, sự kết hợp của ảnh radar và ảnh viễn thám quang học trong lập bản đồ thực phủ/sử dụng đất là hết sức cần thiết để kết hợp kết hợp được những ưu điểm của chúng.

Ở trên thế giới, đã có nhiều nghiên cứu về sự kết hợp hai đối tượng ảnh radar và ảnh quang học hay các nghiên cứu về tổ hợp màu (Neha Joshi và cộng sự, 2016; Kristof Van Tricht và cộng sự, 2018; Terry Idol và cộng sự, 2015). Các nghiên cứu đều rất hữu ích cho các nhà khoa học về phương pháp tổ hợp màu cũng như các giá trị kết hợp hai loại ảnh này với nhau với các mục đích nghiên cứu khác nhau.

**2. Ưu nhược điểm của ảnh radar và ảnh quang học**

Ảnh vệ tinh quang học được thu nhận ở vùng sóng nhìn thấy và cận hồng ngoại. Ưu điểm nổi bật của ảnh quang học là chất lượng hình ảnh tốt, ít bị biến dạng, ít nhiễu, rõ nét, gần gũi với sự cảm nhận của con người, cho phép dễ` dàng giải đoán và chiết tách thông tin. Hình ảnh các đối tượng trên ảnh quang học thường là rõ ràng, sắc nét, dễ đoán đọc, nhận dạng. Tuy nhiên, ảnh quang học thường bị ảnh hưởng bởi mây mù che phủ.



*Hình 1. Ví dụ hình ảnh của ảnh quang học QUICKBIRD (trái) và ảnh radar RADARSAT (phải)*

Những ưu điểm chính của ảnh radar là khả năng chụp ảnh trong mọi thời tiết, mọi thời gian, không bị ảnh hưởng bởi khí quyển; nhạy cảm với các đặc tính điện môi, với độ nhám bề mặt,... Trong khi ảnh quang học chỉ phản ánh các thông tin trên bề mặt thì ảnh radar không chỉ

cung cấp các thông tin về tán xạ bề mặt mà cả tán xạ của khối vật chất. Điều này rất hữu ích khi nghiên cứu về thực phủ có tán cây. Trong nhiều trường hợp ảnh radar tỏ ra nhạy hơn với mật độ và cấu trúc bề mặt của các đối tượng hơn so với ảnh quang học (ví dụ: phân biệt giữa rừng thưa và rừng rậm). Hình 1 là ví dụ rõ nét về hình ảnh của hai loại ảnh quang học và ảnh viễn thám siêu cao tần.

Tuy nhiên ảnh vệ tinh radar được chụp ở vùng sóng micro, cách xa dải sóng nhìn thấy và cận hồng ngoại nên hình ảnh rất khác biệt so với cảm nhận thông thường của con người. Mặt khác, do bản chất sử dụng các sóng radar có cùng pha để chụp ảnh nên ảnh radar chứa rất nhiều nhiễu. Nó có hạn chế so với ảnh quang học là tương tác phức tạp, xử lý phức tạp, bị ảnh hưởng bởi nhiễu, ảnh hưởng bởi địa hình và độ gồ ghề bề mặt. Hình ảnh các đối tượng trên ảnh radar thường không thực sự rõ ràng và sắc nét như trên ảnh quang học. Thông thường phải xử lý nhiễu đối với ảnh viễn thám siêu cao tần thông qua phin lọc (A.V. Meenakshi và công sự, 2011).

Xét về đặc điểm độ phân giải không gian, về ưu điểm, ảnh quang học có các kênh đa phổ (R-G-B, cận hồng ngoại, kênh nhiệt,..), còn ảnh viễn thám radar thì lại là các bức xạ siêu cao tần, chuyển các thông tin thay đổi về cấu trúc bề mặt, bước sóng và phân cực khác nhau. Về nhược điểm, thì đối với cả hai loại ảnh quang học và ảnh viễn thám siêu cao tần, những kỹ thuật viên khi xử lý ảnh quang học đều đòi hỏi phải kỹ năng lành nghề xử lý.

Xét về đặc điểm độ phân giải phổ, ảnh quang học rất phù hợp để lập bản đồ khu vực rộng lớn, còn ảnh viễn thám siêu cao tần thì đa dạng. Nhược điểm của ảnh quang học là kém trong trong phân tích sâu các đối tượng và tham số khác nhau. Còn ảnh viễn thám siêu cao tần thì độ phần giải phổ thường thấp hơn (10-1000m), trừ ảnh TerraSAR-X (1.25m).

Xét về độ phân giải thời gian, ưu điểm của ảnh quang học là tần suất ảnh thường xuyên, mùa mưa cũng như mùa khô, hàng năm lặp lại. Còn ảnh siêu cao tần thì độ phân giải thời gian cũng cao và không phụ thuộc vào thời tiết. Nhược điểm chính của ảnh quảng học là tốc độ lặp lại có thể chậm để ghi lại ảnh hưởng các hiện tượng cực đoan; phụ thuộc vào thời tiết (ví dụ vấn đề mây che phủ ở khu vực nhiệt đới và cận nhiệt đới).

**3. Thực nghiệm kết hợp hai loại ảnh trong tổ hợp màu và kết quả**

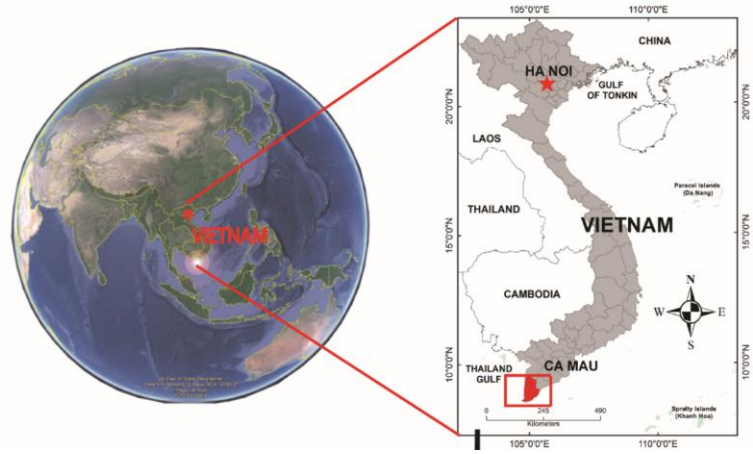
Kỹ thuật sử dụng trong nghiên cứu này khi kết hợp hai loại ảnh là kỹ thuật tổ hợp màu. Việc tổ hợp các dữ liệu khác nhau được thực hiện trước khi phân loại. Thông tin từ dữ liệu tổ hợp sau đó được sử dụng để phân tích, giải đoán thêm vào các thông tin còn thiếu do mây che phủ ở ảnh quang học.

Để đạt được mục tiêu phát triển kỹ thuật tổ hợp màu tạo bản đồ thực phủ/sử dụng đất từ dữ liệu viễn thám quang học và radar, quy trình xử lý các dữ liệu bao gồm việc áp dụng các phin lọc khác nhau, các phương pháp tổ hợp màu, phân loại dữ liệu quang học và dữ liệu tổ hợp màu, cuối cùng bản đồ thực phủ/sử dụng đất được thành lập. Các thông tin từ hình ảnh radar là rất hữu ích trong việc sử dụng để bổ sung vào các thông tin chưa giải đoán được do ảnh hưởng đám mây trên ảnh quang học bởi vì ảnh viễn thám siêu cao tần có khả năng xuyên qua mây.

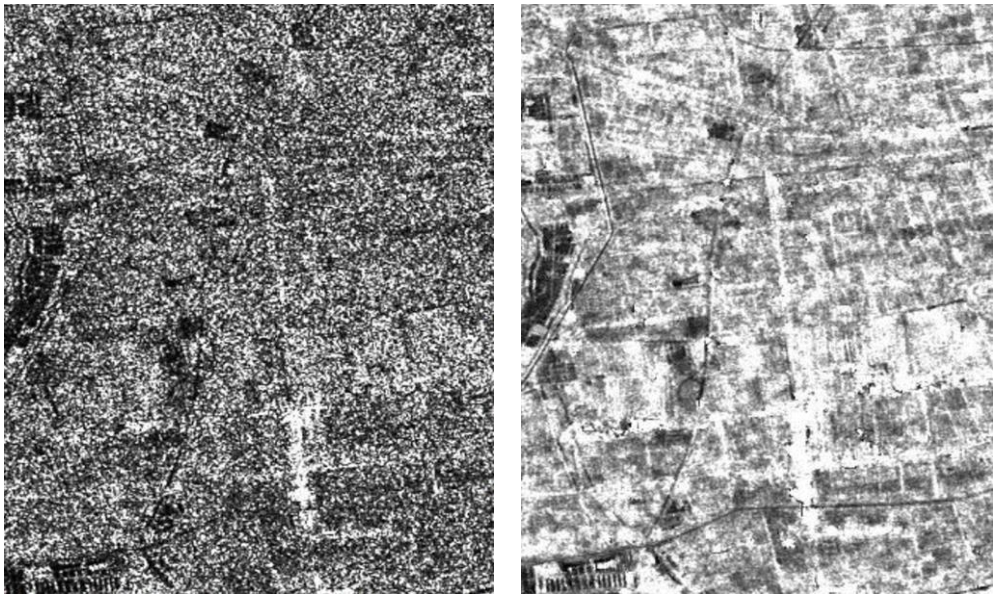
Thực nghiệm với dữ liệu ảnh quang học sử dụng là ảnh đa phổ SPOT 5 (độ phân giải

không gian 10m) và ảnh ALOS PALSAR (độ phân giải không gian 12,5 m, phân cực HH và băng L) cùng thời gian cùng địa điểm (khu vực thực nghiệm ở Đồng bằng song Cửu Long) (Hình 2.). Các dữ liệu được xử lý với phần mềm viễn thám ENVI 5.0 và biên tập bằng phần mềm ArcGIS 10.0. Các ảnh này đều được nắn chỉnh hình học theo phương pháp nắn ảnh theo bản đồ (cụ thể là bản đồ địa hình) về hệ tọa độ quốc gia VN- 2000. Các bản đồ chuyên đề như bản đồ hiện trạng sử dụng đất, bản đồ địa hình, bản đồ địa chính, Google Earth,… được thành lập trước đó được sử dụng để kiểm tra, đánh giá độ chính xác của kết quả phân loại.

Việc lọc nhiễu, tăng cường chất lượng ảnh radar là một bước rất quan trọng trong quá trình xử lý ảnh. Bản chất của hệ thống radar là chụp nghiêng và là hệ thống đo khoảng cách dựa vào thời gian phản hồi. Đối với ảnh SAR, các phin lọc Lee, Frost, Gamma-MAP đã được chứng minh là các phin lọc rất thích hợp để lọc nhiễu và tăng cường chất lượng ảnh (A.V. Meenakshi và công sự, 2011). Phin lọc Lee, và phin lọc Gamma, đã được phát triển là bộ lọc tiêu chuẩn cho xử lý ảnh radar. Hình 3. mô tả phin lọc Lee kích thước pixel 5x5 rất hiệu quả lọc bỏ nhiễu cho khu vực tán xạ dày đặc.




*Hình 2. Khu vực thực nghiệm thuộc đồng bằng sông Cửu Long*



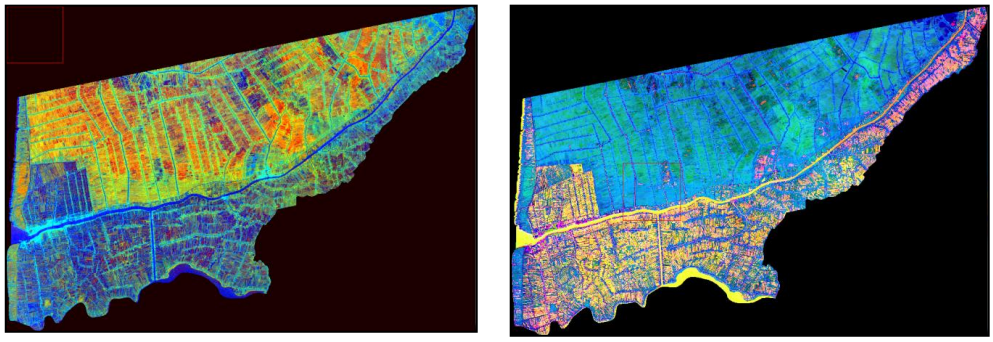
*Hình 3. Ảnh ALOS PALSAR (trái) và hình ảnh sau lọc bằng phin lọc Lee (5x5) (phải)*

Kỹ thuật tổ hợp màu được áp dụng để tích hợp thông tin từ ảnh quang học và ảnh radar. Kỹ thuật này cho phép tạo ra một hoặc nhiều kênh mới có chứa thông tin từ các kênh đầu vào. Mỗi kênh có đặc điểm cụ thể cho phân loại. Hiện tại tồn tại nhiều loại tổ hợp màu ảnh radar và ảnh vệ tinh quang học. Trong nghiên cứu này, một số loại dữ liệu tổ hợp màu đã được áp dụng: kết hợp các ảnh gốc, tổ hợp NDVI + ảnh viễn thám siêu cao tần + ảnh quang học, tổ hợp Brovey của ảnh radar và ảnh quang học, tổ hợp RGB-HIS hợp cho ảnh radar và ảnh quang học; tổ hợp PCA cho ảnh radar và ảnh quang học. Trong những ảnh tổ hợp, các đối tượng bề mặt đất có thể nhìn được sự tách biệt khá dễ dàng (Hình 4).

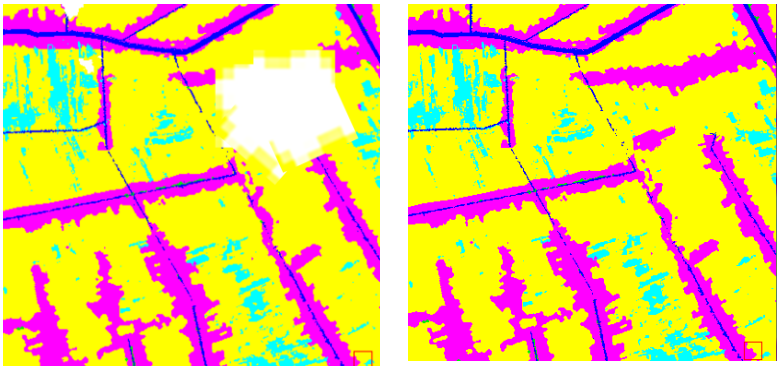
Các tổ hợp màu được thực hiện phân loại không kiểm định và phân loại kiểm định. Sau đó, kết quả phân loại không kiểm định, các bản đồ chuyên đề, Google Earth được sử dụng như các tài liệu tham khảo, gộp lớp, cho việc phân loại kiểm định dữ liệu tổ hợp màu.

Hình 5 mô tả phân loại ảnh SPOT khi bị mây che phủ so sánh với phân loại ảnh tổ hợp kết hợp ảnh siêu cao tần và ảnh quang học tại khu vực thực nghiệm.

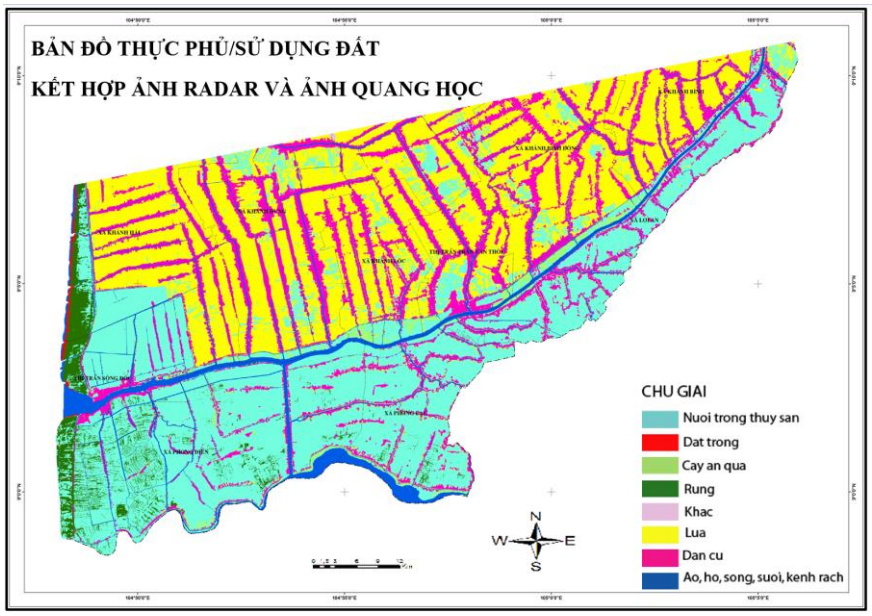
Các mẫu hiệu chỉnh (calibration) để phân loại và mẫu kiểm tra (validation) để đánh giá độ chính xác được chia theo tỷ lệ 50%. Trong phân loại tổ hợp màu, phương pháp hàm xác suất cực đại được áp dụng để tách biệt các lớp trong lớp thực phủ/sử dụng đất. Sự khác biệt phổ của lớp thực phủ/sử dụng đất lúc này rất rõ ràng. Kết quả đánh giá độ chính xác phân loại có kiểm định của dữ liệu tổ hợp màu với độ chính xác tổng thể và hệ số Kappa tương ứng là 86% và 0.86, tương ứng. Cuối cùng, phần mềm ArcGIS 10.0 được sử dụng để biên tập và thành lập bản đồ thực phủ/sử dụng đất với 8 đối tượng tương ứng (Hình 6.).



*Hình 4. Ví dụ về tổ hợp màu NDVI + ảnh Radar + ảnh SPOT (trái) và RGB - HSV (phải)*



*Hình 5. Ví dụ về khu vực phân loại ảnh SPOT có mây che phủ (trái) và phân loại ảnh tổ hợp (phải)*




*Hình 6. Bản đồ thực phủ/sử dụng đất kết hợp ưu điểm của ảnh viễn thám siêu cao tần và ảnh quang học*

## 4. Kết luận và kiến nghị

Mỗi loại ảnh (viễn thám siêu cao tần và quang học) đều có những ưu điểm và nhược điểm nhất định. Sự kết hợp của dữ liệu viễn thám siêu cao tần và quang học để lập bản đồ thực phủ/sử dụng đất rất giá trị trong nghiên cứu vì nó cho phép kết hợp những ưu điểm của hai loại ảnh khác nhau, đặc biệt ở những khu vực thường xuyên được bị bao phủ bởi mây, đặc trưng của khí hậu vùng nhiệt đới như ở Việt Nam.

Phân tích ảnh tổ hợp có thể được coi là một phương pháp hiệu quả vì nó cho phép chiết xuất các thông tin cần thiết từ cả hai loại ảnh radar và ảnh quang học. Dữ liệu tổ hợp cung cấp nhiều thông tin hữu ích, làm tăng độ chính xác của phân loại, tiết kiệm thời gian và chi phí cho khảo sát thực địa.

Nghiên cứu cần được tiếp tục phát triển kết hợp ở những loại ảnh quang học và radar khác nhau, cũng như ở những khu vực thực nghiệm khác để có được những kết quả đa dạng hơn.

## Tài liệu tham khảo

1. A.V. Meenakshi, V. Punitham, 2011. Performance of speckle noise reduction filters on active radar and SAR images. International journal of Technology and Engineering System (IJTES), Vol2, No1 (1), pp. 111-114.

2. Claudia Kuenzer, 2011. Remote Sensing of Mangrove Ecosystems: A review. Remote Sensing, 3, pp. 878-928.

3. James Campbell (2011). *Introduction to Remote Sensing* (5th Edition). Printed in the Guilford Press, pp. 1-662.

4. John A. Richards (1994), *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Printed in Springer-Verlag, Germany, pp. 1-503.

5. Kristof Van Tricht, Anne Gobin Sven Gilliams, Isabelle Piccard, 2018. Synergistic Use of Radar Sentinel-1 and Optical Sentinel-2 Imagery for Crop Mapping: A Case Study for Belgium. Remote Sens., 10(10), 1642, pp. 1-22.
6. Lambin E. F., Geist H. J., Lepers, E., 2003. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. Annual Reviews of Environment and Resources 28, 205-241.
7. Neha Joshi, Matthias Baumann, Andrea Ehammer, Rasmus Fensholt, 2016. A Review of the Application of Optical and Radar Remote Sensing Data Fusion to Land Use Mapping and Monitoring. Remote Sens., 8(1), 70, pp. 1-23.
8. Terry Idol, Barry Haack, Ron Mahabir, 20. Radar and optical remote sensing data evaluation and fusion; a case study for Washington, DC, USA. International Journal of Image and Data Fusion, Vol 6, Issue 2, pp. 138-154.

## ABSTRACT

## ADVANTAGEOUS COMBINATION OF MICROWAVE AND OPTICAL IMAGES IN LAND COVER/LAND USE MAPPING

**Tran Hong Hanh [1], Tran Van Anh [1], Le Thanh Nghi [1],**
**Nguyen Huu Trung [2], Vo Thanh Binh [3], Nguyen Minh Thuan[4]**
*[1] Hanoi University of Mining and Geology*
*[2] Army Academy*
*[3] Ninh Kieu Project Management and Land Development Department (Can Tho)*
*[4] Department of Cartography - General Staff*
*Corresponding author: tranhonghanh@humg.edu.vn; hanhtranvub@gmail.com*

Optical remote sensing images are very effective in monitoring and establishing land cover and land use maps. However, data are limited due to frequent cloud covers in tropical regions like Vietnam. Meanwhile, microwave data is efficient in solving this problem. The aims of the paper are to research the advantages and disadvantages of each type of image and to combine them for studying. Fusion techniques such as NDVI, PCA, HIS, and Brovey were used when combining these two ones. The study will be very useful for scientists to research the combination of these two images in order to extract the necessary information from the fusion images, to increase the classification accuracy, and to save the time and field cost.

*Keywords*: Microwave image, Optical image, Land cover/land use map, Advantages and disadvantages, Fusion

# ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐỊA TIN HỌC NGHIÊN CỨU TÁC ĐỘNG CỦA HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC THAN ĐẾN LỚP PHỦ BỀ MẶT KHU VỰC THÀNH PHỐ CẨM PHẢ, TỈNH QUẢNG NINH

**Lê Thị Thu Hà, Nguyễn Văn Trung , Phan Văn Khoái, Nguyễn Giang Thọ, Nguyễn Ngọc Khoa, Nguyễn Đăng Phương, Võ Thị Tuyết, Nguyễn Hữu Trung**

*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

*Tác giả liên hệ: lethithuha@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu xác định, phân tích các tác động của quá trình mở rộng khai trường khai thác mỏ đến một số thành phần môi trường tại các khu vực đã và đang diễn ra các hoạt động khai thác khoáng sản. Bài báo này đã sử dụng chuỗi dữ liệu viễn thám đa thời gian tích hợp với công cụ phân tích không gian trên hệ thống thông tin địa lý nhằm nghiên cứu diễn biến biến động của một số loại hình lớp phủ điển hình bị ảnh hưởng trực tiếp do hoạt động khai thác than lộ thiên tại thành phố Cẩm Phả, Quảng Ninh giai đoạn 1990 đến 2020. Các kết quả nghiên cứu cho thấy hầu hết trong giai đoạn nghiên cứu, diện tích đất được thực vật che phủ đã suy giảm khoảng 21,3% và diện tích khai thác tăng khoảng 9 lần kể từ năm 1990 đến năm 2020. Tổng diện tích lớp phủ thực vật bị mất trong thời kỳ nghiên cứu là 7983,45 ha, trong khi đó chuyển thành khu vực khai thác than khoảng 4321,620 ha. Nghiên cứu cũng cho thấy rằng các hoạt động khai thác than trực tiếp gây suy giảm lớn đến lớp phủ nước mặt và đất trống. Kết quả của nghiên cứu này cung cấp thêm thông tin hỗ trợ cho các các nhà quản lý hoạt động khai thác than, các ban ngành liên quan đang nỗ lực xây dựng các chiến lược bảo vệ môi trường khu vực khai thác khoáng sản trong khu vực nghiên cứu.

**Từ khóa:** Hoạt động khai thác than, biến động lớp phủ bề mặt, công nghệ địa tin học.

## 1. Đặt vấn đề

Công nghiệp khai thác than là một ngành kinh tế chủ lực quan trọng của nước ta, bảo đảm nhiên liệu cho sản xuất công nghiệp quan trọng như sản xuất điện, thép, xi măng, phân bón, thu hút lượng lớn lao động và đem lại nguồn lợi nhuận không nhỏ cho đất nước [1]. Bên cạnh các lợi ích mang lại, khai thác khoáng sản là ngành công nghiệp ảnh hưởng mạnh mẽ đối với các thành phần tài nguyên môi trường, bao gồm tất cả các hình thái tác động như: ô nhiễm môi trường, suy thoái môi trường, tai biến môi trường và phá vỡ thế hài hòa vốn có của cảnh quan thiên nhiên trên một diện tích rộng lớn [3].

Trong những năm gần đây, kỹ thuật địa tin học đã và đang được ứng dụng rộng rãi trong các nghiên cứu, xác định diễn biến sự biến động các thành phần tài nguyên và môi trường [2,5,6,7,8]. Địa tin học là một khoa học ứng dụng, các ứng dụng của nó liên quan đến phương pháp tích hợp để: đo lường, phân tích, quản lý và hiển thị dữ liệu địa lý trên không gian [4]. Kỹ thuật địa tin học là khảo sát toàn bộ hoặc một phần của trái đất với các kỹ thuật khác nhau (hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu (GNSS), viễn thám (RS), hệ thông tin địa lý (GIS), kỹ thuật

laser (LIDAR, TLS),...) và kết quả dữ liệu không gian được quản lý, phân tích và hiển thị trên bản đồ số [3, 4].

**Thành phố Cẩm Phả** là một trung tâm công nghiệp của tỉnh Quảng Ninh, với nhiều ngành sản xuất như: than, nhiệt điện, xi măng...Tuy nhiên, công nghiệp khai thác than đang là ngành chiếm tỷ trọng lớn trong cơ cấu kinh tế của thành phố. Trữ lượng than đá của TP. Cẩm Phả với tổng tiềm năng ước tính trên 3 tỷ tấn trong tổng số 8,4 tỷ tấn trữ lượng than của toàn tỉnh Quảng Ninh. Hiện nay, TP. Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh có gần 30 doanh nghiệp sản xuất, chế biến, kinh doanh than thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) và Tổng Công ty Đông Bắc; 6 đơn vị khai thác khoáng sản ngoài than (gồm mỏ đá vôi, mỏ đất) phục vụ các dự án đầu tư tại địa phương. Đây là lợi thế để TP. Cẩm Phả phát triển những nghành công nghiệp mũi nhọn, góp phần phát triển kinh tế- xã hội của địa phương. Tuy nhiên, cùng với việc phát triển các ngành công nghiệp, đặc biệt phát triển công nghiệp khai thác than, TP. Cẩm Phả hiện đang phải đối mặt với những nguy cơ về vấn đề ô nhiễm môi trường do bụi, khí, nước thải từ các khai trường khai thác than, nhà máy điện, xi măng phát tán ra môi trường, gây ảnh hưởng tới đời sống nhân dân trên địa bàn [1]. Trong hai hình thức *khai thác* mỏ, khai thác mỏ lộ thiên là một hình thức khai thác mỏ mà theo đó cần phải bóc lớp đất đá phủ trên loại khoáng sản cần khai thác. Do vậy, rất nhiều các nghiên cứu đã khẳng định, khai thác mỏ lộ thiên là hình thức khai thác khoáng sản gây ra các biến động mạnh về cảnh quan, địa hình, làm biến đổi mạnh mẽ bề mặt lớp phủ của khu vực [1, 2, 3].

Với mục tiêu muốn xác định rõ các tác động của sự đẩy mạnh hoạt động khai thác khoáng sản và mở rộng khai trường khai thác than tại các mỏ lộ thiên, nghiên cứu này tập trung phân tích, đánh giá sự biến động của các loại hình lớp phủ bề mặt bị tác động của quá trình đẩy mạnh hoạt động khai thác than tại TP. Cẩm Phả trong giai đoạn 30 năm (từ năm 1990 đến năm 2020) bằng công nghệ viễn thám và GIS. Mục tiêu của nghiên cứu là định lượng được các loại hình lớp phủ bị ảnh hưởng nặng nề nhất do sự mở rộng khu vực khai thác than trên khu vực nghiên cứu và hiển thị kết quả trên không gian theo các giai đoạn nghiên cứu cụ thể.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### *2.1. Dữ liệu nghiên cứu*

Dữ liệu ảnh vệ tinh được sử dụng là 04 cảnh ảnh Landsat 5 TM và Landsat 8 OLI lấy từ trang web https://glovis.usgs.gov và đã được xử lý ở mức độ 2 (sản phẩm này đã được cải chính biến dạng do chênh cao địa hình, đã được hiệu chỉnh các thông số khí quyển trong quá trình thu nhận ảnh để có được sản phẩm phổ phản xạ bề mặt đất).

Dữ liệu viễn thám dùng trong nghiên cứu này có độ phủ trùm toàn bộ khu vực nghiên cứu, độ phân giải không gian là 30 m đối với các kênh ảnh đa phổ. Landsat 5 TM và Landsat 8 OLI là hai ảnh có độ phân giải trung bình và thông tin cụ thể được thể hiện trong bảng 1.

*Bảng 1. Thông tin cơ bản về dữ liệu ảnh vệ tinh được sử dụng*

| Bộ cảm | Hàng/cột | Ngày thu nhận ảnh | Thời gian thu nhận ảnh | Độ phân giải không gian ảnh (m) |
|---|---|---|---|---|
| TM | 126/045 | 26/11/1990 | 14h36' | 30 |
| TM | 126/045 | 05/11/2000 | 14h56' | 30 |
| TM | 126/045 | 03/12/2010 | 15h07’ | 30 |
| OLI | 126/045 | 12/11/2020 | 15h17’ | 30 |

### *2.2. Phương pháp nghiên cứu*

2.2.1 Phương pháp phân loại lớp phủ bề mặt từ ảnh vệ tinh đa phổ

Hiện trạng sử dụng đất/lớp phủ đất của TP. Cẩm Phả các năm 1990, 2000, 2010 và 2020 được thành lập từ ảnh LANDSAT 5 TM và LANDSAT 8 OLI thu được trong những năm nói trên. Do các ảnh của nghiên cứu này đã được xử lý ở mức độ 2, do đó quá trình tiền xử lý ảnh chỉ phải sử dụng tính năng nâng cao quang phổ trong phần mềm eCognition Developer nhằm có được chất lượng của hình ảnh tốt nhất.

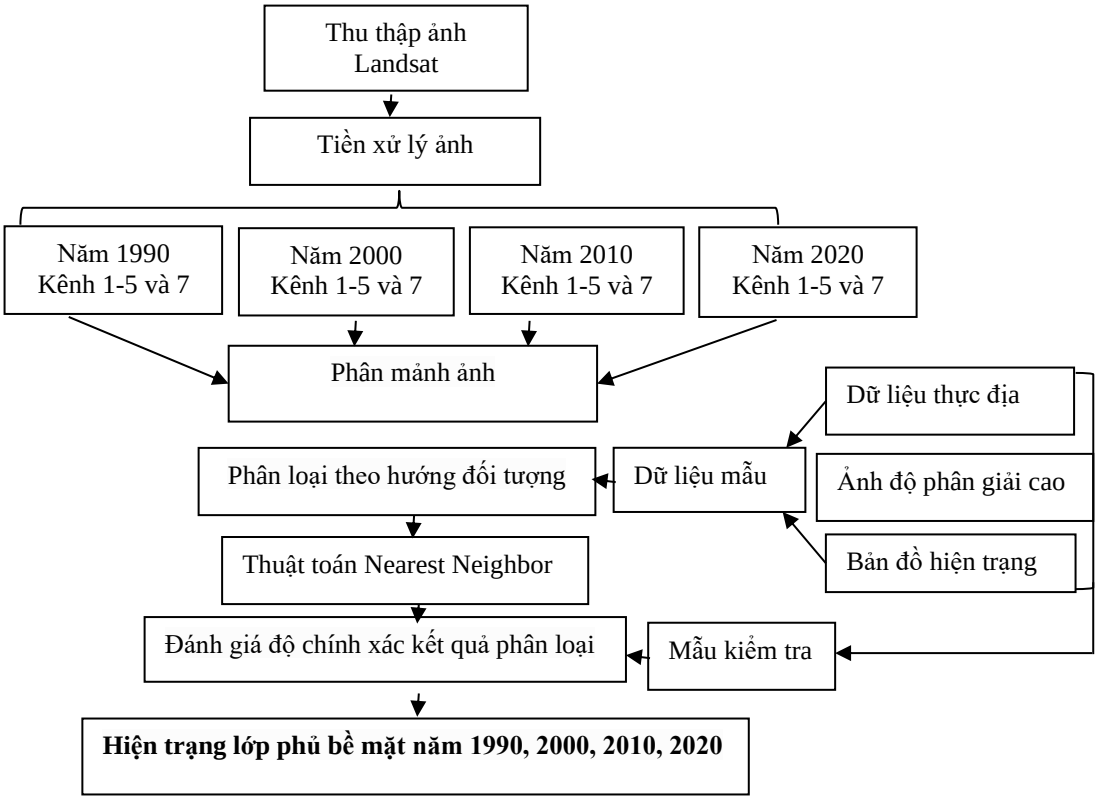
Phương pháp tiếp cận dựa trên đối tượng (object-based approach) được sử dụng để phân loại các ảnh Landsat đã thu thập với 5 loại hình lớp phủ: Khu dân cư, Khu vực khai thác mỏ, Thực vật, Nước mặt và Đất trống. Phân loại ảnh dựa trên đối tượng sử dụng các đối tượng địa lý làm đơn vị cơ bản để phân loại lớp phủ đất. Cách tiếp cận này làm giảm sự biến đổi bên trong lớp và thường loại bỏ các hiệu ứng muối tiêu do các pixel bị cô lập chủ yếu do phân loại sai. Phương pháp này có lợi thế hơn các phương pháp phân loại khác vì nó kết hợp nhiều nguồn thông tin khác nhau như kết cấu, hình dạng và vị trí làm cơ sở để phân loại. Do đó, bài báo này khám phá sâu hơn và chứng minh khả năng của phần mềm phân tích hình ảnh hướng đối tượng eCognition để phân loại lớp phủ đất từ hình ảnh Landsat ETM. Sự kết hợp của mô tả đối tượng phức tạp, mạng đối tượng hình ảnh phân cấp và hệ thống mờ khiến eCognition trở thành thách thức đối với việc giải thích hình ảnh dựa trên tri thức trong một loạt các ứng dụng phân loại lớp phủ đất.

Quy trình phương pháp được áp dụng cho nghiên cứu này được thể hiện trên hình 1. Trong bước đầu tiên, các ảnh đã được cắt theo ranh giới TP. Cẩm Phả và được nâng cao chất lượng quang phổ trong phần mềm eCognition Developer nhằm có được chất lượng của hình ảnh tốt nhất trước khi phân mảnh ảnh. Trong bước thứ hai, các đối tượng ảnh được tạo bằng thuật toán phân đoạn ảnh. Các mẫu huấn luyện được sử dụng để phân loại đã được lựa chọn cẩn thận sau khi điều tra thực địa và tham khảo các dữ liệu phụ trợ sẵn có. Bước cuối cùng, độ chính xác của kết quả phân loại thu được phương pháp phân loại theo hướng đối tượng được đánh giá bằng cách sử dụng các dữ liệu tham khảo đáng tin cậy (dữ liệu khảo sát thực địa, ảnh vệ tinh độ phân giải cao trên Google Earth, bản đồ hiện trạng sử dụng đất năm 2020 khu vực nghiên cứu).

2.2.2 Phương pháp xác định sự chuyển đổi các loại hình lớp phủ thành khu vực khai thác than

Trong nghiên cứu này, để xác định và phát hiện các thay đổi chi tiết các lớp phủ bề mặt tại khu vực khai thác than lộ thiên ở vùng Cẩm Phả được thực hiện bằng phương pháp so sánh

biến động sau phân loại. Phương pháp so sánh sau phân loại được sử dụng trên phần mềm ArcMap 10.3, cho phép thống kê phát hiện thay đổi, tính toán xu hướng, tính toán tổng số lớp thay đổi, phần trăm thay đổi và tỷ lệ của mỗi loại hình lớp phủ thay đổi giữa các năm 1990, 2000, 2010 và 2020. Quá trình chuyển đổi của các loại hình lớp phủ sang khu vực khai thác than cũng được thể hiện rất rõ trên bản đồ biến động của nghiên cứu này.



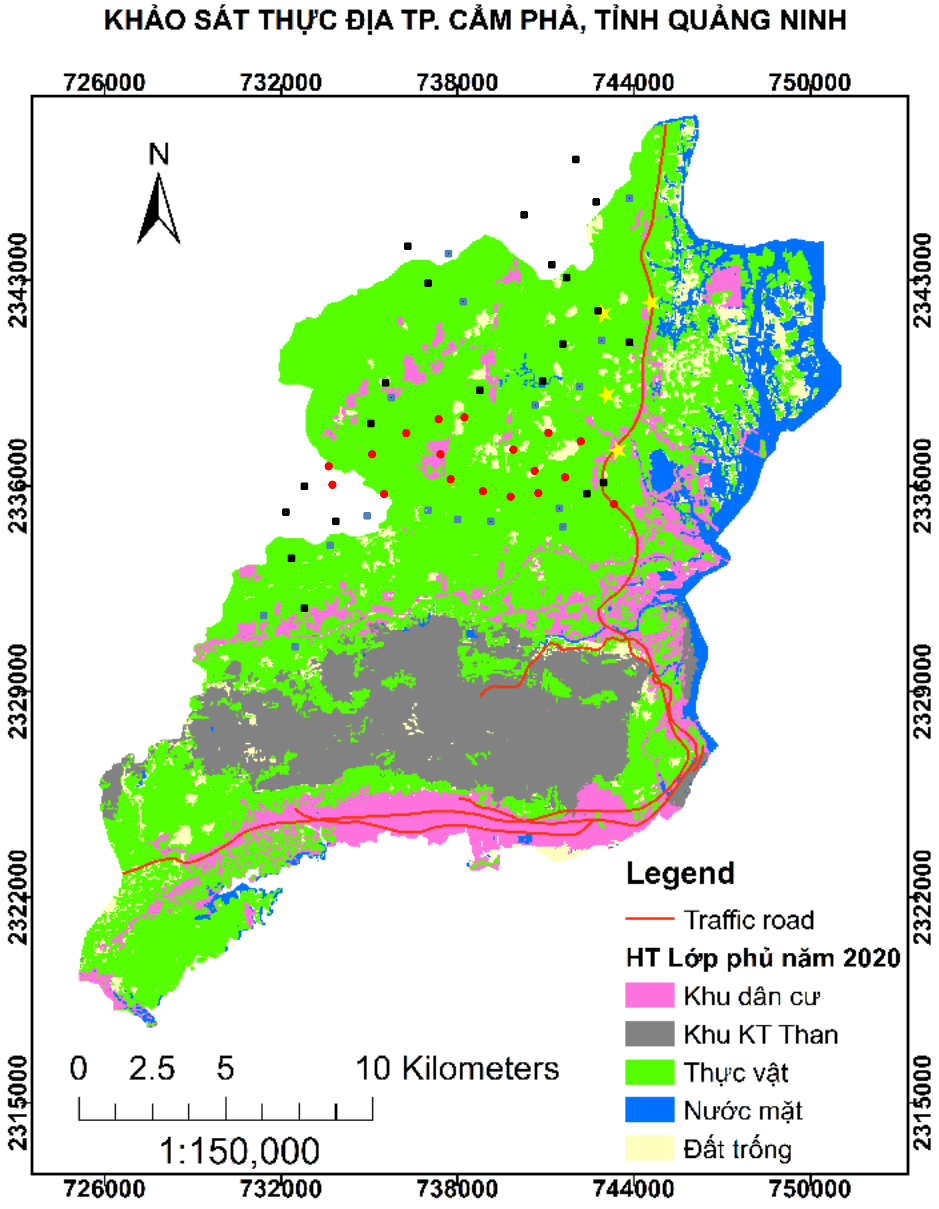

*Hình 1. Quy trình chiết xuất hiện trạng lớp phủ bề mặt từ ảnh vệ tinh Landsat cho khu vực TP. Cẩm Phả trong các năm 1990, 2000, 2010 và 2020.*

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### *3.1. Đánh giá độ chính xác kết quả phân loại lớp phủ bề mặt từ ảnh vệ tinh Landsat*

Độ chính xác của phân loại được tính bằng cách so sánh các điểm dữ liệu mẫu chuẩn trên thực địa với các kết quả ảnh đã phân loại, các điểm được lấy mẫu dọc theo các tuyến đường, tập trung vào các loại đất đặc trưng trong vùng. Độ chính xác của mỗi kết quả phân loại ảnh đã phân loại được đánh giá trong phần mềm eCognition Developer 8.7 bằng cách sử dụng phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên với số mẫu tối thiểu cho mỗi lớp là 10 điểm, trong đó ưu tiên tăng số lượng mẫu thực địa cho các lớp phủ dân cư, đất trống, khu KT than để đảm bảo độ chính xác cho quá trình phân loại ảnh. Độ chính xác tổng thể được tính bằng cách chia số lượng pixel được phân loại chính xác cho tổng số pixel tham chiếu và pixel mặt đất. Mặc dù nó đơn giản, nhưng độ chính xác tổng thể là cách tiếp cận thông thường nhất trong đánh giá độ chính xác. Bên cạnh đó, hệ số Kappa được tính toán, thể hiện mức giảm tương ứng của lỗi do bộ phân loại tạo ra so với sai số của phân loại hoàn toàn ngẫu nhiên. Các mẫu tham chiếu và mẫu mặt đất

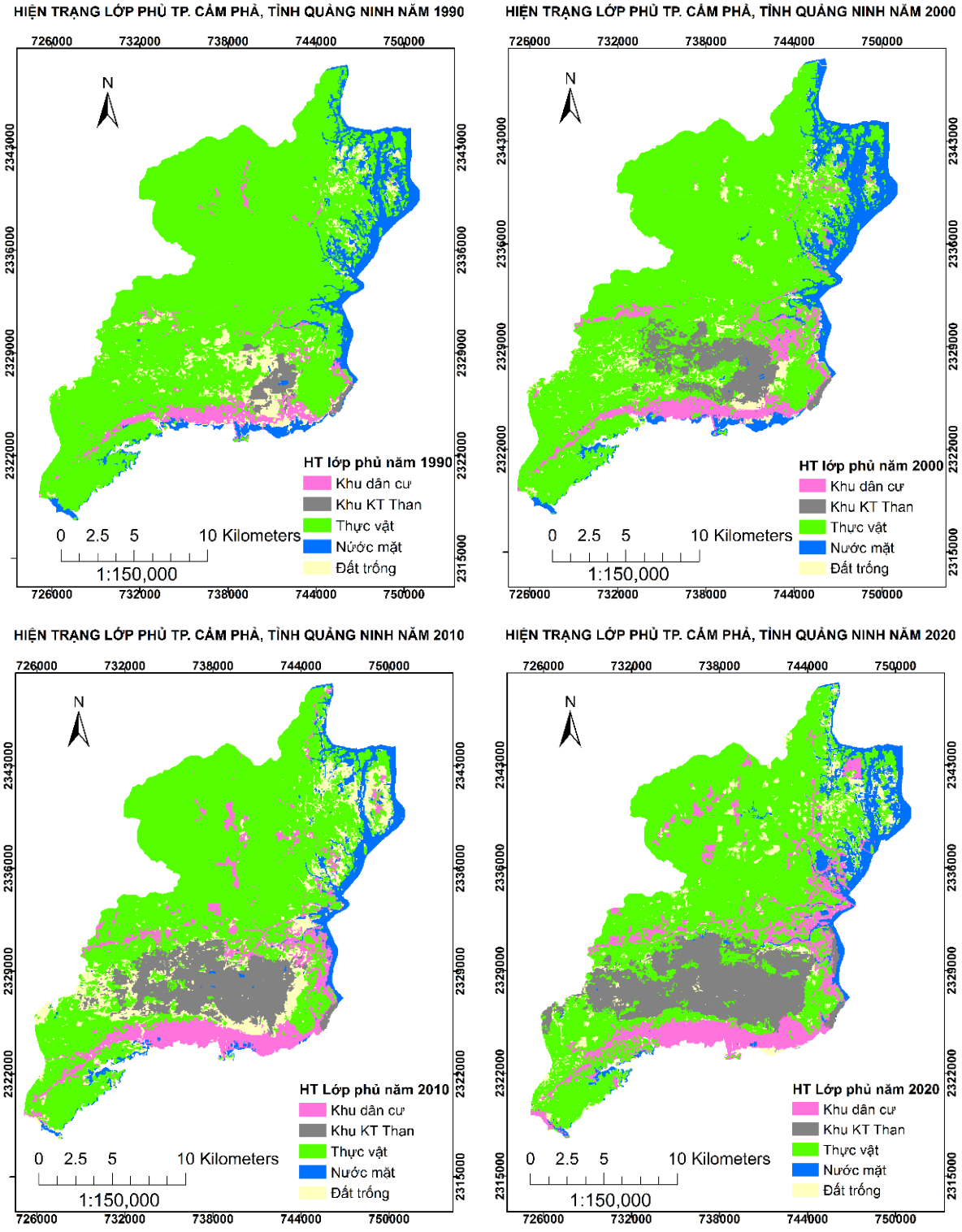
được tạo ngẫu nhiên, sau đó các lớp thông tin tương ứng được dán nhãn bằng các dữ liệu tham khảo có độ tin cậy cao. Đối với nghiên cứu này, 78 vùng đã được chọn từ hình ảnh Google Earth có độ phân giải cao, bản đồ sử dụng đất / lớp phủ đất vào năm 2020 và quá trình khảo sát thực địa (Hình 2).




*Hình 2. Khảo sát thực địa tại khu vực nghiên cứu*

Kết quả đánh giá độ chính xác của ảnh phân loại cho thấy, độ chính xác tổng thể và hệ số Kappa cho các kết quả phân loại từ ảnh Landsat đề tài sử dụng lần lượt là: 80.06% và 0.78 đối với ảnh phân loại 1990, 83.32% và 0.81 cho ảnh phân loại 2000, 84.69% và 0.82 cho ảnh phân loại 2010, 87.05% và 0.85 cho kết quả phân loại hiện trạng lớp phủ năm 2020.

### *3.2. Hiện trạng lớp phủ bề mặt khu vực TP. Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh các năm 1990, 2000, 2010 và 2020*



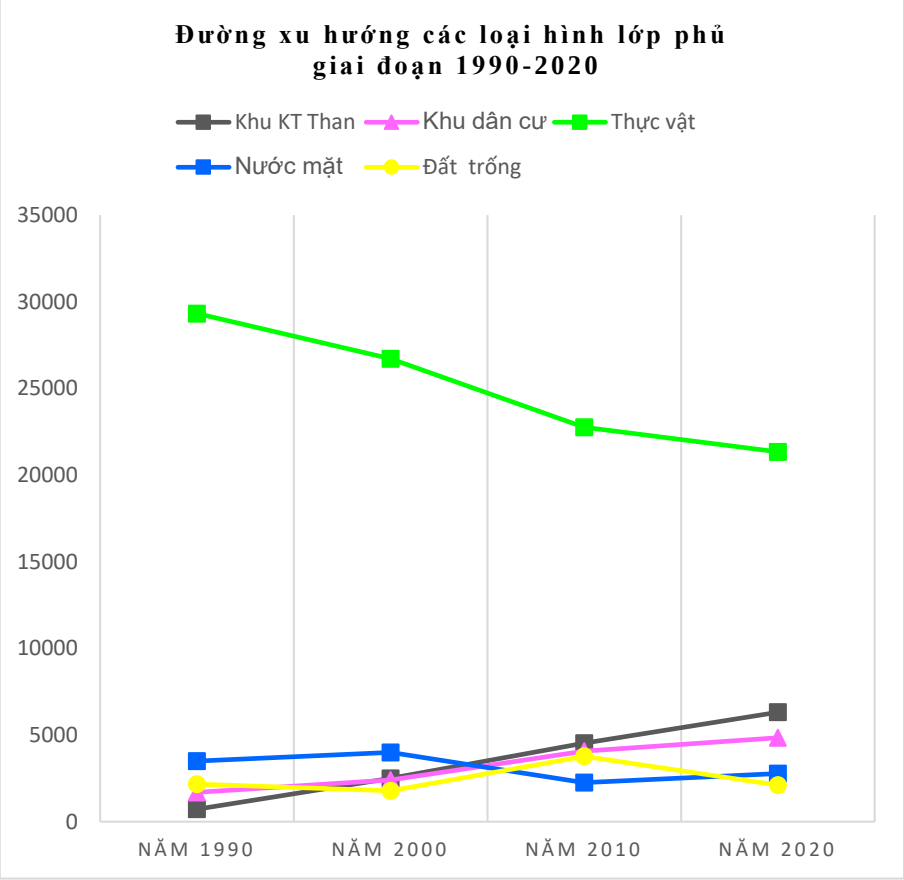

*Hình 3. Hiện trạng phân bố các loại hình lớp phủ năm 1990, 2000, 2010, 2020 TP. Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh*

Kết quả nghiên cứu chiết xuất thông tin lớp phủ bề mặt từ 04 ảnh Landsat các năm 1990, 2000, 2010 và 2020 được trình bày trong Hình 3, Hình 4, Hình 5 và Bảng 2. Bảng 2 mô tả thống kê diện tích thay đổi trong các loại sử dụng đất/lớp phủ đất trong các năm 1990, 2000, 2010, 2020. Bảng 2 cũng cho thấy các số liệu thống kê về sự thay đổi cho từng loại lớp phủ trong các

giai đoạn nghiên cứu 1990-2000, 2000-2010, 2010-2020. Hình 3 cho thấy khu vực mỏ than được phân bố chủ yếu ở phía Nam thành phố Cẩm Phả.

*Bảng 2. Thống kê các loại hình lớp phủ và biến động diện tích các năm 1990, 2000, 2010, 2020*

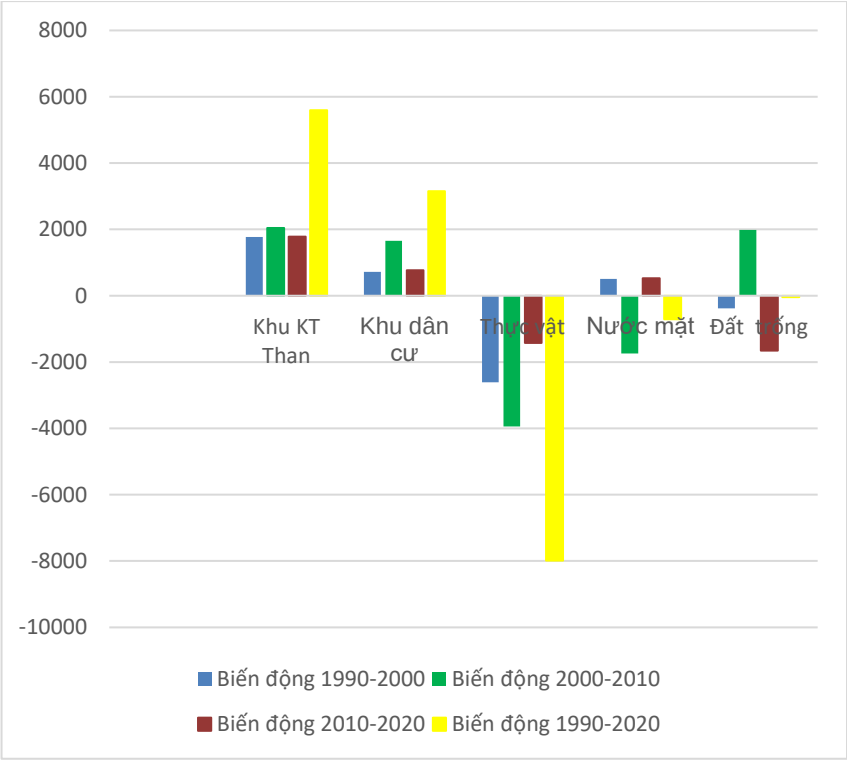
| Loại hình lớp phủ | Năm 1990 (Ha) | Năm 2000 (Ha) | Năm 2010 (Ha) | Năm 2020 (Ha) | Biến động 1990-2000 | Biến động 2000-2010 | Biến động 2010-2020 | Biến động 1990-2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Khu KT Than | 719.55 | 2491.47 | 4534.38 | 6313.95 | +1771.92 | +2042.91 | +1779.57 | +5594.4 |
| Khu dân cư | 1693.80 | 2415.78 | 4073.40 | 4842.18 | +721.98 | +1657.62 | +768.78 | +3148.20 |
| Thực vật | 29322.72 | 26708.49 | 22765.50 | 21339.27 | -2614.41 | -3942.99 | -1426.23 | -7983.45 |
| Nước mặt | 3494.34 | 3997.62 | 2253.33 | 2781.27 | +503.46 | -1744.29 | 527.94 | -712.89 |
| Đất trống | 2165.67 | 1782.72 | 3769.47 | 2119.41 | -382.95 | +1986.75 | -1650.06 | -46.26 |
| Tổng diện tích | 37396.08 | 37396.08 | 37396.08 | 37396.08 | 0 | 0 | 0 | 0 |




*Hình 4. Xu hướng biến động loại hình lớp phủ bề mặt TP. Cẩm Phả giai đoạn 1990-2020*

Lớp phủ thực vật là loại hình chiếm diện tích lớn nhất trong khu vực nghiên cứu và có xu hướng giảm mạnh đều qua các năm từ 1990 đến 2020. Đất có thực vật che phủ chiếm 29322,72 ha (78,41%) vào năm 1990, tuy nhiên giảm xuống còn 21339,27 ha (57,06%) vào năm 2020. Trong đó, diện tích lớp phủ mặt nước đứng thứ hai của khu vực nghiên cứu, chỉ sau diện tích lớp phủ thực vật và tạo thành lớp che phủ đất quan trọng của khu vực nghiên cứu. Lớp phủ nước mặt có diện tích là 3494,34 ha (9,34%) vào năm 1990, 3997,62 ha (10,69%) vào năm 2006 và 2781,27 ha (7,43%) vào năm 2020, như vậy có xu hướng giảm nhẹ trong 30 năm trở

lại đây. Khu vực khai thác than có xu hướng tăng mạnh với diện tích khai thác than đo được là 719,55 ha vào năm 1990 (1,92%), tăng lên 2491,47 ha (6,66%) vào năm 2000, lặp lại tăng lên 6313,95 ha (16,89%) vào năm 2020. Diện tích khu vực khai thác than bao gồm các khai trường mỏ than lộ thiên, các bãi thải mỏ và các khu chứa than.

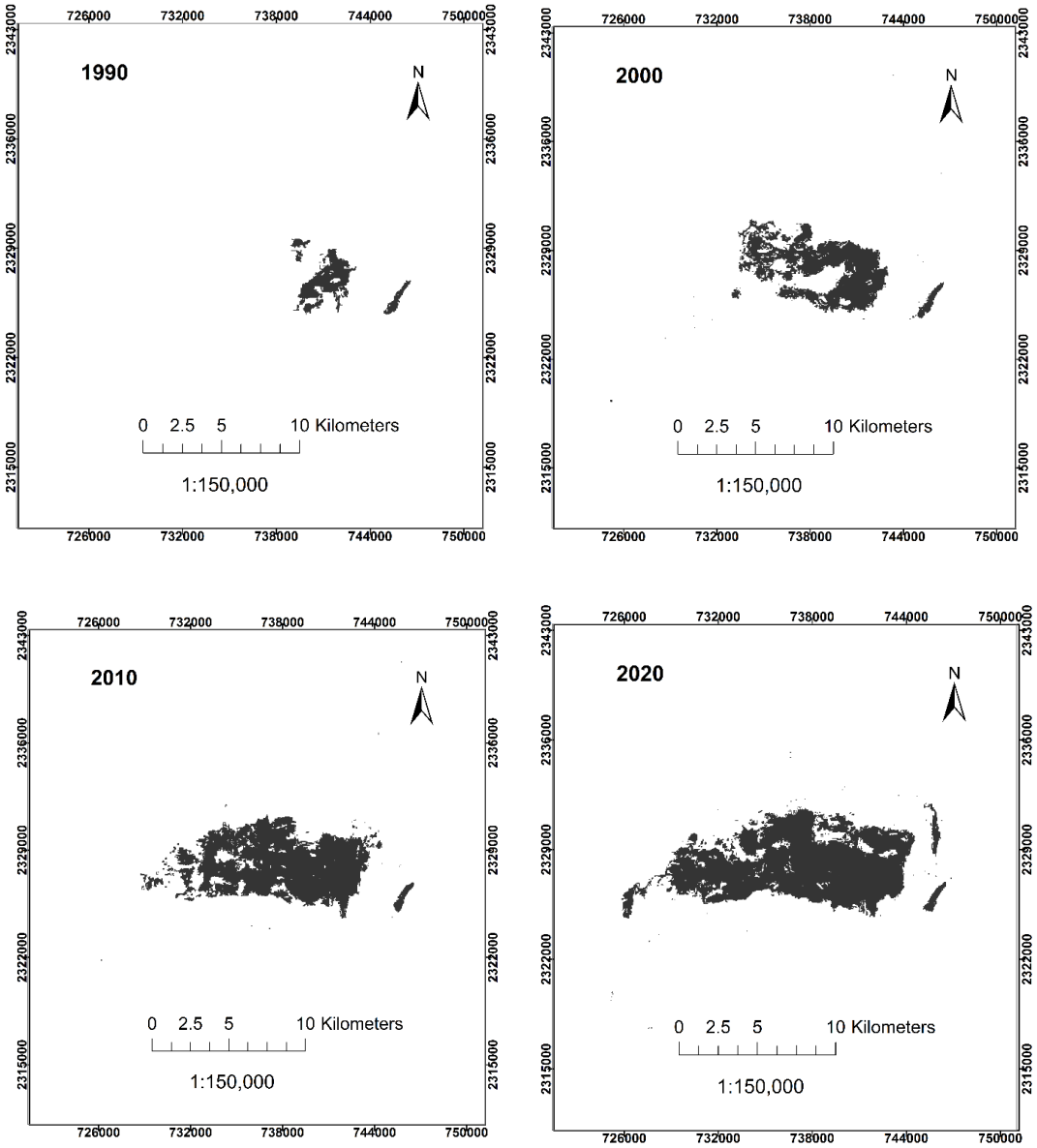



*Hình 5. Sự biến động của các loại hình lớp phủ trong các giai đoạn từ năm 1990 đến năm 2020 tại khu vực nghiên cứu*

Nhìn chung, nhìn vào số liệu thống kê kết hợp biểu đồ biến động trên hình 5 chúng ta thấy diện tích khu vực khai thác than và khu dân cư cho thấy sự gia tăng liên tục trong suốt thời gian nghiên cứu. Ngược lại, lớp phủ thực vật, nước mặt và đất trống đều có xu hướng giảm trong toàn bộ thời gian từ năm 1990 đến năm 2020.

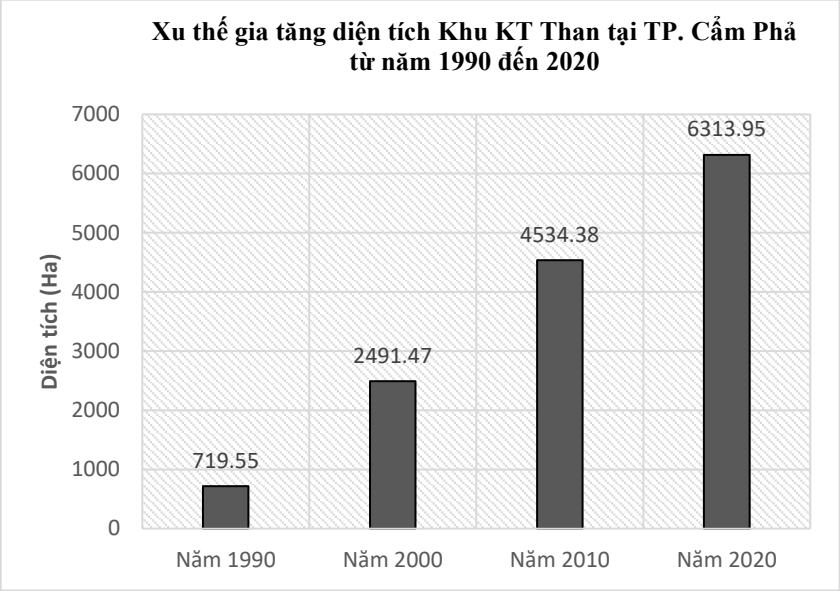
***3.3 Tác động của sự mở rộng khai trường khai thác than đến các lợi hình lớp phủ bề mặt khu vực khai thác mỏ***

Kết quả phân tích sự thay đổi cho thấy tác động của hoạt động khai thác than gây biến đổi các mục đích sử dụng đất / độ che phủ đất khác nhau, trong đó có liên quan trực tiếp đến lớp phủ thực vật, đất trống và nước mặt. Khoảng 43 km2 lớp phủ thực vật của khu vực nghiên cứu đã được chuyển thành khu vực khai thác trong giai đoạn 1990-2020 và hơn 10 km2 diện tích đất trống đã được chuyển thành khu vực khai thác trong giai đoạn đó. Sự thay đổi của khoảng 95 ha diện tích khu vực mặt nước chuyển thành kho bãi chứa than đã cho thấy rằng nhiều áp lực đã gây ra cho cảnh quan khu vực ven Vịnh Bái Tử Long trong suốt giai đoạn 30 năm (Hình 9).

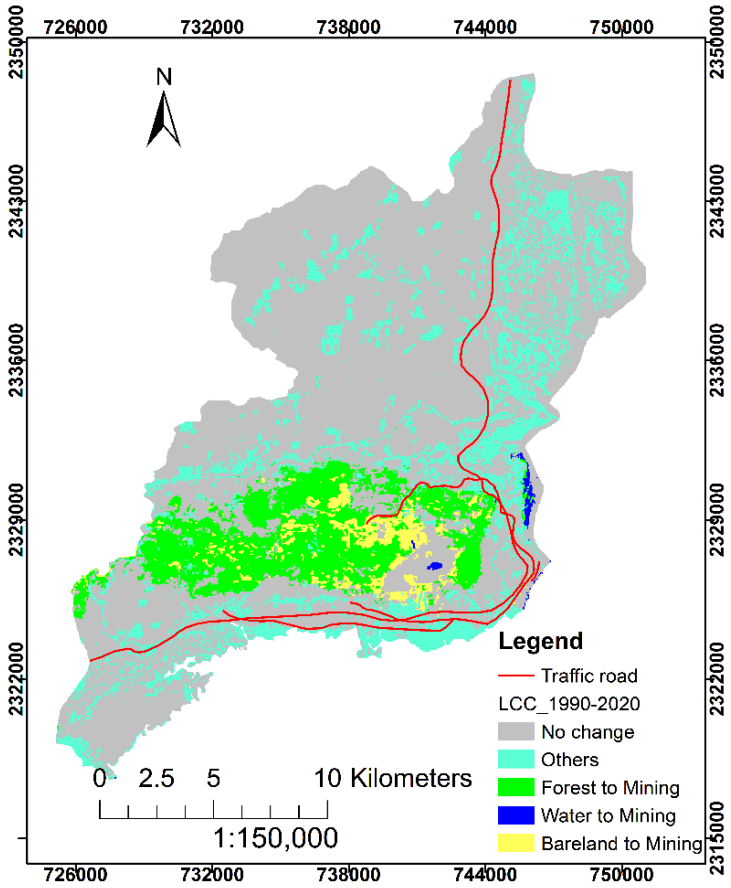



*Hình 6. Sự mở rộng không gian khai thác mỏ của TP. Cẩm Phả trong các năm 1990, 2000, 2010, 2020.*

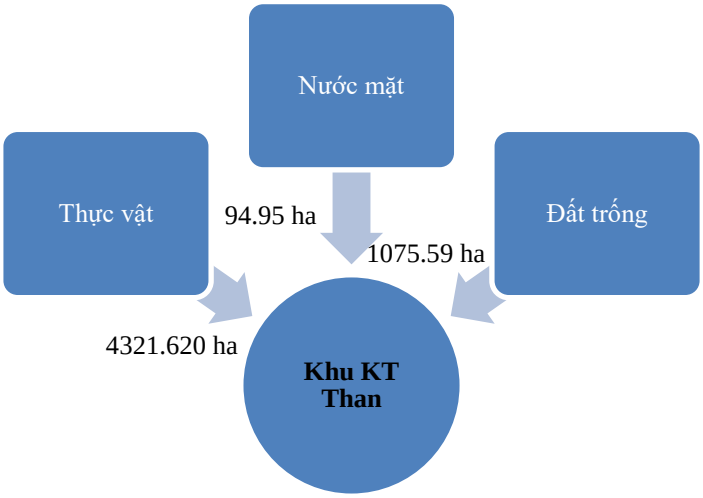
Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng cho thấy trong năm 1990-2020 đã có sự gia tăng diện tích tối đa được quan sát thấy ở khu vực khai thác than, trong khi đó đã xảy ra sự suy giảm tối đa được ghi nhận ở độ che phủ đất rừng (Hình 8 và Bảng 2). Các kết quả nghiên cứu cho chúng ta thấy, sự gia tăng các hoạt động khai thác than trong khu vực là động lực quan trọng dẫn đến sự suy giảm các loại hình lớp phủ khác và đã gây ra những thay đổi lớn về diện tích của chúng trong giai đoạn từ 1990 đến 2020 (Hình 8 và Hình 9). Kết quả cũng cho thấy lớp phủ thực vật bị ảnh hưởng nặng nề nhất do hoạt động khai thác than ngày càng mở rộng (từ 719,55 ha tăng đến 6313,95 ha). Diện tích lớp phủ thực vật từ năm 1990 đến năm 2020 bị mất 4321,620 ha (khoảng 15%), trong khi nước mặt đã chuyển 94,95 ha (khoảng 3%) sang thành diện tích khai thác trong 30 năm (Hình 9).




*Hình 7. Sự mở rộng diện tích khu vực khai thác than lộ thiên tại TP. Cẩm Phả trong các năm 1990, 2000, 2010, 2020*




*Hình 8. Sự chuyển đổi các loại hình lớp phủ sang khu vực khai thác than lộ thiên giai đoạn 1990-2020*




*Hình 9. Sự chuyển đổi từ lớp phủ thực vật, nước mặt, đất trống sang khu vực KT Than trong 30 năm tại TP. Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh.*

## 4. Kết luận

Nghiên cứu hiện tại đã chỉ ra rằng những thay đổi đáng kể về sử dụng đất / che phủ đất đã diễn ra ở thành phố Cẩm Phả và xung quanh mỏ than trong giai đoạn 1990 đến 2020. Hoạt động khai thác than trên quy mô lớn đã làm thay đổi đáng kể cơ cấu lớp phủ môi trường mỏ. Diện tích khai thác tăng 5594,4 ha trong 30 năm là do sản lượng than tăng nhanh, diện tích thực vật ngày càng giảm tuy vẫn diễn ra các hoạt động trồng rừng tại các khu vực bãi thải mỏ. Có thể kết luận rằng việc biến động sử dụng đất / thay đổi lớp phủ đất trong khu vực đang có hoạt động khai thác than đã diễn ra do sự mở rộng nhanh chóng của các khai trường khai thác và một số khu công nghiệp hỗ trợ hoạt động kinh doanh than trong giai đoạn 1990 đến năm 2020. Điều này đã dẫn đến những thay đổi mạnh mẽ trong cơ cấu lớp phủ của khu vực nghiên cứu.

Việc sử dụng dữ liệu vệ tinh đa vùng trong khu vực đã chứng minh rõ ràng tiềm năng của ảnh viễn thám và các kỹ thuật của nó trong việc đo lường mô hình thay đổi của LULC trong khu vực được đặc trưng bởi dòng chảy khai thác. Việc sử dụng các kỹ thuật viễn thám có thể giúp giám sát tác động của việc khai thác lộ thiên ở quy mô địa phương và khu vực. Ưu điểm chính của viễn thám là sự sẵn có của dữ liệu trong quá khứ, do đó giúp chúng ta tái tạo lại các hoạt động khai thác đã diễn ra trong vài thập kỷ qua. Một loạt các hiện trạng sử dụng đất/ lớp phủ bề mặt được tạo ra bằng cách sử dụng ảnh viễn thám đa thời gian và đa phổ có thể giúp tái tạo lại quá khứ và theo dõi diễn biến phát triển theo thời gian cho đến dạng hiện tại của các loại hình lớp phủ đất của một khu vực. Nghiên cứu sử dụng ảnh viễn thám thu được từ năm 1990 đến năm 2020 cho thấy mức độ hoạt động và sản lượng than ở khu vực này đã tăng đều và nhanh chóng trên toàn giai đoạn nghiên cứu.

**Tài liệu tham khảo**

1. Nguyễn Viết Bình (2017), "*Nhận diện nguy cơ và thách thức tác động đến sự phát triển bền vững của ngành Than*", http://tapchitaichinh.vn/tai-chinh-kinh-doanh/tai-chinh-doanh-nghiep/nhan-dien-nguy-co-va-thach-thuc-tac-dong-den-su-phat-trien-ben-vung-cua-nganh-than-125692.html.

2. Lê Thị Thu Hà (2020), *Ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS đánh giá sự biến động lớp phủ thực vật thành phố Cẩm Phả giai đoạn 2000-2020 do tác động của hoạt động khai thác khoáng sản*, Tạp chí Khoa học công nghệ mỏ, tr 63-70.

3. Vũ Thị Hằng (2016), *Nghiên cứu xác lập cơ sở khoa học tích hợp tư liệu địa tin học đánh giá môi trường chiến lược phục vụ quy hoạch khai thác khoáng sản rắn (ví dụ cho bể than Quảng Ninh)*, Luận án Tiến sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất4.

4. Nguyễn Ngọc Thạch (2018), *Giáo trình địa tin học ứng dụng*, Nhà xuất bản đại học Quốc gia Hà Nội.

5. Ashbindu Singh (1989), *Review Article Digital change detection techniques using remotely-sensed data*, International Journal of Remote Sensing, 10 (6), 989-1003.

6. Jeanfmas (1998), *Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques*, International Journal of Remote Sensing, 20 (1), 139-152.

7. Le Thi Thu Ha, Nguyen Van Trung, Pham Thi Lan, Tong Huyen Ai (2021), Impacts of Urban Land Cover Change on Land Surface Temperature Distribution in Ho Chi Minh City, Vietnam, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, 2, vol.39, pp.113-122.

8. Tiwari (2000), "Land use changes in the Himalaya and their impact on the plains ecosystem: need for sustainable land use ", *Land Use Policy* 17, 101-111.

# ABSTRACT

## IMPACT OF COAL MINING ON LAND USE/LAND COVER CHANGE USING GEOMATICS TECHNIQUES: A CASE STUDY IN CAMPHA CITY, QUANGNINH PROVINCE

**Le Thi Thu Ha, Nguyen Van Trung , Phan Van Khoai, Nguyen Giang Tho, Nguyen Ngoc Khoa, Nguyen Dang Phuong, Vo Thi Tuyet, Nguyen Huu Trung**

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*

*Corresponding author: lethithuha@humg.edu.vn*

The present study was undertaken to analyze the process of human-induced landscape transformation in the coal mines affected areas of Cam Pha city of Quangninh, northeast Vietnam by interpreting temporal remote sensing data using geographic information system. The study revealed that most of the areas were dominated by forest in all the time sequence period of the study. The area under forest cover had decreased about 21.3% and there was about nines fold increase in mining area since 1990 to 2020. The total forest area lost during the study period was 7983.45 ha, while it was converted into mining area about 4321.620 ha during that period. The present study revealed that mining activities were detrimental to the bare land and water boby cover. The results of this study are expected to be used to support government efforts and mining managers in post-mining coal activities.

*Keywords*: Land use/ land cover change, Mining activities, Geomatics techniques.

# NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG THÀNH LẬP BẢN ĐỒ TỶ LỆ LỚN TỪ ẢNH CHỤP BẰNG THIẾT BỊ BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI (UAV) CÓ XÁC ĐỊNH TỌA ĐỘ TÂM ẢNH

**Phạm Xuân Hoàn[1], Lê Thị Kim Dung[2]**

*[1]Cục Bản đồ/Bộ Tổng Tham mưu*
*[2]Trường đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội*
*Tác giả liên hệ: hoanpx@gmail.com*

**Tóm tắt:** Việc thành lập bản đồ bằng công nghệ chụp ảnh từ thiết bị bay không người lái (UAV) trong những năm gần đây ngày càng phát triển. Tuy nhiên, độ chính xác của các loại UAV lại rất khác nhau và có phụ thuộc vào nhiều yếu tố như chủng loại UAV, máy ảnh, điều kiện bay chụp, địa hình… trong bài báo này tác giả sẽ trình bày chi tiết việc đánh giá sai số của bình đồ ảnh UAV ở một số kiểu địa hình và yêu cầu điểm khống chế khác nhau. Từ đó đưa ra khuyến nghị cần thiết cho việc bố trí điểm khống chế để sử dụng thiết bị UAV thành lập bản đồ tỷ lệ lớn.

**Từ khóa:** UAV, bản đồ tỷ lệ lớn, điểm khống chế.

## 1. Mở đầu

Phương pháp truyền thống để thành lập bản đồ này chủ yếu là đo vẽ trực tiếp kết hợp với ảnh hàng không. Việc sử dụng ảnh hàng không đã trở lên quen thuộc với người dùng mặc dù việc áp dụng ảnh UAV lại là một vấn đề tương đối mới và còn nhiều tranh cãi tuy nhiên trên thế giới có rất nhiều các nghiên cứu về nội dung này. Một dự án thành lập bản đồ địa chính lớn được thành lập tại thành phố Tomsk/ LBNga [1] được thực hiện năm 2014 bởi công ty PLAZ (Saint PeterBurg) với diện tích khoảng 320 km2, tổng số ảnh là 190.000 với độ phân giải 3-5 cm. Công ty PLAZ đã  thực hiện 178 chuyến bay với UAV GeoScan 101 và 14 chuyến bay với UAV GeoScan 401 bay với độ phủ 70% x 70%, sử dụng 1400 điểm KCA. Kết quả thu được là mô hình 3D thành phố và bình đồ ảnh độ phân giải 5cm với độ chính xác 15 cm, kèm theo các mô hình 3D chi tiết các công trình kiến trúc đặc biệt quan trọng. Tháng 11/2014 tại khu vực Chaikovskovo đoạn đường Sosnovo-Dedushkino đã được tiến hành khảo sát bằng thiết bị bay UAV GeoScan 101. Kết quả thu được mô hình số độ cao có độ chính xác 0.144 m, theo quy định có thể sử dụng thể thành lập bản đồ địa hình với khoảng cao đều 1m. Với độ chính xác về mặt phẳng thu được là 0.23m. Muneza J. Murice và nnk trong bài báo giới thiệu về giải pháp sử dụng UAV để cập nhật bản đồ tại Rwanda [2] đã chỉ ra việc sử dụng phương pháp truyền thống để cập nhật bản đồ bao gồm chụp ảnh hàng không và đo đạc mặt đất tốn nhiều thời gian, hạn chế về mặt kỹ thuật (độ phân giải của ảnh vệ tinh và ảnh hàng không không đáp ứng cho bản đồ tỷ lệ lớn) và ngân sách chi phí lớn. Chính vì vậy tại Rwanda đã sử dụng một cách tiếp cận mới đó là sử dụng công nghệ bay chụp ảnh bằng thiết bị bay không người lái UAV. Trong nghiên cứu đó cũng chỉ ra việc sử dụng UAV DJI Phantom 2 với độ phủ ngang 85%, độ phủ

dọc là 75% với độ phân giải 3.3 cm, dữ liệu ảnh được xử lý bằng phần mềm Pix4D Mapper thu được kết quả độ chính xác về mặt phẳng là 7.9 cm, độ chính xác về độ cao khoảng 5 cm (có sử dụng điểm khống chế). Sau khi thu được ảnh ortho tác giả đã tiến hành cập nhật cho bản đồ 1/1000 với độ chính xác 8cm, đồng thời từ dữ liệu bản đồ 1/1000 tiến hành cập nhật tự động lên bản đồ 1/50.000. Tuy nhiên trong nghiên cứu tác giả mới chỉ cập nhật về phần đối tượng bề mặt (2D) mà chưa đề cập đến vấn đề cập nhật về độ cao (3D). Trong nghiên cứu của nhóm tác giả Yu Liu [3] đã chỉ ra việc thành lập ảnh trực giao thực để thành lập bản đồ nền dựa trên ảnh UAV. Khu vực thử nghiệm thuộc làng Xishaoqu, quận Miyun phía Bắc của Bắc Kinh/Trung quốc. Diện tích khu thử nghiệm là 300 ha, khu vực dân cư đông đúc mật xây dựng lớn. Độ cao bay chụp từ 120-140m. UAV được sử dụng là loại DJI S9000, 6 động cơ, nặng 3,3 kg, trọng lượng cất cánh tối đa là 8,2 kg, Payload là 6,8 kg sử dụng pin 6S 12.000 mAh; camera Sony A7r.15 điểm khống chế và 10 điểm kiểm tra đã được sử dụng đo bằn phương pháp RTK CORS với độ chính xác 0.02m.

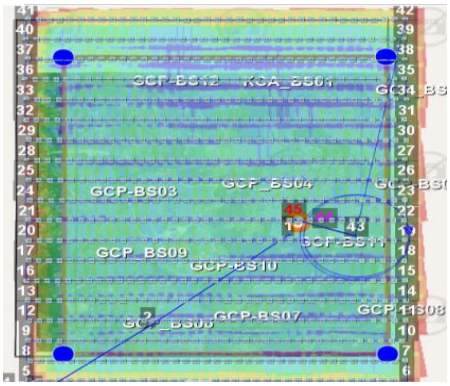
Trong thử nhiệm tác giả đã sử dụng phần mềm xử lý ảnh Pix4D Mapper để thu nhận kết quả ban đầu, sau đó tác giả cũng sử dụng phần mềm này để chỉnh sửa lại DSM loại bỏ các loại nhiễu bằng phương pháp thủ công, chủ yếu ở các vị trí cạnh các công trình xây dựng (nhà). Kết quả thu được cho thấy độ chính xác về phương đứng là 0.0323 m và phương ngang là 0.0365m, tác giả đã sử dụng sản phẩm để thành lập bản đồ ranh giới thửa đất tỷ lệ 1/500 cho khu vực thử nghiệm.

Các nghiên cứu nêu trên mới chỉ đề xuất một cách tiếp cận chung, chưa nêu chi tiết về cách thức, số lượng cũng như bố trí điểm khống chế để đạt được độ chính xác cũng như sản phẩm càn thiết, trong phần sau tác giả sẽ giới thiệu chi tiết về phần này.

**2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu**

Trong nghiên này tác giả sử dụng thiết bị bay UAV GeoScan 101 của LBNga, thiết bị bay dạng cánh bằng, cất cánh bằng bệ phóng và hạ cánh bằng dù được trang bị hệ thống xác định tâm ảnh chính xác của Topcon.

Tác giả sử dụng 02 loại địa hình khác nhau: loại thứ nhất thuộc khu vực đồng bằng thuộc huyện Vật Lại/ Ba Vì, độ cao trung bình khu vực này là 15m; loại địa hình thứ 2 thuộc khu vực núi cao, huyện Bình Liêu/Quảng Ninh, khu vực này có đỉnh núi cao nhất lên tới 1000m.



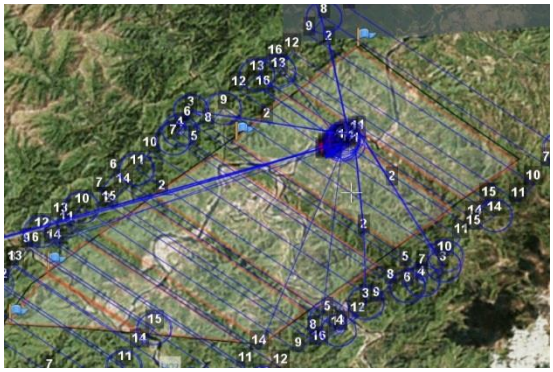

*Hình 7. Khu vực bay Vật Lại*

Dữ liệu thu thập đối với khu vực Vật Lại như sau:

Tên thiết bị bay: UAV Geoscan 101; Số lượng ảnh: 1002

Độ phủ dọc: 70%; Độ phủ ngang: 50%; Độ phân giải: 5 cm; Độ cao bay: 295 m; Khoảng cách giữa các ảnh: 50 m; Diện tích khu bay khoảng 5km$^2$.

Khu vực khảo sát có kích thước: 1,8 km x 1,4 km.



*Hình 8. Khu vực bay Bình Liêu*

Dữ liệu thu thập đối với khu vực Bình Liêu như sau:

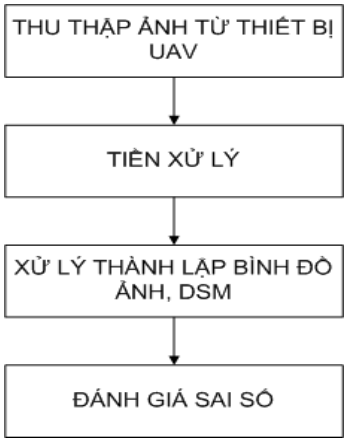
Số chuyến bay: 5 chuyến.

Tên thiết bị bay: UAV Geoscan 101

Số lượng ảnh: 1002; Độ phủ: 70 x 50 %; Độ phân giải: 18 cm; Độ cao bay: 970 m; Khoảng cách giữa các ảnh: 200 m; Diện tích khu bay: 25 km$^2$

Khu vực khảo sát có kích thước: 9,4 km x 3,9 km.

Quy trình đánh giá sai số được thể hiện như hình dưới:




*Hình 9. Quy trình đánh giá sai số*

Bước 1: Thu thập ảnh từ biết bị UAV. Ở bước này sẽ tiến hành các công tác chuẩn bị bay, chích, đo điểm khống chế ảnh và bay chụp ảnh ngoài thực địa. 20 điểm khống chế ảnh đã được thu thập tại khu vực để phục vụ làm điểm khống chế ảnh và điểm kiểm tra. Các điểm khống chế được đo bằng phương pháp GPS RTK thời gian thu 2 phút, đạt độ chính xác khoảng 2-3 cm.

Bước 2: Tiền xử lý. Dữ liệu sau khi thu thập sẽ được xử lý bước đầu cho phù hợp với phần mềm xử lý ảnh chuyên dụng (xử lý tọa độ tâm ảnh, gắn geotag cho ảnh…). Với máy ảnh có hệ thống PPK, cần sử dụng phần mềm thứ 3 để xử lý tính toán tọa độ tâm ảnh chính xác.

Bước 3: Thành lập bình đồ ảnh, DSM. Sử dụng phần mềm chuyên dụng để xử lý ảnh UAV, ở đây tác giả sử dụng phần mềm Pix4D Mapper 3.5 [4].

Bước 4: Đánh giá độ chính xác. Với các trường hợp xử lý ảnh khác nhau (bố trí điểm khống chế khác nhau) sẽ thu được một bộ ảnh trực giao và DSM khác nhau, tác giả sẽ dựa trên các điểm kiểm tra để đánh giá sai số.

Sai số trung bình và sai số trung phương được sử dùng để đánh giá :

Sai số trung bình:

$$SSTB = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta s_i}{n} \quad (1)$$

Sai số trung phương:

$$m = \sqrt{\frac{\sum \Delta s_i{}^2}{n}} \quad (2)$$

Trong đó: n là số điểm tham gia kiểm tra.

$\Delta s_i$ là độ lệch giữa điểm kiểm tra và kết quả.

Với khu vực nêu trên tác giả đã thử nghiệm các phương án sử dụng 0, 4, 6, 8, 10 điểm khống chế.

**3. Kết quả xử lý dữ liệu**

Đối với khu vực Vật Lại tác giả thử nghiệm 8 phương án bố trí điểm khống chế với số lượng lần lượt là 0, 4, 5, 6, 8, 10, 15 ,20 điểm. Với mỗi phương án sẽ cho một ảnh trực giao và DSM tiếp theo là sẽ đánh giá độ chính xác trên sản phẩm đó.




*Hình 10. Bình đồ ảnh UAV khu vực Vật Lại*

Cùng với kết quả ảnh trực giao và DSM chương trình sẽ xuất báo cáo với kết quả bình sai khối ảnh như sau:

| GCP Name | Accuracy XY/Z [m] | Error X [m] | Error Y [m] | Error Z [m] | Projection Error [pixel] | Verified/Marked |
|---|---|---|---|---|---|---|
| GCP_BS06 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.007 | 0.010 | -0.006 | 0.343 | 7 / 7 |
| GCP_BS08P1 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.014 | 0.007 | -0.000 | 0.469 | 8 / 8 |
| GCP_BS10 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.023 | 0.026 | 0.005 | 0.488 | 9 / 9 |
| GCP_BS09 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.024 | 0.008 | 0.007 | 0.412 | 8 / 8 |
| GCP_BS11P (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.007 | 0.024 | 0.001 | 0.330 | 6 / 6 |
| GCP_BS05 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.034 | -0.001 | -0.006 | 0.307 | 8 / 8 |
| GCP_BS04 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.024 | -0.014 | -0.002 | 0.511 | 7 / 7 |
| GCP_BS13 (3D) | 0.020/ 0.020 | -0.041 | -0.029 | 0.004 | 0.247 | 8 / 8 |
| GCP_BS12 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.014 | -0.014 | -0.006 | 0.482 | 10 / 10 |
| GCP_BS02 (3D) | 0.020/ 0.020 | 0.004 | -0.015 | 0.002 | 0.398 | 8 / 8 |
| **Mean [m]** | | 0.000202 | 0.000162 | -0.000123 | | |
| **Sigma [m]** | | 0.022529 | 0.017199 | 0.004501 | | |
| **RMS Error [m]** | | 0.022529 | 0.017200 | 0.004503 | | |

*Hình 11. Kết quả bình sai khối ảnh UAV*

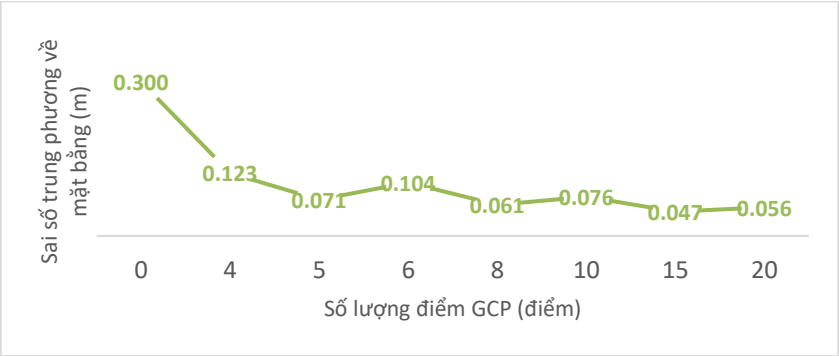
Kết quả bình sai khối ảnh bằng phần mềm Pix4D Mapper đạt kết quả tốt (thường sẽ đạt nhỏ hơn 1 pixel) tuy nhiên kết quả thực tế cần so sánh với điểm KCA chúng ta sẽ thu được Bảng kết quả đánh giá sai số như Bảng 2.

*Bảng 5. Bảng kết quả đánh giá sai số*

| TÊN ĐIỂM | y | x | h | Δy | Δx | Δxy | Δh |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GCP_BS01 | 2346511.584 | 539756.992 | 11.199 | -0.164 | 0.044 | 0.170 | 0.152 |
| GCP_BS03 | 2345587.869 | 538912.838 | 14.793 | -0.008 | -0.130 | 0.130 | 0.042 |
| GCP_BS07 | 2344689.945 | 539567.77 | 11.597 | 0.062 | -0.010 | 0.063 | 0.233 |
| GCP_BS08 | 2344668.434 | 540530.792 | 12.232 | 0.065 | -0.071 | 0.096 | 0.101 |
| GCP_BS08P | 2344654.406 | 540541.431 | 11.306 | -0.005 | -0.033 | 0.034 | 0.015 |
| GCP_BS10P | 2345016.576 | 539522.341 | 15.03 | 0.051 | -0.030 | 0.059 | 0.107 |
| GCP_BS11 | 2345230.051 | 540171.856 | 11.085 | 0.002 | 0.021 | 0.021 | 0.005 |
| GCP_BS13P | 2345973.029 | 539066.619 | 12.498 | 0.005 | 0.049 | 0.050 | 0.077 |
| GCP_BS14 | 2346058.783 | 539729.119 | 10.511 | -0.102 | -0.020 | 0.104 | 0.091 |
| GCP_BS14P | 2346053.728 | 539732.522 | 10.249 | -0.08 | -0.016 | 0.082 | 0.118 |
| GCP_BS15 | 2346080.18 | 540572.023 | 11.637 | -0.05 | 0.045 | 0.070 | 0.125 |
| SSTB | | | | -0.021 | 0.010 | 0.066 | 0.081 |
| SSTDEV | | | | 0.053 | 0.050 | 0.038 | 0.098 |
| SSTP | | | | 0.057 | 0.051 | 0.076 | 0.098 |

Tiến hành tương tự như vậy cho 8 phương án bố trí điểm khống chế, mỗi phương án chúng ta sẽ có sai số về mặt phẳng và về độ cao.

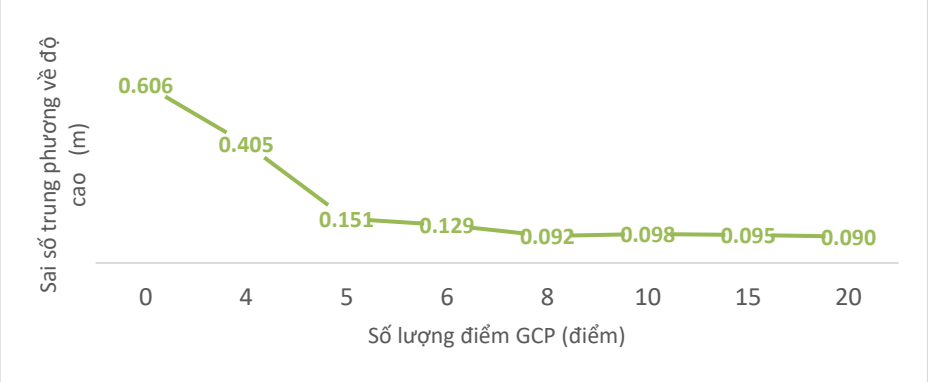
Sai số về mặt phẳng được biểu diễn dưới đồ thị sau:




*Hình 12. Đồ thị biển diễn SSTP mặt phẳng theo các phương án bố trí ĐKC*

Theo đồ thị nêu trên sai số lớn nhất đạt 30 cm với phương pháp nắn chỉnh ảnh không có điểm khống chế, SSTP giảm nhanh khi sử dụng điểm khống chế (4 điểm), SSTP giảm chậm và có phần chững lại khi sử dụng nhiều thêm điểm khống chế (6-20 điểm).

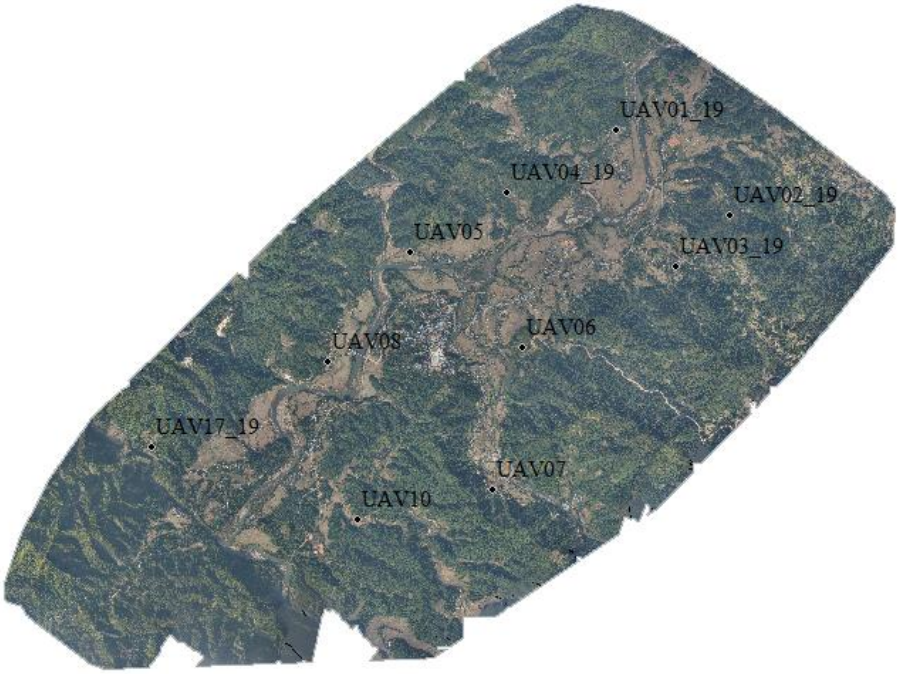
Tương tự ta có biểu đồ thể hiện sai số về độ cao cho các phương án bố trí điểm khống chế như sau:




*Hình 13. Sai số trung phương về độ cao*

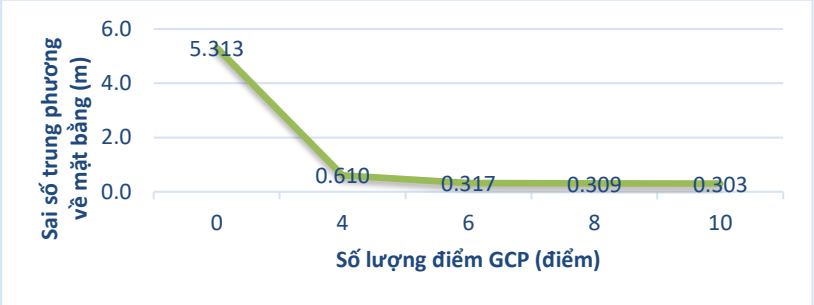
Ta có thể thấy SSTP theo độ cao theo các phương án bố trí điểm khống chế hoàn toàn tương tự với SSTP về mặt phẳng. Khi không sử dụng điểm khống chế ta có sai số lớn nhất 60 cm, sai số giảm mạnh khi sự dụng 6 điểm khống chế 12,9 cm và có xu hướng giảm chậm và ổn định khi điểm khống chế tăng dần (8-20 điểm).

Tương tự  đối với khu vực Bình Liêu tác giả sử dụng 5 phương án bố trí điểm khống chế gồm 0, 4, 6, 8, 10 điểm ta có kết quả sai số như sau.

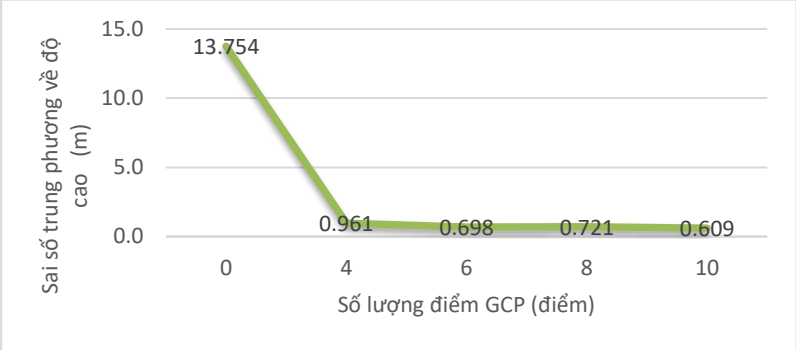



*Hình 14. Bình đồ ảnh khu vực Bình Liêu và điểm KCA*

Sai số về mặt phẳng được biểu diễn dưới đồ thị sau:




*Hình 15. Đồ thị biển diễn SSTP mặt phẳng theo các phương án bố trí ĐKC*




*Hình 16. Đồ thị biểu diễn SSTP theo độ cao theo các phương án bố trí ĐKC*

Theo đồ thị SSTP về mặt phẳng và độ cao có thể thấy rằng khi không sử dụng điểm khống chế thì độ chính xác đạt kém nhất cả về mặt phẳng và độ cao lần lượt là 5,313 và 13,754m. Sai số giảm mạnh khi bắt đầu sử dụng điểm khống chế (4 điểm) lần lượt là 0,610 và 0,961 m lần lượt vệ mặt phẳng và độ cao. Sai số tiếp tục giảm mạnh và có xu hướng duy trì khi ta tăng số lượng điểm khống chế lên tới 6, 8, 10 điểm về mặt phẳng ta có độ chính xác khoảng 30 cm và về độ cao được duy trì khoảng 60-70 cm.

**4. Thảo luận kết quả và kết luận**

Theo quy định về sai số bản đồ địa chính đối vơi bản đồ tỷ lệ 1/500 là 7 cm, đối với tỷ lệ 1/1.000 là 15 cm, đối với tỷ lệ 1/2.000 là 30 cm (trong trường hợp đã thỏa mãn sai số điểm khống chế đo vẽ so với điểm khởi tính sau bình sai không vượt quá 0,1 mm tính theo tỷ lệ bản đồ cần thành lập). Theo quy định nêu trên để thành lập bản đồ địa chính khu vực bằng phẳng (Vật Lại) tỷ lệ 1/5.00 chúng ta cần số lượng điểm khống chế từ 8-10 điểm (sai số lần lượt là 6-7cm). Đối với bản đồ tỷ lệ 1/1.000 chỉ cần sử dụng 4 điểm khống chế, với tỷ lệ 1/2.000 không cần sử dụng điểm khống chế có đã có thể thỏa mãn về yêu cầu độ chính xác.

Về nguyên tắc, yếu tố địa hình chỉ thể hiện trên bản đồ địa chính tỷ lệ 1:10.000 còn trên bản đồ địa chính tỷ lệ 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 không thể hiện yếu tố địa hình. Trong trường hợp có yêu cầu thể hiện địa hình thì trên mỗi mảnh bản đồ chỉ thể hiện khái quát địa hình bằng một khoảng cao đều cơ bản hoặc dùng hình thức ghi chú độ cao đối với vùng bằng phẳng. Khoảng cao đều đường bình độ cơ bản có thể là 1 m, 2 m, 5 m hoặc 10 m tuỳ khu vực thành lập bản đồ. Theo quy định sai số độ cao trung bình phải đạt 1/3 khoảng cao đều. Như vậy khi không sử dụng điểm khống chế với khu vực bằng phẳng (Vật Lại) chúng ta có thể thể

hiện đường bình độ với khoảng cao đều 2m. Với khoảng cao đều 1m chúng ta phải sử dụng ít nhất 6 điểm khống chế.

Đối với khu vực đồi núi cao, việc sử thành lập bản đồ tỷ lệ lớn là rất khó khăn, mặc dù độ chính xác có thể giảm tới 1,5 lần, tuy nhiên khi bay chụp với độ phân giải 18 cm phù hợp với bản đồ tỷ lệ 1/2.000 chúng ta cần sử dụng ít nhất 6 điểm khống chế bố trí đều khu vực bay để đáp ứng yêu cầu về độ chính xác.

Mục tiêu của bài báo là giới thiệu một cách tiếp cận tối ưu về việc bố trí điểm khống chế khi sử dụng UAV có xác định tọa độ tâm ảnh để thành lập bản đồ tỷ lệ lớn. Việc thử nghiệm được thực hiện ở hai khu vực có địa hình rất khác nhau với độ cao bay chụp không giống nhau với mục đích thành lập bản đồ với tỷ lệ khác nhau, việc bay chụp và đo đạc điểm khống chế được thực hiện tương đối cẩn thận để giảm thiểu sai số chủ quan nếu có. Chúng ta có thể thấy rằng với mỗi một độ cao bay chụp tương ứng với mỗi một độ phân giải của anh nhất định, mặc dù có tăng thêm số lượng điểm khống chế cũng không làm tăng quá nhiều độ chính xác của bình đồ ảnh, DSM hay nói cách khác sẽ có một ngưỡng cố định của độ chính xác của bình đồ ảnh, DSM tương ứng với một độ phân giải của ảnh.

## Tài liệu tham khảo

[1]. Официальный портал МО «Город Томск» [Электронный ресурс] - режим доступа: http://www.admin.tomsk.ru/pgs/33vпe.
[2]. Muneza J. Maurice, Mila N. Koeva, Markus Gerke, Francesco Nex, Caroline Gevaert, A photogrammetric approach for map updating using UAV in Rwanda. GeoTechRwanda 2015 - Kigali, 18-20 November 2015.
[3]. Yu Liu, Xinqi Zheng, ID, Gang Ai, Yi Zhang and Yuqiang Zuo. Generating a High-Precision True Digital Orthophoto Map Based on UAV Images. Geo-Information, 2018.
[4]. Olagoke Daramola, James Olaleye, Oluibukun Gbenga Ajayi, Oladayo Olawuni. Assessing the geometric accuracy of UAV-based orthophotos. South African Journal of Geomatics, Vol. 6. No. 3, October 2017.
[5]. Anuar Ahmad, Digital mapping using low altitude UAV, Pertanika J. Sci. & Technol. Malaysia 19 (S): 51 - 58 (2011).
[6]. Grant, M. S., Katzberg, S. J., & Lawrence, R. W. (2005). GPS Remote Sensing Measurements Using Aerosonde UAV. AIAA 2005-7005, Arlington, VA.
[7]. Adrian Hughes, Emma Teuten and Thomas Starnes. Drones for GIS - Best Practice. Royal Society for the Protection of Birds, 2018.

# ABSTRACT

## RESEARCHING THE POSSIBILITY OF THE ESTABLISH LARGE SCALE TOPOGRAPHIC MAP FROM UAV DATA, WHICH HAS PRESISE IMAGES COORDINATE CENTER

**Pham Xuan Hoan[1], Le Thi Kim Dung[2]**

*[1]Defense Mapping Agency*

*[2]Ha Noi University of Natural Resources and Environment, Hanoi, Vietnam*

*Corresponding author: hoanpx@gmail.com*

Mapping by unmanned aerial vehicle (UAV) imaging technology has been increasingly developed in recent years. However, the accuracy of products is very different and depends on many factors such as type of UAV, camera, flight conditions, terrain, etc. In this article the author will evaluate the error of the UAV orthophoto, DSM in some terrain types and require different control points. From there, make necessary recommendations for using control points to use UAV survey to establish large-scale maps.

According to regulations, the error of cadastral maps for maps of 1/500 scale is 7 cm, for 1/1.000 scale is 15 cm, for 1/2.000 scale is 30 cm. According to the above regulations, in order to establish a cadastral map of a flat area at the scale of 1/5.00, we need the number of control points from 8-10 points (with an error of 6-7cm, respectively). For a map with a scale of 1/1000, only 4 control points need to be used, with a scale of 1/2000 without using control points, the accuracy requirement can be satisfied.

In principle, terrain factors can only be shown on cadastral maps of 1:10,000 scale, but cadastral maps of 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 scale not shown topographical factors. The interval elevation can be 1 m, 2 m, 5 m or 10 m depending on the mapping area. According to regulations, the average height error must reach 1/3 of the interval height. So, when we not use the control point with a flat area, we can show horizontal line with interval height of 2m. With a interval height of 1m, we must use at least 6 control points.

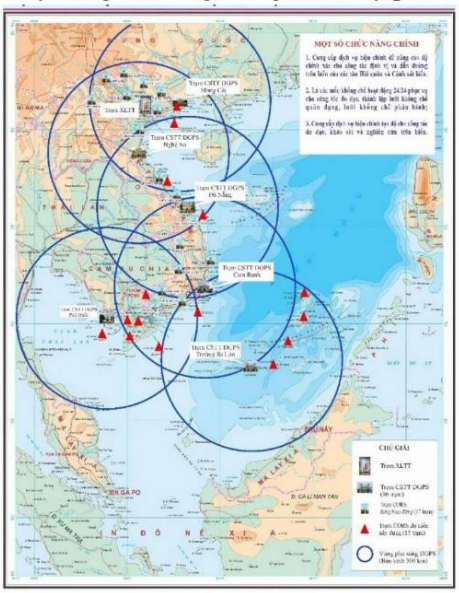
For high mountainous areas, it is very difficult to created large-scale map, although the accuracy can be reduced to 1.5 times, but when flying, taking photos with a resolution of 18 cm is suitable for 1/2,000 scale map we need to use at least 6 control points arranged evenly in the flight area to meet the accuracy requirements.

*Keywords*: UAV, tophographic map, large-scale

## CỤC BẢN ĐỒ/BỘ TỔNG THAM MƯU

**Cục Bản đồ/BTTM QĐND Việt Nam là cơ quan tham mưu chiến lược đầu ngành toàn quân về Địa hình quân sự, có chức năng, nhiệm vụ tham mưu và bảo đảm địa hình cho hoạt động của Quân đội.**

1. Đo đạc, định vị dẫn đường bằng công nghệ GNSS trên cơ sở các trạm định vị vệ tinh
2. Thành lập CSDL không gian địa lý ba chiều và bản đồ 3D bằng hệ thống bay quét LiDAR và chụp ảnh số đa hướng.
3. Giải pháp công nghệ sa bàn tương tác 3D.
4. Xây dựng hệ thống thông tin địa lý phục vụ các hoạt động của Quân đội.

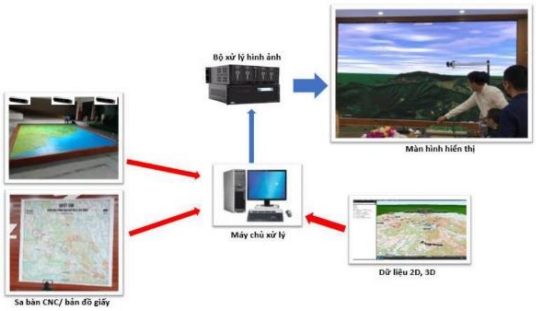


*Mạng lưới các trạm cơ sở thường trực DGPS, trạm CORS*

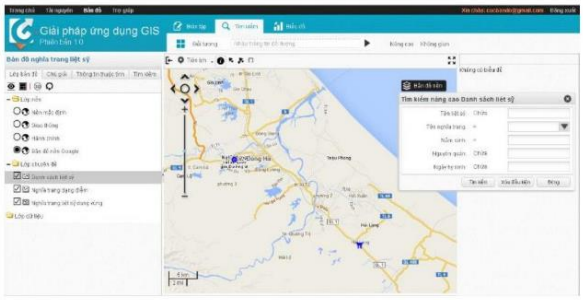





*Hệ thống CityMapper-2, UAV LiDAR*




*Công nghệ Sa bàn tương tác 3D*




*Hệ thống thông tin mộ Liệt sỹ*

# TIỂU BAN 3

## QUẢN LÝ ĐỊA KHÔNG GIAN THÔNG MINH

# CÔNG TÁC ĐÀO TẠO NGUỒN NHÂN LỰC VỚI SỰ PHÁT TRIỂN NGÀNH ĐO ĐẠC VÀ BẢN ĐỒ VIỆT NAM

**Hoàng Ngọc Lâm**
*Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*
*Tác giả liên hệ: hnlam@monre.gov.vn*

**Tóm tắt:** Đo đạc và bản đồ là lĩnh vực điều tra cơ bản, đặc biệt quan trọng, làm nền tảng để triển khai các nghiên cứu khoa học về trái đất, cung cấp thông tin, dữ liệu nền địa lý phục vụ phát triển kinh tế - xã hội, quốc phòng - an ninh, quy hoạch, quản lý lãnh thổ, giám sát tài nguyên, môi trường, góp phần bảo vệ và khẳng định chủ quyền lãnh thổ. Trong những năm qua, đội ngũ cán bộ khoa học kỹ thuật ngành Đo đạc và Bản đồ Việt Nam được đào tạo trong và ngoài nước đã đóng góp rất quan trọng vào những thành tựu của Ngành trong công cuộc xây dựng và bảo vệ đất nước. Để đáp ứng mục tiêu phát triển ngành Đo đạc và Bản đồ Việt Nam đến năm 2030 với yêu cầu ngày càng cao trong bối cảnh của cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4 và hội nhập quốc tế, đòi hỏi tiếp tục xây dựng được đội ngũ chuyên gia, cán bộ kỹ thuật đo đạc và bản đồ đủ mạnh, có tri thức, đạo đức và phẩm chất tốt. Đây là trách nhiệm nặng nề của các cơ quan quản lý, các cơ sở đào tạo, các doanh nghiệp và sự nỗ lực, cố gắng của từng cán bộ kỹ thuật trong Ngành.

**Từ khóa**: Đào tạo nguồn nhân lực, Đo đạc, Bản đồ, Thông tin địa lý

## 1. Vai trò của nguồn nhân lực đo đạc và bản đồ trong phát triển ngành Đo đạc và Bản đồ Việt Nam

Từ những năm trước 1995, cán bộ kỹ thuật đo đạc và bản đồ có trình độ đại học của Ngành phần lớn được đào tạo tại trường Đại học Mỏ - Địa chất và các trường đại học ở nước ngoài. Từ những năm 1995 trở lại đây, đã có thêm nhiều Trường đại học đào tạo cán bộ kỹ thuật ngành đo đạc và bản đồ, nhưng chủ yếu đào tạo một số chuyên ngành về đo đạc đất đai, đo đạc công trình... phục vụ cho các mục đích đo đạc và bản đồ chuyên ngành. Trong sự nghiệp giải phóng đất nước ở miền Nam và xây dựng chủ nghĩa xã hội ở miền Bắc, lực lượng kỹ thuật của Ngành thực hiện chế in bản đồ địa hình mới đo vẽ ở nhiều tỷ lệ với số lượng hơn 67 triệu tờ, phục vụ kịp thời cho chiến đấu chống chiến tranh phá hoại ở miền Bắc, các cuộc tổng tiến công năm 1968, 1972 ở miền Nam và cuộc tổng tiến công năm 1975; xây dựng xong mạng lưới khống chế toạ độ, độ cao và hiện chỉnh hệ thống bản đồ địa hình tỷ lệ 1:100.000 ở Miền Bắc, trong đó nổi bật là hoàn thành và chính thức công bố đưa vào sử dụng Hệ quy chiếu và Hệ toạ độ HN-72.

Sau ngày thống nhất đất nước, cán bộ kỹ thuật của Ngành đã bắt đầu nghiên cứu, thực hiện đổi mới công nghệ với định hướng xây dựng một ngành Đo đạc và Bản đồ Việt Nam tiên tiến và hiện đại. Các công nghệ đưa vào áp dụng như: công nghệ định vị toàn cầu GPS; hiện chỉnh bản đồ và thành lập các loại bản đồ chuyên đề bằng sử dụng ảnh vệ tinh; đo vẽ bản đồ địa hình đáy biển bằng công nghệ số; ứng dụng công nghệ bay chụp ảnh, công nghệ đo vẽ ảnh số để thành lập bản đồ địa hình, bản đồ trực ảnh, công nghệ bay quét laser kết hợp công nghệ thông tin địa lý (GIS) để xây dựng cơ sở dữ liệu nền địa lý quốc gia và thành lập bản đồ địa hình quốc gia phủ trùm cả nước phục vụ công tác quản lý, quy hoạch, phát triển kinh tế xã hội,

đảm bảo quốc phòng, an ninh; xây dựng mạng lưới trạm định vị vệ tinh quốc gia (VNGEONET) với số lượng 65 trạm đưa vào khai thác sử dụng một cách kịp thời, hiệu quả, cung cấp dịch vụ xác định tọa độ, độ cao với độ chính xác cao trên phạm vi toàn quốc, ngoài việc đáp ứng các như cầu trong đo đạc bản đồ còn làm nền tảng để phát triển các ứng dụng tự động hóa như: robot thế hệ mới, xe tự lái, tàu bay không người lái, phát triển đô thị thông minh, thúc đẩy việc ứng dụng khoa học, công nghệ đối với Việt Nam trong cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4. Đến nay, ngành Đo đạc và Bản đồ Việt Nam đã hoàn thành việc áp dụng quy trình chuyển đổi số từ công đoạn thu nhận dữ liệu trên bề mặt trái đất ở thực địa tới việc đo vẽ, sản xuất sản phẩm bản đồ góp phần nâng cao chất lượng sản phẩm và kịp thời cung cấp thông tin, dữ liệu đo đạc, bản đồ qua dịch vụ công trực tuyến mức độ 4 cho tổ chức, cá nhân.

Đội ngũ những người làm công tác đo đạc bản đồ say mê nghiên cứu khoa học, kết tinh công sức và trí tuệ xây dựng các sản phẩm khoa học công nghệ tiêu biểu như Hệ Quy chiếu và Hệ Tọa độ Quốc gia VN-2000 được Nhà nước ghi nhận với Giải thưởng Hồ Chí Minh về khoa học và công nghệ năm 2005.

Các cán bộ kỹ thuật của ngành Đo đạc và Bản đồ Việt Nam đã phối hợp với Bộ Ngoại giao và các bộ, ngành, địa phương liên quan hoàn thành tốt nhiệm vụ phân giới, xác định vị trí, cắm mốc các tuyến biên giới trên đất liền với các nước láng giềng Trung Quốc, Lào, Campuchia góp phần quan trọng vào xây dựng biên giới chung hòa bình, hữu nghị, hợp tác và phát triển.

Hiện nay, trong tổng số 254 cán bộ kỹ thuật từ trình độ đại học trở lên làm việc tại Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam có khoảng 80% được đào tạo từ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, riêng thạc sĩ có 63 người, chiếm 88%; phần lớn Lãnh đạo Cục hiện nay là cựu sinh viên của Trường.

Theo số liệu thống kê năm 2019, nhân lực hoạt động trong lĩnh vực đo đạc và bản đồ ở Việt Nam có trên 15.000 người, trong đó:

Tại các tổ chức thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường có 3.364 người trong đó nhân lực có trình độ Tiến sĩ có 34 người, chiếm 0,98%; trình độ Thạc sĩ có 380 người, chiếm 10,97%; trình độ Kỹ sư có 2050 người, chiếm 59,18%; trình độ khác 1.000 người, chiếm 28,87%.

Nhân lực tại các đơn vị trong ngành tài nguyên và môi trường ở cấp tỉnh có khoảng 1.500 người chủ yếu làm việc tại phòng chuyên môn thuộc Sở Tài nguyên và Môi trường, Phòng Tài nguyên và Môi trường cấp huyện, Trung tâm kỹ thuật Tài nguyên và Môi trường, Văn phòng Đăng ký đất đai và Trung tâm Phát triển quỹ đất.

Về nhân lực tại các bộ, ngành khác và khối doanh nghiệp ngoài nhà nước hiện trên 10.000 người. Do đặc điểm công tác đo đạc chỉ là một trong các công đoạn của các nhiệm vụ chuyên ngành như đăng ký đất đai, cấp giấy chứng nhận quyền sử dụng đất, thiết kế công trình, quy hoạch xây dựng, giám sát thi công các công trình…với đặc thù trên, số nhân lực này thường không ổn định.

Công tác phát triển nguồn nhân lực về đo đạc và bản đồ tới nay đã được Nhà nước quan tâm đào tạo, đầu tư để có những thành tựu trên. Tuy nhiên, việc đào tạo phát triển nhân lực trong 10 năm gần đây gặp rất nhiều khó khăn và bộc lộ nhiều bất cập như: ngành nghề đo đạc và bản đồ vất vả, chính sách ưu đãi thấp dẫn tới thực trạng số lượng người học ngành nghề này ngày càng ít. Công tác đào tạo, bồi dưỡng nguồn nhân lực chất lượng cao về đo đạc và bản đồ

còn hạn chế, đặc biệt là nguồn nhân lực về công nghệ thông tin, xử lý dữ liệu không gian địa lý; chưa có cơ chế, chính sách đãi ngộ thỏa đáng để thu hút nhân lực có chất lượng cao đáp ứng nhu cầu phát triển Ngành. Thiếu chuyên gia đầu ngành trong một số chuyên môn, đội ngũ cán bộ đầu ngành được đào tạo ở các nước xã hội chủ nghĩa trước đây phần lớn đã đến tuổi nghỉ chế độ, đội ngũ cán bộ kế cận hoặc chưa có điều kiện hoặc không có nguyện vọng theo học nâng cao trình độ.

**2. Mục tiêu phát triển ngành Đo đạc và Bản đồ Việt Nam đến năm 2030**

Trước yêu cầu phát triển của đất nước, thực hiện nhiệm vụ của Chính phủ giao, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã xây dựng Chiến lược phát triển ngành Đo đạc và Bản đồ Việt Nam đến năm 2030 với mục tiêu sau:

a) Xây dựng, cập nhật cơ sở dữ liệu nền địa lý quốc gia và hệ thống bản đồ địa hình quốc gia đồng bộ, thống nhất trong cả nước trên đất liền, vùng biển và hải đảo Việt Nam, đảm bảo được cập nhật đầy đủ, chính xác, kịp thời đáp ứng yêu cầu quản lý nhà nước của các bộ, ngành, địa phương, phục vụ phát triển kinh tế - xã hội, đảm bảo quốc phòng, an ninh, phòng chống thiên tai, ứng phó với biến đổi khí hậu.

b) Xây dựng, hoàn thiện hạ tầng đo đạc bao gồm: mạng lưới tọa độ quốc gia, mạng lưới trạm định vị vệ tinh quốc gia, mạng lưới độ cao quốc gia, mạng lưới trọng lực quốc gia, mô hình geoid để thiết lập hệ quy chiếu và hệ tọa độ không gian quốc gia thống nhất trên đất liền và trên biển.

c) Xây dựng và quản lý hạ tầng dữ liệu không gian quốc gia đảm bảo tích hợp, chia sẻ dữ liệu không gian địa lý giữa các cơ quan, ban ngành, giữa trung ương với địa phương phục vụ xây dựng Chính phủ điện tử, hướng tới Chính phủ số, nền kinh tế số, xã hội số; tham gia, kết nối vào mạng lưới hạ tầng dữ liệu không gian địa lý khu vực. Đảm bảo 100% dữ liệu không gian địa lý kết nối, chia sẻ trên toàn quốc.

**3. Các nhiệm vụ về đào tạo, bồi dưỡng nguồn nhân lực đáp ứng yêu cầu phát triển ngành Đo đạc và Bản đồ Việt Nam đến năm 2030**

Để thực hiện các mục tiêu phát triển ngành Đo đạc và Bản đồ Việt Nam cần có các nhiệm vụ và giải pháp đồng bộ bao gồm: hoàn thiện cơ chế, chính sách và quy định pháp luật, kỹ thuật về đo đạc và bản đồ, đặc biệt là các quy định đối với hạ tầng dữ liệu không gian địa lý quốc gia, ban hành mới các văn bản quy phạm pháp luật, quy định kỹ thuật theo hướng công nghệ số trên nền tảng của cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4; tập trung đầu tư kinh phí xây dựng, hoàn thiện hạ tầng đo đạc, công nghệ và dữ liệu của hạ tầng không gian địa lý đảm bảo đầy đủ, thống nhất, đồng bộ; thúc đẩy xã hội hóa trong hoạt động đo đạc và bản đồ để khai thác nguồn lực xã hội; đào tạo, bồi dưỡng nguồn nhân lực đáp ứng cho phát triển ngành Đo đạc và Bản đồ Việt Nam; tăng cường công tác nghiên cứu, ứng dụng khoa học và phát triển công nghệ, mở rộng hợp tác quốc tế; đổi mới cơ chế triển khai các nhiệm vụ đo đạc và bản đồ và áp dụng các phương pháp tiên tiến xây dựng định mức kinh tế - kỹ thuật, đơn giá sản phẩm đo đạc và bản đồ theo cơ chế thị trường nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động đo đạc và bản đồ, nâng cao thu nhập cho người lao động, thu hút lượng kỹ thuật.

Trong đó công tác đào tạo, bồi dưỡng nguồn nhân lực được xác định với các nhiệm vụ sau:

a) Nâng cao chất lượng đào tạo đại học, sau đại học, đổi mới chương trình, nội dung, phương pháp giảng dạy về đo đạc và bản đồ phù hợp với xu hướng phát triển của ngành Đo đạc và Bản đồ Việt Nam.

b) Tăng cường đào tạo ở nước ngoài cho các lĩnh vực, chuyên ngành mà Việt Nam chưa có điều kiện đào tạo để phát triển đội ngũ cán bộ đo đạc và bản đồ chuyên sâu, chất lượng cao.

c) Xây dựng chương trình và đào tạo về đo đạc và bản đồ, điện toán đám mây, trí tuệ nhân tạo, phân tích dữ liệu lớn trong thu nhận, cập nhật, xử lý và cung cấp thông tin, dữ liệu, sản phẩm đo đạc bản đồ và hạ tầng dữ liệu không gian địa lý trong các trường đại học có liên quan đến đo đạc và bản đồ, công nghệ thông tin.

d) Tổ chức đào tạo, bồi dưỡng nâng cao năng lực chuyên môn nghiệp vụ cho đội ngũ cán bộ làm công tác quản lý nhà nước về đo đạc và bản đồ tại các bộ, ngành, địa phương; xây dựng đội ngũ chuyên gia đầu ngành về đo đạc và bản đồ.

Để thực hiện các nhiệm vụ về đào tạo, bồi dưỡng nguồn nhân lực trên, Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam sẽ tiếp tục phối hợp với Trường Đại học Mỏ - Địa chất và các cơ sở đào tạo để kịp thời xây dựng các chương trình đào tạo phù hợp với xu hướng phát triển của ngành Đo đạc và Bản đồ Việt Nam, phát triển đội ngũ cán bộ đo đạc và bản đồ chuyên sâu, chất lượng cao./.

## ABSTRACT

### HUMAN RESOURCES TRAINING WITH THE DEVELOPMENT OF VIETNAM'S SURVEYING AND CARTOGRAPHY

**Hoang Ngoc Lam**

*Department of Surveying, mapping and Geographical Information*

*Corresponding author: hnlam@monre.gov.vn*

Surveying and cartography is a fundamental and especially important for the earth science, providing geographical information and data for social-economic development, national defense - security, planning, land used management, monitoring of natural resources and environment, contributing to the protection and affirmation of territorial sovereignty. Over the years, many scientific and technical staff in the Surveying and Mapping in Vietnam have been trained and have contributed to the national achievements and security. In order to meet the development goal of Vietnam's surveying and mapping industry by 2030 with increasing requirements in the context of the 4th industrial revolution and international trading, it is necessary to continue building a team of experts, technical staff in surveying and cartography are that are strong enough, have good knowledge, ethics and qualities. This is a serous responsibility of the management agencies, training institutions, enterprises and the efforts of each technical staff in the field of Surveying and cartography.

*Keyword:* Human resources training, Surveying, Cartography, GIS.

# ỨNG DỤNG GIS THÀNH LẬP BẢN ĐỒ NGẬP LỤT THỰC TẾ CHO THÀNH PHỐ ĐỒNG HỚI, HUYỆN QUẢNG NINH VÀ LỆ THỦY TỈNH QUẢNG BÌNH TRONG ĐỢT LŨ LỊCH SỬ THÁNG 10/2020

**Lại Tuấn Anh, Trần Thanh Tùng, Lê Hải Trung, Nguyễn Quang Lương**

*Trường Đại học Thủy Lợi*

*Tác giả liên hệ: laituananh@tlu.edu.vn*

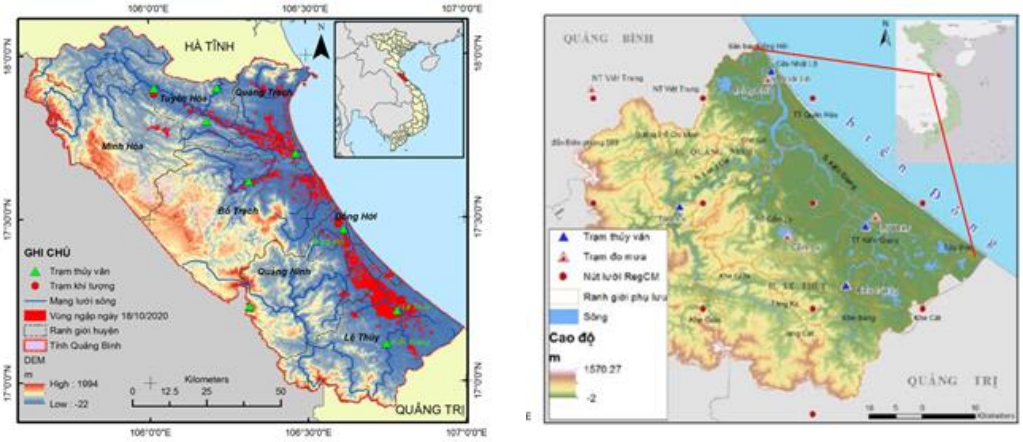
**Tóm tắt:** Lưu vực sông Nhật Lệ nằm ở phía Nam của tỉnh Quảng Bình và có diện tích khoảng 2,647 km$^2$. Do đặc điểm lưu vực có địa hình phần lớn là đồi núi dốc, sông suối lại ngắn, thượng nguồn dốc nên khi xuất hiện mưa lớn thì nước tập trung nhanh, lũ lên nhanh và đổ dồn về hạ lưu thoát ra biển. Ngoài ra, do phần địa hình vùng hạ lưu thấp lại có dạng lòng chảo, phần lớn có độ cao địa hình thấp hơn mực nước biển (0,8-1 m) nên khi có mưa lớn, nhất là mưa trong bão, kết hợp thủy triều dâng cao, nước bị ứ lại, thoát ra biển rất chậm. Vấn đề này làm cho hiện tượng ngập lụt tại khu vực này xảy ra ngày một nghiêm trọng hơn. Điều đó được thể hiện rất rõ nét trong trận lũ lịch sử xảy ra vào tháng 10 năm 2020 khi phần lớn các vùng hạ lưu của lưu vực bị ngập lụt và gây ra những thiệt hại nặng nề cho người dân tại đây. Bài báo này giới thiệu những kết quả chính của việc ứng dụng GIS trong việc xây dựng các bản đồ ngập lụt cho Thành phố Đồng Hới, huyện Lệ Thủy và Quảng Ninh trong thời gian xảy ra đợt lũ lịch sử từ dữ liệu khảo sát thực địa và mô hình số độ cao DEM. Nghiên cứu đã bước đầu chỉ ra được những khu vực bị ngập lụt nặng, tạo cơ sở cho việc xây dựng, đề xuất các giải pháp chống ngập, tiêu thoát lũ hiệu quả và phù hợp cho khu vực này trong tương lai.

**Từ khóa**: lũ, ngập lụt; Quảng Bình; GIS; DEM.

## 1. Đặt vấn đề:

Lưu vực sông Nhật Lệ nằm ở phía Nam của tỉnh Quảng Bình và có diện tích khoảng 2.647 km$^2$ (Hình 1.1). Đây là hệ thống sông lớn thứ hai của tỉnh, sau hệ thống sông Gianh ở phía Bắc. Vùng hạ lưu của lưu vực là nơi tập trung đông dân cư, trong đó, đông nhất là khu vực ven biển, điển hình là thành phố Đồng Hới nơi có mật độ dân số cao gấp 6 lần so với toàn tỉnh. Các huyện đồng bằng và ven biển chiếm đến 85% dân cư của cả tỉnh. Dân số cũng tập trung đông hơn ở ven sông: hai bên bờ sông chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của ngập lụt cũng chính là nơi có mật độ dân số cao nhất trên lưu vực [1].

Mùa lũ trên sông Nhật Lệ gồm 4 tháng liên tục từ tháng IX đến tháng XII, trùng với thời kỳ mùa mưa trên lưu vực. Mưa lũ thường bị chi phối bởi các hình thế thời tiết gây mưa lớn như bão, áp thấp nhiệt đới, không khí lạnh, dải hội tụ nhiệt đới và các nhiễu động khác như sóng đông,.... Mức độ mưa lũ lớn trở nên nghiêm trọng hơn khi có sự tác động kết hợp giữa các hình thế gây mưa này. Do đặc điểm lưu vực có địa hình phần lớn là đồi núi dốc, sông suối lại ngắn, thượng nguồn dốc nên khi xuất hiện mưa lớn thì nước tập trung nhanh, lũ lên nhanh và đổ dồn về hạ lưu thoát ra biển. Tuy nhiên, không như các hệ thống sông khác lượng nước thường đổ thẳng ra biển qua nhiều cửa thoát. Hệ thống sông Nhật Lệ chỉ có một cửa thoát duy nhất (cửa Nhật Lệ) và dòng chảy lũ cũng không thể đổ thẳng ra biển do gặp phải một dãy cồn cát khá cao (30-40 m) như một con đê chạy song song với đường bờ (Hình 1.1).

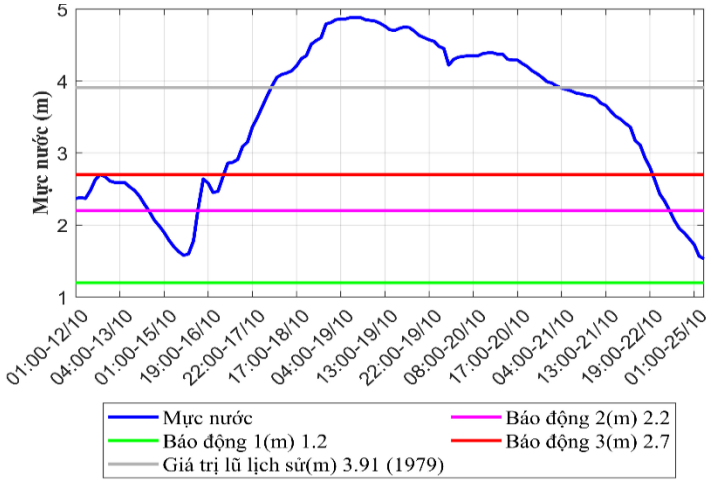



(a) (b)

*Hình 1.1. Tỉnh Quảng Bình (a) và lưu vực sông Nhật Lệ (b)*

Ngoài ra, do phần địa hình vùng hạ lưu thấp lại có dạng lòng chảo, phần lớn có độ cao địa hình thấp hơn mực nước biển (0,8-1 m) nên khi có mưa lớn, nhất là mưa trong bão, kết hợp thủy triều dâng cao, nước bị ứ lại, thoát ra biển rất chậm [2]. Do đó, ngoài tính chất lũ lớn và nhanh ở thượng lưu thì ở vùng hạ lưu Nhật Lệ còn chịu ngập úng dài ngày trên diện rộng. Điều đó được thể hiện rất rõ nét trong trận lũ lịch sử xảy ra vào tháng 10 năm 2020 khi phần lớn các vùng hạ lưu của lưu vực bị ngập lụt và gây ra những thiệt hại nặng nề cho người dân tại đây. Hình 1.2 thống kê một số trận lũ trong năm 2020 tại tỉnh Quảng Bình.

Trên thế giới, đã có nhiều nghiên cứu liên quan đến xây dựng bản đồ ngập lụt ứng dụng công nghệ GIS và viễn thám và mở ra nhiều cơ hội cho các nhà nghiên cứu có thể cập nhật và áp dụng trong các nghiên cứu khác nhau vì nó mang lại những kết quả nhất định [3], [4], [5]. Sử dụng ảnh viễn thám quang học và radar cho phép chúng ta xác định nhanh vùng ngập và tức thời [6], [7]. Tuy nhiên phương pháp sử dụng các dữ liệu ảnh viễn thám và GIS để thành lập bản đồ ngập lụt chỉ có thể xác định được phạm vi ngập lụt mà không đưa ra được cụ thể độ sâu ngập lụt. Việc xác định phạm vi ngập cũng như mức độ ngập nhằm đánh giá chính xác thiệt hại cũng như đưa ra các đề xuất và giải pháp nhằm giảm thiểu thiệt hại và thoát lũ trong tương lai cho khu vực này là hết sức cần thiết.




*Hình 1.2. Mực nước lũ trong đợt các đợt lũ lụt ở Quảng Bình*

Bài báo này giới thiệu những kết quả chính của việc nghiên cứu ứng dụng GIS và điều tra thực địa để thành lập bản đồ ngập lụt thực tế tại Thành phố Đồng Hới, huyện Quảng Ninh và Lệ Thủy tỉnh Quảng Bình trong trận lũ lịch sử tháng 10/2020. Kết quả của phương pháp này là nguồn dữ liệu bổ sung quan trọng kết hợp với dữ liệu được giải đoán từ ảnh vệ tinh để phục vụ cho công tác thiết kế, đưa ra các giải pháp thoát lũ cho khu vực nghiên cứu.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### *2.1. Dữ liệu nghiên cứu*

Dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu gồm hai loại: thứ nhất dữ liệu được thu thập bằng phương pháp điều tra thực địa vào tháng 1 năm 2021. Kết quả điều tra đã thu thập được tổng số 850 điểm (tọa độ và độ cao) (bảng 1.1). Thứ hai, là dữ liệu bản đồ địa hình tỷ lệ 1:2000 ở TP Đồng Hới và tỷ lệ 1:10000 cho các huyện Quảng Ninh, Lệ Thủy được thu thập từ Trung tâm thông tin dữ liệu đo đạc và bản đồ - BTNMT. Bộ dữ liệu độ cao địa hình được xử lý và chuyển sang dạng shapefile trong môi trường ArcGIS thống nhất trên cùng một hệ tọa độ và độ cao địa phương. Các điểm vết lũ đo đạc từ thực địa sau đó được tính toán và so sánh với độ cao từ bản đồ địa hình để đánh giá độ chính xác của dữ liệu theo phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên từ các điểm đo. Trong nghiên cứu, chúng tôi lấy ngẫu nhiên 10% các số liệu đo để so sánh.




*Hình 2.1 Đánh dấu vị trí vết lũ tại thực địa*

Kết quả tính toán thu được sai số trung bình và độ lệch chuẩn (Standard Deviation) tương ứng là 0.013m và 0.072m. Sai số này tương đối nhỏ nên có thể khẳng định dữ liệu đo đạc là tương đối chính xác. Các lớp thông tin còn lại trên bản đồ địa hình dùng để biên tập ranh giới hành chính và thể hiện các thông tin khi cần thiết như hệ thống giao thông, thủy hệ…

*Bảng 1.1 Số liệu một số điểm đo vết lũ*

| TT điển | X | Y | H (đo) | H (DEM) | Sai số (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 569613.865 | 1924592.548 | 5.444 | 5.648 | -0.2042 |
| **2** | 570252.316 | 1923045.122 | 3.753 | 3.797 | -0.0445 |
| **3** | 569885.061 | 1922661.203 | 2.509 | 2.486 | 0.0230 |
| **4** | 569573.17 | 1922432.051 | 1.86 | 1.792 | 0.0680 |
| **5** | 570357.818 | 1922292.493 | 2.453 | 2.438 | 0.0153 |
| **6** | 570351.129 | 1922285.074 | 2.99 | 2.956 | 0.0345 |
| **7** | 571592.921 | 1921123.883 | 4.48 | 4.558 | -0.0776 |

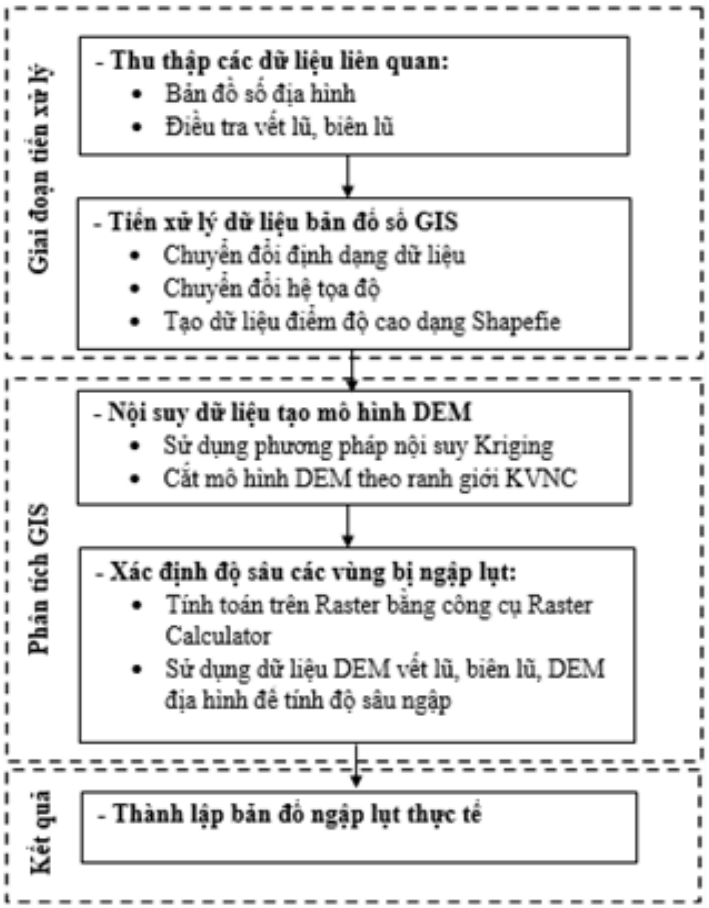
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **8** | 568557.21 | 1915299.422 | 3.501 | 3.497 | 0.0037 |
| **9** | 569872.36 | 1914243.617 | 2.436 | 2.430 | 0.0061 |
| **10** | 570433.433 | 1911835.439 | 3.388 | 3.391 | -0.0029 |
| **11** | 570957.987 | 1911723.67 | 3.486 | 3.482 | 0.0039 |
| **12** | 568740.076 | 1916121.217 | 4.229 | 4.225 | 0.0035 |
| **13** | 569872.36 | 1914243.617 | 2.436 | 2.430 | 0.0061 |
| **14** | 569804.636 | 1914035.817 | 2.193 | 2.195 | -0.0016 |
| **15** | 571140.064 | 1911689.665 | 3.444 | 3.445 | -0.0006 |
| **16** | 569336.621 | 1917226.896 | 2.82 | 2.806 | 0.0136 |
| **17** | 573757.122 | 1911204.786 | 3.754 | 3.759 | -0.0050 |
| **18** | 572896.344 | 1907577.889 | 5.938 | 5.942 | -0.0035 |
| **19** | 584458.217 | 1899126.391 | 4.365 | 4.376 | -0.0113 |
| **20** | 582242.73 | 1905212.622 | 2.5 | 2.511 | -0.0115 |
| **21** | 579548.581 | 1907162.492 | 2.197 | 2.309 | -0.1123 |
| **22** | 579093.698 | 1907558.297 | 2.302 | 2.157 | 0.1451 |
| **23** | 576395.087 | 1906645.843 | 2.482 | 2.459 | 0.0227 |
| **24** | 576121.63 | 1907701.713 | 3.427 | 3.367 | 0.0600 |
| **25** | 576105.014 | 1907704.387 | 1.68 | 1.669 | 0.0111 |
| **26** | 583084.911 | 1909992.65 | 3.815 | 3.770 | 0.0445 |
| **27** | 583696.778 | 1910115.231 | 4.931 | 5.070 | -0.1389 |
| **28** | 583520.913 | 1909433.039 | 3.392 | 3.416 | -0.0240 |
| **29** | 584997.065 | 1909050.828 | 4.766 | 4.804 | -0.0382 |
| **30** | 585246.25 | 1908799 | 4.246 | 4.390 | -0.1437 |
| **31** | 585115.304 | 1908505.964 | 2.914 | 3.129 | -0.2153 |
| **32** | 586464.755 | 1907419.009 | 3.665 | 4.009 | -0.3436 |
| **33** | 587244.126 | 1906484.752 | 2.645 | 2.644 | 0.0013 |
| **34** | 587930.839 | 1906773.967 | 5.583 | 5.637 | -0.0541 |
| **35** | 590688.953 | 1901993.749 | 4.685 | 4.698 | -0.0133 |
| **36** | 587094.569 | 1901779.975 | 3.692 | 3.689 | 0.0034 |
| **37** | 587528.093 | 1901251.154 | 3.912 | 3.923 | -0.0106 |
| **38** | 590391.624 | 1898974.171 | 3.876 | 3.867 | 0.0090 |
| **39** | 581782.796 | 1906139.292 | 2.1 | 2.097 | 0.0025 |
| **40** | 578243.448 | 1907611.206 | 1.749 | 1.740 | 0.0095 |
| **41** | 574549.849 | 1917044.72 | 3.826 | 3.799 | 0.0269 |
| **42** | 574783.703 | 1916826.604 | 2.175 | 2.112 | 0.0634 |
| **43** | 575982.464 | 1915800.613 | 2.549 | 2.674 | -0.1255 |
| **44** | 576165.022 | 1915990.783 | 4.795 | 4.741 | 0.0543 |
| **45** | 576159.037 | 1915986.202 | 4.586 | 4.574 | 0.0120 |
| **46** | 576117.302 | 1915686.986 | 2.585 | 2.583 | 0.0021 |
| **47** | 576123.127 | 1915681.27 | 2.642 | 2.632 | 0.0100 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **48** | 576217.718 | 1915506.848 | 3.091 | 3.041 | 0.0497 |
| **49** | 576366.979 | 1915414.092 | 3.533 | 3.532 | 0.0005 |
| **50** | 576894.998 | 1915314.404 | 3.067 | 3.101 | -0.0338 |
| **51** | 579710.277 | 1912865.833 | 2.579 | 2.568 | 0.0105 |
| **52** | 580357.457 | 1912136.386 | 4.386 | 4.370 | 0.0156 |
| **53** | 580358.445 | 1911737.495 | 2.489 | 2.408 | 0.0805 |
| **54** | 580481.868 | 1911992.938 | 3.638 | 3.770 | -0.1319 |
| **55** | 581054.026 | 1911799.683 | 4.227 | 4.258 | -0.0308 |
| **56** | 581627.329 | 1911414.886 | 1.573 | 1.600 | -0.0269 |
| **57** | 581811.379 | 1911401.047 | 2.268 | 2.523 | -0.2550 |
| **58** | 570307.819 | 1918154.076 | 2.177 | 2.178 | -0.0010 |
| **59** | 566037.062 | 1933155.508 | 2.48 | 2.523 | -0.0429 |
| **60** | 563918.507 | 1932892.085 | 2.38 | 2.414 | -0.0335 |
| **61** | 566421.006 | 1931659.975 | 1.852 | 1.851 | 0.0009 |
| **62** | 566896.686 | 1930254.246 | 1.785 | 1.785 | -0.0003 |
| **63** | 567217.974 | 1928574.128 | 2.059 | 2.067 | -0.0081 |
| **64** | 567151.064 | 1929025.038 | 1.968 | 1.974 | -0.0057 |
| **65** | 565803.755 | 1933185.598 | 2.768 | 2.752 | 0.0156 |
| **66** | 565504.106 | 1933136.291 | 2.035 | 2.043 | -0.0083 |
| **67** | 563976.619 | 1933681.024 | 2.924 | 2.908 | 0.0164 |
| **68** | 566704.949 | 1930524.88 | 2.474 | 2.451 | 0.0225 |
| **69** | 568386.015 | 1916628.344 | 2.002 | 2.008 | -0.0059 |
| **70** | 569617.051 | 1913706.043 | 2.265 | 2.251 | 0.0136 |
| **71** | 569433.236 | 1912783.288 | 3.451 | 3.440 | 0.0115 |
| **72** | 583424.208 | 1905251.219 | 2.299 | 2.308 | -0.0086 |
| **73** | 583805.709 | 1904494.004 | 2.348 | 2.361 | -0.0135 |
| **74** | 584406.029 | 1903888.866 | 2.756 | 2.756 | -0.0002 |
| **75** | 585220.483 | 1903319.873 | 2.992 | 2.977 | 0.0150 |
| **76** | 565148.768 | 1929845.456 | 1.994 | 1.981 | 0.0125 |
| **77** | 573134.039 | 1919000.57 | 2.729 | 2.688 | 0.0412 |
| **78** | 564044.48 | 1926668.203 | 2.789 | 2.790 | -0.0009 |
| **79** | 568264.578 | 1925377.219 | 1.354 | 1.375 | -0.0206 |
| **80** | 567475.055 | 1927139.336 | 2.02 | 1.963 | 0.0565 |
| **81** | 569072.345 | 1926071.693 | 2.393 | 2.309 | 0.0844 |
| **82** | 568965.752 | 1926402.338 | 2.393 | 2.363 | 0.0296 |

***2.2. Phương pháp nghiên cứu:***

Bản đồ ngập lụt có thể thành lập từ các dữ liệu điều tra, đo đạc thực tế tại hiện trường (điều tra các vết lũ), sau đó đưa kết quả điều tra lên bản đồ địa hình để tính toán độ sâu ngập tại các vị trí (Độ sâu ngập = Cao trình vết lũ - Cao trình mặt đất); ranh giới vùng ngập và không ngập được xác định từ các điểm có độ sâu ngập = 0. Để xây dựng được bản đồ ngập lụt thực tế

theo phương pháp ứng dụng công nghệ GIS và mô hình số độ cao DEM, các dữ liệu sau khi thu thập cần được xử lý theo quy trình dưới đây:

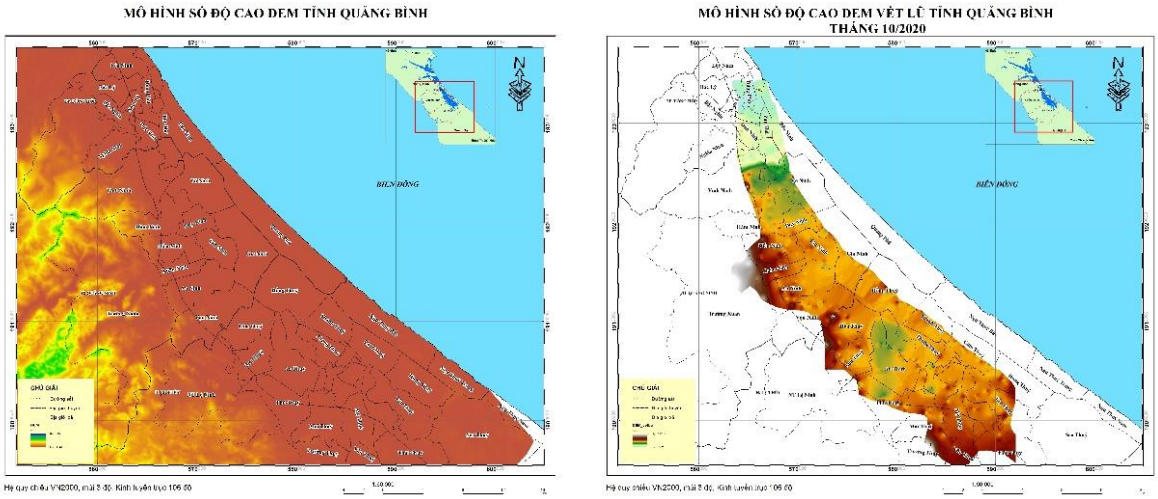



*Hình 2.2 Quy trình thực hiện chi tiết của nghiên cứu*

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### *3.1. Nội suy dữ liệu tạo mô hình DEM cho vùng nghiên cứu và DEM vết lũ*

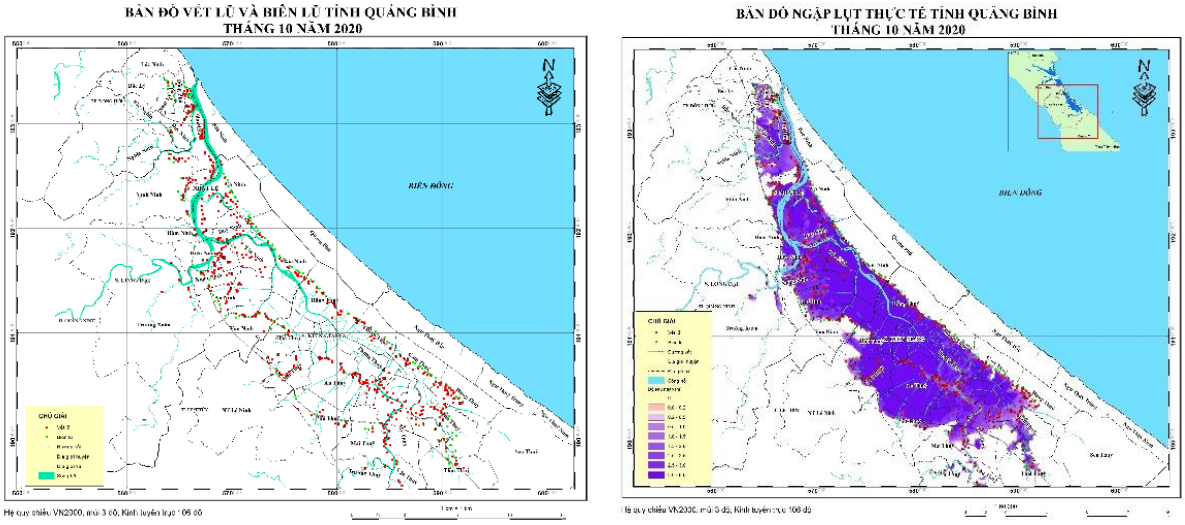
Từ bộ dữ liệu bản đồ địa hình, sau khi thực hiện các bước tiền xử lý như chuyển đổi hệ tọa độ, đưa các dữ liệu về cùng định dạng và tiến hành nội suy DEM theo phương pháp nội suy Kriging trên phần mềm ArcGIS. Dữ liệu DEM địa hình khu vực nghiên cứu được nội suy với độ phân giải không gian 5*5m. Dữ liệu DEM sau khi nội suy được cắt theo ranh giới khu vực nghiên cứu. Tương tự, từ số liệu đo đạc thực địa tác giả cũng sử dụng phương pháp nội suy Kriging để tạo DEM cho vết lũ (độ cao mặt nước) có cùng độ phân giải không gian là 5*5m. Độ cao mặt nước kết hợp với độ cao địa hình là cơ sở để xác định độ sâu ngập cho khu vực nghiên cứu. Mô hình số độ cao của vết lũ có giá trị biến thiên từ 1.5 m đến 9.7m với độ phân giải không gian là 5m.




*Hình 3.1 Mô hình số độ cao DEM vùng nghiên cứu và DEM vết lũ tại TP Đồng Hới, huyện Quảng Ninh, Lệ Thủy tỉnh Quảng Bình*

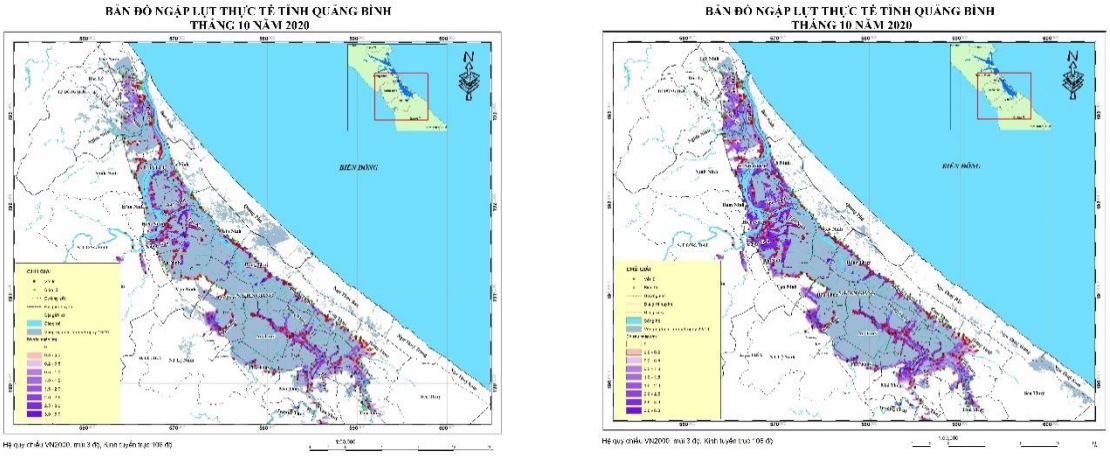
### *3.2. Xác định độ sâu vùng ngập lụt*

Từ mô hình số độ cao DEM của địa hình và DEM của vết lũ, tiến hành tính toán độ sâu ngập lụt cho vùng nghiên cứu bằng công cụ Raster Calculator theo công thức: Độ sâu ngập = Cao trình vết lũ - Cao trình mặt đất, kết quả thu được bản đồ ngập lụt thực tế. Khu vực này có độ sâu ngập lụt dao động từ 0 đến 6m. Vùng ngập sâu nhất tập trung ở hai huyện Quảng Ninh và Lệ Thủy do địa hình khu vực này trũng và cao độ địa hình tương đối thấp.




*Hình 3.2 Bản đồ điều tra vết lũ (trái); Bản đồ ngập lụt thực tế (phải) huyện Quảng Ninh, Lệ Thủy và TP Đồng Hới, Tỉnh Quảng Bình*

Tổng diện tích ngập khu vực nghiên cứu là 29.393 hecta. Độ sâu ngập lụt từ 3 - 4 m chiếm phần lớn. Trong đó vùng bị ngập nhiều nhất là huyện Lệ Thủy (15.926 hecta), tiếp đến là huyện Quảng Ninh (10.447 hecta) và TP Đồng Hới là 3.019 hecta là vùng bị ngập ít nhất.




*Hình 3.3 Bản đồ ngập lụt thực tế được kiểm chứng với vùng ngập được chiết tách từ ảnh Vệ tinh ngày 18/10 (trái) và ngày 22/10 (phải)*

## 4. Kết luận

Các bản đồ và số liệu được trình bày trong bài báo cho thấy nghiên cứu này đã giải quyết được mục tiêu đề ra từ ban đầu là xác định được các vùng bị ngập lụt, tính toán được diện tích và độ sâu các vùng bị ngập lụt. Các vùng thường xuyên bị ngập và ngập sâu nhất nằm ở các vùng bán sơn địa, vùng trũng thuộc địa phận các xã Hồng Thủy, An Thủy, Gia Ninh. Kết quả từ nghiên cứu này cũng là nguồn dữ liệu quan trọng và có giá trị hỗ trợ cho các nghiên cứu tiếp theo trong việc đề xuất các giải pháp công trình và phi công trình phục vụ cho việc tiêu thoát lũ nhằm giảm thiểu thiệt hại cho người dân vùng lũ.

## Tài liệu tham khảo

1. Nguyen Xuan H. (2015). *Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến ngập lụt lưu vực sông Nhật Lệ, Việt Nam (Assessment of climate change impact on flood in the Nhatle river basin, Vietnam)*. VNU Sci Nat Sci Technol, **31**, 125.

2. Phan Thanh T. (2011). *Bàn về lũ lụt Quảng Bình và các biện pháp phòng chống*. Thông Tin Khoa Học- Công Nghệ - QB, **5**, 34.

3. Gigović, L., Pamučar, D., Bajić, Z. and Drobnjak, S. (2017), *Application of GIS-interval rough AHP methodology for flood hazard mapping in urban areas*, Water 9 (6), 360, doi:10.3390/w9060360

4. Wedajo G.K. (2017). *LiDAR DEM Data for Flood Mapping and Assessment; Opportunities and Challenges: A Review*. J Remote Sens GIS, 06(04).

5. Muhadi N.A., Abdullah A.F., Bejo S.K. và cộng sự. (2020). *The Use of LiDAR-Derived DEM in Flood Applications: A Review*. Remote Sens, 12(14), 2308.

6. Nguyen Thanh Luan và cộng sự (2017), *Nghiên cứu thành lập bản đồ ngập lụt từ ảnh viễn thám Radar áp dụng cho hạ du lưu vực sông Trà Khúc, sông Vệ, tỉnh Quảng Ngãi*. Tạp chí Khoa học và công nghệ Thủy Lợi số 39.

7. Gan T Y, Zunic F, Kuo C-C and Strobl T, 2012, *Flood mapping of Danube River at Romania using single and multi-date ERS2-SAR images*, Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinform. 18, 69-81

# ABSTRACT

## APPLICATION OF GIS FOR ACTUAL FLOOD MAPPING: CASE STUDY OF DONG HOI CITY, QUANG NINH AND LE THUY DISTRICTS, QUANG BINH PROVINCE IN OCTOBER 2020

**Lai Tuan Anh, Tran Thanh Tung, Le Hai Trung, Nguyen Quang Luong**
*Thuyloi University*
*Corresponding author: laituananh@tlu.edu.vn*

Nhat Le river basin located in the south of Quang Binh province and covers an area of about 2,647 $km^2$. Because the basin's topography is mostly steep hills, short rivers and streams, and upstream slopes, when heavy rain occurs, water gathers quickly, floods rise quickly and rush downstream to the sea. In addition, because the terrain in the lower basin is basin-shaped, most of the terrain is lower than sea level (0.8-1 m), so when there is heavy rain, especially during storms, the in case of high tide, the water is stagnant and drains out to the sea very slowly. This problem makes flooding in this area more and more serious. It is very clearly that the historic flood occurred in October 2020 make most of the downstream areas of the basin were flooded and caused heavy damage to the people here. This paper introduces the main results of the application of GIS to establish the flood mapping for Dong Hoi City, Le Thuy and Quang Ninh district during this historic flood from field surveying and Digital Elevation Model (DEM). This study has initially pointed out the areas that are heavily flooded, creating a basis for the construction and proposal of effective and appropriate flood control and drainage solutions for this area in the future.

*Key word:* flood, inundation, Quang Binh, GIS, DEM

# CÔNG TÁC QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI: NHỮNG YÊU CẦU TRONG THỜI KỲ CÔNG NGHIỆP HÓA, HIỆN ĐẠI HÓA ĐẤT NƯỚC

**Nguyễn Thị Dung, Trần Xuân Miễn, Phạm Thị Kim Thoa**
*Trường Đại học Mỏ-Địa chất*
*Tác giả liên hệ: nguyenthidung@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Quản lý đất đai ngày càng có vai trò quan trọng trong công cuộc công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước. Công tác quản lý nhà nước về đất đai đang từng bước được tăng cường, chính sách, pháp luật về đất đai đã ngày càng được hoàn thiện. Tuy nhiên, với tốc độ đô thị hóa, công nghiệp hóa diễn ra nhanh, công tác quản lý nhà nước về đất đai còn bộc lộ nhiều hạn chế, bất cập, chưa đáp ứng được yêu cầu thực tiễn, chậm sửa đổi, bổ sung hoàn thiện. Nội dung nghiên cứu của bài báo là hệ thống các văn bản quy phạm pháp luật đất đai nhằm rà soát thể chế, cơ chế, chính sách hiện hành trên cơ sở yêu cầu của thực tiễn để tìm ra và chỉ rõ các chính sách, quy định đang kìm hãm các nguồn lực cho sự phát triển, gây khó khăn cho người dân, doanh nghiệp; Nhận diện các vấn đề về quản lý nhà nước về đất đai cùng với các nguyên nhân của nó. Bài báo cũng đề xuất một số giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả công tác quản lý nhà nước về đất đai như: Nhóm giải pháp về định hướng xây dựng chính sách pháp luật; Nhóm giải pháp về qui hoạch; Nhóm giải pháp về kinh tế đất đai; Nhóm giải pháp về ứng dụng công nghệ và dịch vụ hành chính công về đất đai.

**Từ khóa**: Luật đất đai, quản lý đất đai, công nghiệp hóa, hiện đại hóa

## 1. Đặt vấn đề

Quản lý đất đai (QLĐĐ) không chỉ đảm bảo tính trật tự, công bằng trong hệ thống hành chính của quá trình sử dụng đất đai mà còn phải giải quyết nhiều vấn đề mang tính xã hội như: bảo vệ tài nguyên đất, phát triển bền vững, công bằng trong sử dụng đất, kiểm soát tình trạng môi trường…. Vì thế, QLĐĐ ngày càng có phạm vi ảnh hưởng, tác động sâu rộng tới nhiều mặt của đời sống kinh tế - xã hội (Thu Trang, 2021), đồng thời QLĐĐ cũng phải đáp ứng với sự phát triển của khoa học - công nghệ, chiến lược phát triển kinh tế đất nước trong thời đại mới.

Giải quyết đúng đắn chính sách đất đai sẽ tạo thêm động lực, góp phần quan trọng để đạt được những thành tựu to lớn của sự nghiệp cách mạng nước ta. Hiệu quả quản lý nhà nước về đất đai đang từng bước được tăng cường, chính sách, pháp luật về đất đai ngày càng được hoàn thiện. Tuy nhiên, công tác quản lý nhà nước về đất đai còn nhiều hạn chế, bất cập, chưa đáp ứng với phát triển của nền kinh tế trong thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa. Điều này đã được Trung ương Đảng đánh giá và kết luận tại nhiều văn bản quan trọng như: Nghị quyết số 26-NQ/TW ngày 12/3/2003; Nghị quyết số 19-NQ/TW ngày 31/10/2012; Kết luận số 36-KL/TW ngày 6/9/2018 của Bộ Chính trị. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2021) cũng nhìn nhận trong quá trình tổ chức thi hành Luật đất đai hiện nay vẫn còn nhiều vấn đề bất cập, cần sớm

được khắc phục và hoàn thiện.

Do đó, để đạt được mục tiêu hiện đại hóa công tác QLĐĐ, phục vụ mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội bền vững thì việc nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn những vấn đề đất đai còn vướng mắc, bất cập là thực sự cần thiết. Đây là cơ sở để sửa đổi Luật Đất đai 2013 và xây dựng các văn bản dưới Luật có liên quan; xây dựng các tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật; các công nghệ mới để tạo nền tảng phát triển bền vững cho ngành QLĐĐ, phù hợp với cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư và xu thế chung của thế giới. Từ đó hoạch định các chính sách quản lý trong thời gian tới, góp phần nâng cao hiệu lực, hiệu quả quản lý nhà nước về đất đai.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### *2.1. Dữ liệu nghiên cứu*

Hệ thống các văn bản quy phạm pháp luật đất đai, nhất là các văn bản về lĩnh vực kinh tế đất đai, qui hoạch sử dụng đất, giao đất, thu hồi đất, dịch vụ hành chính công và ứng dụng công nghệ có liên quan như: Nghị quyết số 26-NQ/TW ngày 12/3/2003; Nghị quyết số 19-NQ/TW ngày 31/10/2012; Kết luận số 36-KL/TW ngày 6/9/2018 của Bộ Chính trị; Chỉ thị 01/CT-TTg ngày 03/01/2018 của Thủ tướng Chính phủ; Luật số 02/2011/QH13; Luật số 03/2011/QH13; Luật số 13/2003/QH11; Luật số 45/2013/QH13; Luật số: 56/2010/QH12; Luật số 24-L/CTN ngày 14/07/1993,…

Ngoài ra, nghiên cứu này còn sử dụng các báo cáo, đánh giá của Bộ Tài nguyên và Môi trường và của một số một địa phương, cơ quan khác.

### *2.2. Phương pháp nghiên cứu*

- *Phương pháp điều tra thu thập tài liệu và số liệu:* Nhằm thu thập các tài liệu, số liệu về tình hình ban hành văn bản quy phạm pháp luật đất đai; về lĩnh vực kinh tế đất đai; về qui hoạch sử dụng đất, giao đất, thu hồi đất; dịch vụ hành chính công và ứng dụng công nghệ thông tin và xây dựng CSDL đất đai. Các tài liệu được thu thập tại các cơ quan như Bộ TN&MT, các địa phương (thông qua các cổng thông tin điện tử).

- *Phương pháp phân tích, đánh giá tổng hợp:* Từ các số liệu, tài liệu thực trạng tiến hành so sánh đối chiếu với các quy định hiện hành; phân tích, đánh giá những khó khăn, tồn tại và nguyên nhân, từ đó đề xuất giải pháp xử lý, tháo gỡ.

## 3. Thực trạng công tác quản lý đất đai Việt Nam thời gian qua

### *3. 1. Những thành tựu*

Chính sách, pháp luật về đất đai trong thời kỳ đẩy mạnh công nghiệp hóa (CNH), hiện đại hóa (HĐH) đất nước đã đạt nhiều kết quả tích cực, góp phần khai thác và phát huy có hiệu quả nguồn lực đất đai phục vụ mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội, bảo đảm quốc phòng, an ninh, ổn định xã hội, an ninh lương thực quốc gia, bảo vệ môi trường... Hiệu quả quản lý nhà nước về đất đai từng bước được tăng cường; chính sách, pháp luật về đất đai ngày càng được hoàn thiện (Lê Thanh Khuyến, 2020). Kết quả đó khẳng định các quan điểm chỉ đạo, định hướng chính sách, pháp luật về đất đai được xác định trong các Nghị quyết Trung ương 7 khóa IX, Nghị quyết Trung ương 6 khóa XI cơ bản là đúng đắn, phù hợp với đặc điểm, tình hình phát

triển kinh tế - xã hội của đất nước. Cụ thể:

*3.1.1. Trong lĩnh vực ban hành văn bản pháp luật về đất đai*

- Công tác hoàn thiện thể chế, chính sách, pháp luật về đất đai luôn được Đảng và Nhà nước quan tâm thực hiện. Theo đó đã bàn hành nhiều văn bản quy phạm pháp luật về đất đai (Luật đất đai 1987, năm 1993; Luật sửa đổi, bổ sung năm 1998, năm 2001; Luật đất đai năm 2003, năm 2013 và các văn bản hướng dẫn thi hành), góp phần giải quyết hầu hết các quan hệ đất đai, xóa bỏ nhiều rào cản, tháo gỡ vướng mắc trong công tác quản lý nhà nước về đất đai; đảm bảo ổn định chính trị - xã hội, cải thiện môi trường đầu tư kinh doanh, thúc đẩy sản xuất phát triển, phát huy nguồn lực đất đai và đảm bảo quyền của người sử dụng đất...

- Đặc biệt từ khi *Luật Đất đai* năm 2013 ra đời, Chính phủ đã ban hành 13 nghị định (gồm 10 nghị định mới và 3 nghị định sửa đổi, bổ sung); các bộ, ngành đã ban hành 48 thông tư, thông tư liên tịch, trong đó Bộ Tài nguyên và Môi trường đã chủ trì ban hành 33 thông tư. Ủy ban nhân dân các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương đã ban hành hơn 1.141 văn bản, quy định cụ thể đối với 41 nội dung theo phân cấp (Nguyễn Thị Ngọc Hoa, 2020). *Luật Đất đai* năm 2013 và các văn bản thi hành đã thể chế khá đầy đủ các quan điểm, định hướng của Nghị quyết số 19-NQ/TW. Theo đó, đã khắc phục được những hạn chế, vướng mắc về thất thoát, lãng phí; bảo đảm nguyên tắc thị trường, đáp ứng được yêu cầu hội nhập quốc tế trong tình hình mới; làm tăng nguồn lực tài chính từ phát triển đất đai.

- Việc ban hành đồng thời các văn bản hướng dẫn thi hành Luật có hiệu lực cùng với *Luật Đất đai* năm 2013, đã đánh dấu một bước tiến quan trọng, được xã hội ghi nhận và đánh giá cao trong việc chuẩn bị, tổ chức thi hành *Luật Đất đai*. Việc phân cấp cho các địa phương quy định cụ thể một số nội dung đã làm cho chính sách đất đai được ban hành phù hợp hơn với thực tiễn, góp phần đưa công tác QLĐĐ vào nề nếp, giảm các khiếu nại, tố cáo liên quan đến đất đai.

*3.1.2. Trong lĩnh vực kinh tế đất đai*

- Công tác quản lý đất đai làm tốt vai trò đảm bảo nhu cầu sử dụng đất cho các ngành kinh tế, văn hóa, xã hội, bảo vệ môi trường phù hợp với yêu cầu của thời kỳ CNH, HĐH đất nước. Thông qua việc hoàn thiện công tác quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất để đáp ứng đầy đủ yêu cầu phát triển kinh tế - xã hội (Nghị quyết số 19-NQ/TW ngày 31/10/2012).

- Theo Lê Thanh Khuyến (2020), công tác quản lý nhà nước về đất đai đã góp phần đảm bảo an ninh lương thực, xoá đói giảm nghèo, cải thiện đời sống nhân dân (trong các năm từ 1976 - 1980, nước ta phải nhập 5,6 triệu tấn gạo thì đến năm 2019 xuất khẩu gạo đã đạt 6,34 triệu tấn). Nguồn lực về đất đai ngày càng được phát huy, góp phần tạo ra nguồn thu lớn cho ngân sách nhà nước. Nguồn thu từ đất không ngừng tăng qua các năm, nếu năm 1994, tổng thu chỉ khoảng 2.000 tỷ đồng, đến năm 2019 đã đạt trên 191,5 nghìn tỷ đồng. Trung bình nguồn thu từ đất đóng góp từ 12% đến 15% cho ngân sách, cá biệt có những nơi nguồn thu từ đất chiếm tới trên 30% ngân sách địa phương.

- Những quy định đổi mới về giá đất tại Luật Đất đai năm 2003 và Luật Đất đai năm 2013

đã tạo sự chuyển biến tích cực trong quản lý nhà nước về đất đai bằng biện pháp kinh tế. Đội ngũ cán bộ làm công tác định giá đất và thẩm định giá đất ngày càng được chú trọng hơn về chuyên môn và năng lực. Cơ quan tham mưu xây dựng giá đất và cơ quan thẩm định giá đất được tách ra hai cơ quan độc lập. Công tác theo dõi, cập nhật biến động giá đất trên thị trường được thực hiện thường xuyên. Từng bước xây dựng cơ sở dữ liệu (CSDL) về giá đất tới từng thửa đất.

*3.1.3. Trong lĩnh vực qui hoạch sử dụng đất, giao đất, thu hồi đất*

- Công tác qui hoạch sử dụng đất tạo hành lang pháp lý quan trọng trong việc thu hồi đất, giao đất, cho thuê đất và cấp Giấy chứng nhận quyền sử dụng đất (QSDĐ). Đồng thời, khắc phục tình trạng giao, cho thuê đất tràn lan gây lãng phí.

- Qui hoạch sử dụng đất đã tích cực hỗ trợ cho phát triển kinh tế được cân đối, nhất là trong quá trình phát triển các khu công nghiệp, khu dân cư mới, khu đô thị mới trên phạm vi cả nước; có tác dụng tích cực trong việc điều tiết thị trường, góp phần ổn định giá đất, tạo cơ sở thực tế cho các cuộc giao dịch về đất đai và tổ chức các cuộc đấu giá QSDĐ.

- Việc giao đất, cho thuê đất để thực hiện các dự án phát triển kinh tế, xã hội được thực hiện chủ yếu thông qua đấu giá QSDĐ, đấu thầu dự án có sử dụng đất từ đó phát huy hết tối đa nguồn lực tài chính cho ngân sách nhà nước. Hạn mức nhận chuyển QSDĐ nông nghiệp được mở rộng (Luật đất đai năm 2013) phù hợp với điều kiện cụ thể từng vùng, từng giai đoạn để tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình tích tụ, tập trung đất đai, hình thành những vùng sản xuất hàng hóa lớn trong nông nghiệp.

- Chính sách thu hồi đất, bồi thường, hỗ trợ, tái định cư quy định tại Luật đất đai năm 2013 đã bảo đảm tốt hơn quyền lợi cho người có đất thu hồi. Việc bồi thường, hỗ trợ, tái định cư khi Nhà nước thu hồi đất bảo đảm dân chủ, công khai, khách quan, công bằng và đúng quy định của pháp luật. Tổ chức thực hiện có hiệu quả phương án đào tạo nghề, tạo việc làm, tổ chức lại sản xuất và bảo đảm ổn định đời sống lâu dài của nhân dân ở khu vực có đất bị thu hồi.

- Hoàn thành cơ bản việc cấp Giấy chứng nhận QSDĐ lần đầu theo Nghị quyết số 30/2012/QH12 của Quốc hội, tỷ lệ cấp GCN lần đầu đạt trên 97% tổng diện tích các loại đất cần cấp (Lê Thanh Khuyến, 2020). Kết quả này đã tạo điều kiện thuận lợi cho việc nâng cao hiệu quả công tác quản lý nhà nước về đất đai, bảo đảm điều kiện pháp lý cho người sử dụng đất thực hiện các quyền, nghĩa vụ hợp pháp của mình, góp phần thúc đẩy phát triển thị trường bất động sản..

*3.1.4. Trong ứng dụng công nghệ và dịch vụ hành chính công về đất đai*

- Công tác cải cách thủ tục hành chính được tập trung chỉ đạo, đã cắt giảm, đơn giản hóa nhiều thủ tục hành chính, phối hợp liên thông, chia sẻ CSDL về đất đai với các ngành, lĩnh vực khác như: Thuế, ngân hàng,… , 100% cấp huyện đã ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý hồ sơ địa chính. Có 182/713 đơn vị hành chính cấp huyện đang vận hành đồng bộ CSDL đất đai (Lê Thanh Khuyến, 2020), tạo điều kiện thuận lợi cho người dân, doanh nghiệp trong quá trình thực hiện các thủ tục hành chính, góp phần làm minh bạch thị trường bất động sản, cũng như khơi thông nguồn lực đất đai.

- Theo đánh giá của Bộ Tài nguyên và Môi trường (2000), việc thành lập Văn phòng Đăng ký đất đai (ĐKĐĐ) một cấp đã giúp đẩy nhanh quá trình HĐH ngành QLĐĐ, tạo điều kiện thuận lợi hơn cho người dân trong việc nộp hồ sơ thực hiện thủ tục hành chính, rút ngắn thời gian giải quyết hồ sơ và giúp đẩy nhanh tiến độ cấp giấy chứng nhận QSDĐ, quyền sở hữu nhà ở và tài sản khác gắn liền với đất. Theo đó, những địa phương chưa thành lập Văn phòng ĐKĐĐ thì số lượng thủ tục hành chính phải thực hiện là 62 thủ tục, các địa phương thành lập Văn phòng ĐKĐĐ giảm còn 41 thủ tục.

- Thời gian qua, ngành QLĐĐ đã tăng cường ứng dụng công nghệ thông tin để xây dựng CSDL đất đai và hệ thống thông tin đất đai nhằm nâng cao hiệu quả và hiện đại hóa công tác quản lý nhà nước về đất đai trong tình hình hiện nay. Tiêu biểu như: Dự án hoàn thiện và HĐH hệ thống QLĐĐ Việt Nam (VLAP); dự án tăng cường QLĐĐ và cơ sở dữ liệu đất đai (VILG); Dự án xây dựng Cơ sở dữ liệu quốc gia về đất đai,… (Tuyết Nhi, 2016).

Hiện có 06 phần mềm ứng dụng của hệ thống thông tin đất đai áp dụng tại các địa phương gồm: phần mềm ViLIS (Tổng cục QLĐĐ), phần mềm ELIS (Cục Công nghệ thông tin và Dữ liệu tài nguyên môi trường), phần mềm TMV.LIS (Tổng công ty Tài nguyên và Môi trường Việt Nam), phần mềm SouthLIS (Tổng công ty Tài nguyên và Môi trường Miền Nam), phần mềm DongNaiLIS (tỉnh Đồng Nai), phần mềm VBDLIS (Công ty Vietbando xây dựng).

### *3.2. Những hạn chế của chính sách đất đai hiện nay và nguyên nhân*

Chính sách pháp luật đất đai được hình thành và phát triển qua nhiều giai đoạn, đã khẳng định tính phù hợp với điều kiện chính trị, kinh tế, xã hội hiện tại nhưng chưa khẳng định sự phù hợp với yêu cầu của một hệ thống QLĐĐ hiện đại, vận hành trong cơ chế thị trường phát triển và hội nhập quốc tế sâu nguyêrộng. Trước hết là các quyền của các chủ thể sử dụng đối với từng loại đất, quyền của nhà nước với tư cách là đại diện chủ sở hữu toàn dân và quyền quản lý của nhà nước đối với đất đai vẫn còn một số vấn đề chưa được chế định thật rõ, cụ thể và thống nhất, thể hiện ở những khía cạnh sau:

***Thứ nhất,*** hệ thống văn bản pháp luật và chính sách đất đai được ban hành quá nhiều, thay đổi thường xuyên, thiếu thống nhất, còn chồng chéo làm cho việc QLĐĐ gặp nhiều khó khăn; hệ thống pháp luật liên quan đến QLĐĐ thiếu tính thống nhất từ trên xuống dưới.

Nhà nước đồng thời thực hiện ba chức năng đối với đất đai: là đại diện chủ sở hữu đất đai cho toàn dân; là thiết chế quản lý nhà nước đối với mọi loại đất và sự vận động của đất đai trong mọi hình thức; là một chủ thể trực tiếp sử dụng đất. Nhưng sự quy định và phân định vai trò, quyền hạn, nghĩa vụ và trách nhiệm của các cơ quan nhà nước ở các cấp trong việc thực thi ba chức năng đó của nhà nước về đất đai còn những nội dung chưa rõ, chưa đầy đủ và còn trùng chéo; thiếu cơ chế kiểm soát việc thực thi quyền lực của nhà nước đối với sự vận động của quan hệ đất đai trong cơ chế thị trường, dẫn đến tình trạng quản lý lỏng lẻo, tham nhũng nghiêm trọng trong lĩnh vực đất đai, làm biến dạng thể chế thị trường đất đai. (Trần Quốc Toản, 2020).

***Thứ hai,*** về mặt pháp lý cũng như thực tiễn thừa nhận đất đai là một hàng hóa đặc biệt, QSDĐ là có giá trị và được đem ra trao đổi, mua bán, chuyển nhượng trên thị trường. Tuy nhiên, các chính sách về đất đai, nhà ở lại chưa phù hợp với các yêu cầu và các quy luật hoạt động của nền kinh tế thị trường (Nghị quyết số 19-NQ/TW ngày 31/10/2012). Sự biến động phức tạp của thị trường bất động sản như sự tăng vọt về giá cả đất đai, nhà ở đã tạo điều kiện cho hiện tượng

tiêu cực, tham nhũng dẫn đến những vấn đề nảy sinh gây nhức nhối xã hội như: giao đất, cho thuê đất không đúng thẩm quyền, tình trạng lấn chiếm, tranh chấp, khiếu kiện… gia tăng và ngày càng phức tạp.

***Thứ ba,*** việc đầu tư hạ tầng thông tin, xây dựng CSDL đất đai, thực hiện giao dịch điện tử trong lĩnh vực đất đai ở nhiều địa phương triển khai chậm so với yêu cầu. Hệ thống văn phòng ĐKĐĐ ở một số địa phương chậm được kiện toàn, thiếu nhân lực và các điều kiện hoạt động, chưa đáp ứng yêu cầu nhiệm vụ được giao (Chỉ thị số 01/CT-TTg ngày 03/01/2018). Hệ thống ĐKĐĐ còn mang tính thủ công, thực hiện thiếu thống nhất ở các địa phương. Công tác đăng ký, cấp GCN QSDĐ, quyền sở hữu nhà ở và tài sản gắn liền với đất chưa đáp ứng yêu cầu xây dựng CSDL đất đai đa mục tiêu.

***Thứ tư,*** tại nhiều địa phương, việc phê duyệt, điều chỉnh qui hoạch sử dụng đất còn chưa sát với nhu cầu, tình hình sử dụng đất trên thực tế, dẫn đến phải điều chỉnh nhiều lần. Một số địa phương còn điều chỉnh cục bộ qui hoạch chi tiết xây dựng không phù hợp với quy hoạch chung, kế hoạch sử dụng đất; điều chỉnh qui hoạch chi tiết không đúng thẩm quyền; phê duyệt và điều chỉnh qui hoạch của một số dự án còn có chỉ tiêu không phù hợp quy định, quy chuẩn xây dựng… Đây là yếu tố cơ bản gây áp lực lớn tới hệ thống hạ tầng kỹ thuật, hạ tầng xã hội, đặc biệt là giao thông đô thị, y tế, giáo dục làm ảnh hưởng đến chất lượng sống của cộng đồng dân cư (Trần Khánh Hòa, 2018).

***Thứ năm***, công tác định giá đất chưa đáp ứng được yêu cầu giá quy định sát giá thị trường. Hiện nay giá đất do Nhà nước quy định vẫn chỉ bằng từ 30% tới 60% giá đất chuyển nhượng thực tế (Trần Quốc Toản, 2020). Các phương pháp xác định giá đất hiện nay còn nhiều bất cập, không rõ ràng nên vướng mắc trong quá trình thực hiện. Công tác thẩm định giá đất còn hạn chế, đội ngũ cán bộ định giá đất chưa được đào tạo cơ bản, hoạt động còn mang tính kiêm nhiệm. Sự phát triển của thị trường đất đai còn mang tính tự phát, bị các yếu tố đầu cơ chi phối, tạo nên những biến động một cách cực đoan, đặc biệt tại các khu vực đô thị, khu công nghiệp và những nơi mà sự chuyển dịch cơ cấu sử dụng đất đang diễn ra mạnh mẽ.

Thứ sáu, công tác bồi thường, hỗ trợ và tái định cư khi nhà nước thu hồi đất vẫn còn nhiều vướng mắc, bất cập như: Các quy định về thuê đơn vị tư vấn thực hiện chưa cụ thể, rõ ràng; chi phí cho công tác tổ chức thực hiện chưa hợp lý (Trần Xuân Miễn và nnk, 2020); việc sử dụng tư liệu bản đồ để xác định diện tích hiện trạng chưa thực hiện thống nhất; việc xác định diện tích khó canh tác; các bất cập trong cập nhật, chỉnh lý hồ sơ địa chính sau thu hồi đất; về thời gian và kinh phí chi trả cho người sử dụng đất. Đặc biệt là việc thực hiện các chính sách thu hồi đất để thực hiện dự án đầu tư thông qua hình thức nhận chuyển nhượng quyền sử dụng đất còn rất nhiều bất cập, mâu thuẫn giữa Luật Đất đai với Luật Đầu tư.

***Thứ bảy***, giải quyết tranh chấp, khiếu nại, tố cáo về quản lý và sử dụng đất đai chưa tương xứng. Các vi phạm, tranh chấp về đất đai tuy có giảm nhưng lại diễn biến phức tạp, đặc biệt tình trạng tham nhũng trong QLĐĐ vẫn còn diễn ra ở nhiều địa phương chưa được thanh tra, phát hiện và xử lý kịp thời (Phùng Văn Nghệ, 2012). Ý thức chấp hành pháp luật của người dân, kể cả cán bộ, công chức trong hệ thống cơ quan QLĐĐ các cấp chưa nghiêm, mức độ sai phạm trong quản lý, sử dụng đất đai còn nhiều.

*Nguyên nhân của những hạn chế:*

*(1)* Đất đai có nguồn gốc rất đa dạng; chính sách đất đai thay đổi qua nhiều thời kỳ; chủ trương, chính sách, pháp luật hiện hành về đất đai còn một số nội dung chưa đủ rõ, chưa phù hợp; việc thể chế hoá còn chậm, chưa thật đồng bộ;

*(2)* Tổ chức thực hiện chính sách, pháp luật về đất đai và các chính sách, pháp luật có liên quan chưa nghiêm. Công tác tuyên truyền, giáo dục và quán triệt các chủ trương, chính sách, pháp luật về đất đai còn kém hiệu quả;

*(3)* Ý thức chấp hành pháp luật về đất đai của một bộ phận cán bộ và nhân dân còn hạn chế;

*(4)* Việc thanh tra, kiểm tra, giám sát và xử lý các hành vi sai phạm chưa nghiêm. Hiệu lực, hiệu quả giải quyết khiếu nại, tố cáo, tranh chấp về đất đai còn thấp.

(5). Tổ chức bộ máy, năng lực đội ngũ cán bộ về quản lý đất đai và các cơ quan liên quan còn nhiều bất cập, hạn chế; một bộ phận còn lợi dụng chức vụ, quyền hạn để trục lợi, tham nhũng.

## 4. Giải pháp nhằm thực hiện chính sách pháp luật đất đai có hiệu quả trong thời kỳ CNH, HĐH ở Việt Nam

### *4.1. Nhóm giải pháp về định hướng xây dựng chính sách pháp luật đất đai*

- Chính sách, pháp luật về đất đai phải mang tính chiến lược, thể hiện tầm vóc của một chính sách lớn; không nên tùy tiện thay đổi thường xuyên và nhiều ban ngành ra quyết định, quy định chồng chéo như hiện nay. *T*ổng kết, đánh giá việc thực hiện và đề xuất sửa đổi, bổ sung *Luật Đất đai* năm 2013, khắc phục được các vướng mắc, bất cập, bảo đảm sự thống nhất giữa các luật có liên quan; trường hợp các luật khác có quy định về đất đai thì phải thống nhất với *Luật Đất đai*;

- *Đ*ảm bảo tính nhất quán của quan điểm sở hữu toàn dân về đất đai (Nghị quyết số 19-NQ/TW ngày 31/10/2012). Phân định rõ ràng quyền năng của Nhà nước với tư cách là người đại diện chủ sở hữu; đồng thời mở rộng quyền và nghĩa vụ của chủ thể sử dụng đất trên cơ sở hài hòa lợi ích quốc gia với lợi ích của từng tổ chức, hộ gia đình và cá nhân. Trong đó, lợi ích quốc gia là hàng đầu, lợi ích của người sử dụng đất là động lực; thể hiện thành những qui định thống nhất, rõ ràng, cụ thể của các văn bản luật về đất đai nhằm dễ thực hiện cho cả cơ quan quản lý nhà nước và các chủ thể sử dụng đất.

- *C*ần phải kiểm tra, thanh tra thường xuyên tình hình sử dụng đất đai và xử lý kịp thời các hành vi vi phạm pháp luật, xử lý dứt điểm và chấm dứt việc chuyển mục đích sử dụng đất tùy tiện, lấn chiếm đất đai, chuyển QSDĐ trái phép. Đồng thời phải xác định rõ trách nhiệm và có chế tài cụ thể đối với các ngành, các cấp, tổ chức và cá nhân trong việc thực hiện qui hoạch, kế hoạch sử dụng đất. Từ đó, phát hiện ngăn chặn và xử lý nghiêm những trường hợp phê duyệt dự án không theo qui hoạch, kế hoạch và qui hoạch "treo"; giao đất, cho thuê đất không đúng thẩm quyền; buông lỏng quản lý để người sử dụng đất tự chuyển mục đích sử dụng đất trái pháp luật.

### *4.2. Nhóm giải pháp về qui hoạch*

- Công tác qui hoạch, kế hoạch sử dụng đất phải kết hợp hữu cơ giữa căn cứ vào chiến lược phát triển đất nước với tầm nhìn dài hạn, phản ánh đầy đủ yêu cầu và nội dung phát triển

đồng bộ các lĩnh vực của đất nước có sử dụng đất. Qui hoạch, kế hoạch sử dụng đất phải đi trước một bước, đồng thời bảo đảm phân bổ một cách hợp lý, có hiệu quả nguồn tài nguyên đất đai quốc gia phục vụ cho các mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội. Qui hoạch và kế hoạch sử dụng đất phải là công cụ quan trọng quản lý và sử dụng tài nguyên đất, nhất là đáp ứng yêu cầu, mục tiêu CNH, HĐH, đô thị hóa đất nước; gắn với mục tiêu bảo vệ môi trường, đảm bảo vững chắc an ninh lương thực - thực phẩm quốc gia, đảm bảo công bằng và bình đẳng xã hội.

- Tăng cường thông tin, bảo đảm tính công khai, minh bạch, dễ tiếp cận thông tin trong qui hoạch, quản lý và sử dụng đất. Tuyên truyền nâng cao nhận thức, ý thức chấp hành pháp luật về đất đai trong nhân dân. Khuyến khích và tạo điều kiện cho tổ chức, cá nhân, tổ chức xã hội - nghề nghiệp tham gia phản biện xã hội đối với việc thực hiện chính sách, pháp luật về quy hoạch, quản lý, sử dụng đất đai.

- Tăng cường hiệu lực, hiệu quả thanh tra, giám sát công tác qui hoạch, quản lý, sử dụng đất. Ngăn chặn, xử lý kịp thời, nghiêm minh các hành vi vi phạm pháp luật về đất đai và qui hoạch. Xử lý nghiêm trách nhiệm của người đứng đầu các cấp, các ngành để xảy ra sai phạm trong quản lý qui hoạch sử dụng đất tại địa phương, làm ảnh hưởng đến lợi ích của Nhà nước, quyền và lợi ích hợp pháp của người sử dụng đất. Ngoài ra, cần có các quy định chặt chẽ về điều kiện, quy trình khi điều chỉnh quy hoạch.

***4.3. Nhóm giải pháp về kinh tế đất đai***

- Đổi mới chính sách tài chính về đất đai và giá đất theo hướng hiệu quả, bền vững. Có cơ chế kiểm soát chặt chẽ, khắc phục tình trạng đầu cơ đất đai thông qua chính sách thuế theo hướng người sử dụng nhiều diện tích đất, nhiều nhà ở, đất bỏ hoang, đất đã giao, đã cho thuê nhưng chậm đưa vào sử dụng thì phải chịu mức thuế cao hơn.

- Hoàn thiện các phương pháp xác định giá đất bảo đảm khách quan, minh bạch, phù hợp với giá thị trường; giá đất được tính đúng, tính đủ các giá trị tăng thêm từ các yếu tố lợi thế, trong đó có lợi thế về vị trí địa lý, lợi thế do qui hoạch, chuyển mục đích sử dụng đất, đầu tư kết cấu hạ tầng. Khắc phục bất cập về cơ chế xác định giá thuê đất trong trường hợp cho thuê đất thu tiền thuê đất một lần cho cả thời gian thuê, bảo đảm phù hợp với giá thị trường. Thu hẹp các trường hợp cho thuê đất thu tiền thuê đất một lần cho cả thời gian thuê, chuyển sang hình thức cho thuê đất thu tiền thuê đất hằng năm, bảo đảm nguồn thu ổn định từ đất đai.

***4.4. Nhóm giải pháp về ứng dụng công nghệ và dịch vụ hành chính công về đất đai***

- Bảo đảm dành tối thiểu 10% tổng số thu từ tiền sử dụng đất, tiền thuê đất để đầu tư cho công tác đo đạc, ĐKĐĐ, cấp Giấy chứng nhận QSDĐ, xây dựng CSDL đất đai và đăng ký biến động, chỉnh lý hồ sơ địa chính. Thường xuyên và quan tâm kinh phí đầu tư xây dựng trụ sở làm việc, trang thiết bị, kho lưu trữ cho Văn phòng ĐKĐĐ.

- Đẩy nhanh triển khai Dự án "Hoàn thiện và nhân rộng hệ thống kết nối liên thông điện tử giữa cơ quan ĐKĐĐ và cơ quan Thuế" làm nền tảng tiếp tục triển khai, nhân rộng mô hình kết nối điện tử giữa các cơ quan thuế và cơ quan ĐKĐĐ ở địa phương, nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho người dân và doanh nghiệp.

- Xây dựng và hoàn thiện hệ thống dữ liệu đất đai đa mục tiêu, đáp ứng yêu cầu quản lý Nhà nước về đất đai trên tất cả các lĩnh vực; xây dựng hệ thống thông tin đất đai thành một bộ phận của hệ thống dữ liệu quốc gia; tổ chức việc quản lý, cập nhật, khai thác và vận hành có hiệu quả hệ thống thông tin đất đai.

- Hoàn thiện hệ thống điều tra, đánh giá tài nguyên đất, đảm bảo cung cấp đầy đủ thông tin, tư liệu về số lượng, chất lượng, tiềm năng và môi trường đất phục vụ cho việc hoạch định chính sách và ban hành quyết định của cơ quan nhà nước trong lĩnh vực quản lý và sử dụng đất.

- Xây dựng hệ thống ĐKĐĐ hiện đại với quy trình, thủ tục cơ bản được tự động hóa bằng công nghệ số; triển khai thống nhất trong cả nước hệ thống hồ sơ địa chính dạng số được chỉnh lý biến động thường xuyên đầy đủ, kịp thời. Xây dựng hệ thống kiểm kê, thống kê đất đai tự động hóa dựa trên hệ thống hồ sơ địa chính nhằm đảm bảo cung cấp số liệu thống kê, kiểm kê nhanh chóng và chính xác.

**5. Kết luận**

Chính sách đất đai Việt Nam trong thời kỳ chuyển đổi kinh tế đến nay là phù hợp với tiến trình phát triển và đổi mới kinh tế của đất nước. Quá trình tiến triển trong tư duy về chính sách đất đã mang lại những tác động sâu rộng từ những chuyển biến trong quan hệ ruộng đất, nông nghiệp và phát triển nông thôn, đến sự ra đời sôi động của thị trường bất động sản và tiến tới tự động hóa trong công tác QLĐĐ.

Bên cạnh những thành tựu trên, trong những năm gần đây, khi nền kinh tế hội nhập quốc tế, HĐH, CNH, đặc biệt kỷ nguyên công nghệ 4.0 cũng đã bộc lộ những khiếm khuyết làm cho tính chất phức tạp và bản chất gây nhiều tranh cải của vấn đề đất đai tăng lên. Chính vì vậy, xác định rõ vai trò quan trọng của công tác quản lý nhà nước về đất đai, xây dựng và hoàn thiện chính sách pháp luật về đất đai là nhiệm vụ trọng tâm của công tác QLĐĐ trong thời gian tới, theo định hướng của Đảng và Nhà nước.

**Tài liệu tham khảo**

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020). Báo cáo đánh giá hoạt động của hệ thống văn phòng đăng ký đất đai.
2. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2021). Một số tồn tại, hạn chế trong công tác quản lý đất đai. Báo điện tử Bộ Tài nguyên và Môi trường.
3. Chỉ thị 01/CT-TTg ngày 03/01/2018 của Thủ tướng Chính phủ về chấn chỉnh, tăng cường công tác quản lý đất đai và xây dựng hệ thống thông tin đất đai.
4. Kết luận số 36-KL/TW, ngày 06/9/2018 của Bộ Chính trị về đẩy mạnh thực hiện Nghị quyết Trung ương 6 (khóa XI) về tiếp tục đổi mới chính sách pháp luật đất đai trong thời kỳ đẩy mạnh toàn diện công cuộc đổi mới, tạo nền tảng để đến năm 2020 nước ta cơ bản trở thành nước công nghiệp theo hướng hiện đại.
5. Lê Minh Thùy (2019). Đánh giá những kết quả quan trọng trong công tác quản lý đất đai. Cổng thông tin điện tử Tổng cục Quản lý đất đai - Bộ Tài nguyên và Môi trường,
6. Lê Thanh Khuyến (2020). Ngành Quản lý đất đai Việt Nam - 75 năm xây dựng và phát triển. Báo điện tử Tài nguyên và Môi trường, cơ quan của Bộ Tài nguyên và Môi trường,

baotainguyenmoitruong.vn
7. Luật số 02/2011/QH13: Luật khiếu nại. Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam khóa XIII, kỳ họp thứ 2 thông qua ngày 11 tháng 11 năm 2011.
8. Luật số 03/2011/QH13: Luật Tố cáo. Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam khóa XIII, kỳ họp thứ 2 thông qua ngày 11 tháng 11 năm 2011.
9. Luật số 13/2003/QH11: Luật đất đai. Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam khóa XI, kỳ họp thứ 4 thông qua ngày 26/11/2003.
10. Luật số 45/2013/QH13: Luật đất đai. Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam khóa XIII, kỳ họp thứ 6 thông qua ngày 29/11/2013.
11. Luật số: 56/2010/QH12: Luật thanh tra. Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam khóa XII, kỳ họp thứ 8 thông qua ngày 15 tháng 11 năm 2010.
12. Nghị quyết số 19-NQ/TW ngày 31/10/2012. Nghị quyết Hội nghị lần thứ 6 BCH Trung ương Đảng khóa XI về tiếp tục đổi mới chính sách, pháp luật về đất đai trong thời kỳ đẩy mạnh toàn diện công cuộc đổi mới, tạo nền tảng để đến năm 2020 nước ta cơ bản trở thành nước công nghiệp theo hướng hiện đại.
13. Nghị quyết số 26-NQ/TW, ngày 12/3/2003, Nghị quyết Hội nghị lần thứ 7 Ban Chấp hành Trung ương Đảng khoá IX Nghị quyết tiếp tục đổi mới chính sách, pháp luật về đất đai trong thời kỳ đẩy mạnh CNH, HĐH đất nước.
14. Nguyễn Thị Ngọc Hoa (2020). Một số giải pháp hoàn thiện chính sách, pháp luật về quy hoạch, quản lý và sử dụng đất đai tại đô thị (Quanlynhanuoc.vn)
Phùng Văn Nghệ (2012). Công tác quản lý đất đai - những vấn đề đang đặt ra. Trang tin điện tử Tạp chí Cộng sản.
15. Số 24-L/CTN ngày 14/07/1993, Luật đất đai. Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam khóa IX, kỳ họp thứ 3 thông qua ngày 14/7/1993.
16. Tuyết Nhi (2016). Đẩy mạnh ứng dụng công nghệ trong quản lý đất đai. baotainguyenmoitruong.vn
17. Thu Trang (2021). Đổi mới các công cụ quản lý nhà nước về đất đai. baotainguyenmoitruong.vn
18. Trần Khánh Hòa (2018). Công tác quản lý, sử dụng đất đai: Cái nhìn tổng quan từ Kiểm toán Nhà nước. Báo Kiểm toán số 52 ra ngày 27-12-2018.
19. Trần Quốc Toản (2020). Hoàn thiện thể chế thị trường đất đai ở nước ta trong giai đoạn mới. Trang thông tin điện tử Hội đồng lý luận trung ương.
20. Trần Xuân Miễn, Lê Quang Tung, Nguyễn Thế Công, Nguyễn Thị Dung, Phạm Thị Kim Thoa (2020). Thực trạng công tác giải phóng mặt bằng tại một số dự án đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng ở huyện Gia Bình, tỉnh Bắc Ninh. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. Số 19/2020, tr.133-141.

# ABSTRACT

## LAND MANAGEMENT: REQUIREMENTS IN THE PERIOD OF INDUSTRIALIZATION AND MODERNIZATION OF THE COUNTRY

**Dung Thi Nguyen, Mien Xuan Tran, Thoa Kim Thi Pham**
*Hanoi University of Mining and Geology*
*Corresponding author: nguyenthidung@humg.edu.vn*

Land management plays an increasingly important role in the industrialization and modernization of the country. The effectiveness of state management of land has been gradually enhanced, and policies and laws on land have been increasingly improved. However, with the rapid pace of urbanization and industrialization, the state management of land still has many limitations and inadequacies, has not met practical requirements, and is slow to amend and supplement, complete. The research content of the article is a system of legal documents on land in order to review the current institutions, mechanisms and policies on the basis of practical requirements to find and specify policies, regulations are constraining resources for development, causing difficulties for people and businesses; Identify the problems of state management of land and its causes. The article also proposes a number of solutions to improve the efficiency of state management of land, such as: Group of solutions on orientation of legal policy development; Group of planning solutions; Group of solutions on land economy; Group of solutions on technology application and public administrative services on land.

*Keywords:* Land Law, Land Management, Industrialization, Modernization

# NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG XÂY DỰNG HỆ THỐNG THÔNG TIN GIS TRONG QUẢN LÝ NGẬP LỤT CHO KHU VỰC LÕI THÀNH PHỐ CẦN THƠ

**Trương Xuân Quang[1], Dương Anh Quân[2], Trương Vân Anh[1], Nguyễn Ngọc Hoan[1], Đỗ Đức Vinh[1], Phạm Thị Thanh Thủy[1], Đỗ Thị Thu Nga[1], Đặng Thị Khánh Linh[1], Trần Thị Hương[1]**

*[1] Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội*

*[2] Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

*Tác giả liên hệ: xquang@hunre.edu.vn*

**Tóm tắt:** Hệ thống thông tin địa lý (GIS) đã và đang được sử dụng rộng rãi như một công cụ để lưu trữ, phân tích không gian và phổ biến các kết quả không gian. Bài báo này trình bày khả năng nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu không gian cho bài toán quản lý rủi ro về tình trạng ngập lụt do triều cường và mưa tại khu vực lõi của Thành phố Cần Thơ. Kết quả của nghiên cứu được tích hợp và phát triển thành một WebGIS dựa trên các phần mã nguồn mở như: GeoServer, PostgreSQL, ZOO-Project, công cụ phát triển phía client React-Leaflet và ngôn ngữ lập trình PHP. Hệ thống WebGIS có tính đến khả năng mở rộng cả về mặt cơ sở dữ liệu và các chức năng trong tương lai.

**Keyword :** WebGIS, ngập lụt, mô hình thủy lực, MIKE.

## 1. Mở đầu

Nằm bên bờ sông Hậu, có dân số xấp xỉ 1,3 triệu người, thành phố Cần Thơ là thành phố đầu mối cấp vùng lớn của vùng đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Thành phố chịu ảnh hưởng của lũ lụt trực tiếp từ sông Hậu cũng như triều cường, nước biển dâng và ngập cục bộ do do mưa, tốc độ phát triển đô thị hàng năm là 5,0% trong giai đoạn 2005-2012. Thành phố là đầu tàu kinh tế của vùng ĐBSCL với tốc độ tăng trưởng GDP hàng năm tiệm cận 10% [1]. Lũ lụt là mối nguy dễ thấy nhất ở thành phố Cần Thơ, gây thiệt hại về tài sản và làm gián đoạn các hoạt động kinh tế, chủ yếu ở khu vực lõi đô thị. Theo phân tích của thành phố, lũ lụt đô thị gây ra thiệt hại kinh tế trực tiếp lên đến hơn 300 triệu USD trong vòng 5 năm qua. Nghiên cứu gần đây của Viện Quốc tế về Môi trường và Phát triển đã ước tính thiệt hại kinh tế hàng năm (trực tiếp và gián tiếp) do lũ lụt gây nên ở mức 642 USD mỗi hộ, chiếm 11% thu nhập hàng năm của hộ gia đình. Do đó việc quản lý, phổ biến các các dữ liệu ngập lụt và dữ liệu liên quan trực tiếp đến ngập lụt như: hạ tầng, dữ liệu độ cao nền, dữ liệu quy hoạch hay mạng lưới kênh rạch và sông ngòi rất cần thiết trong công tác bảo trợ xã hội khi có ngập lụt, công tác quy hoạch mở rộng thành phố, chống ngập, an toàn giao thông hay xa hơn nữa ứng phó với các hiện tượng như triều cường, mưa cực đoan khi Việt Nam được biết là một trong số các nước bị ảnh hưởng trực tiếp của hiện tượng biến đổi khí hậu đang diễn ra.

Dữ liệu sau khi được thu thập, sẽ được định dạng theo chuẩn địa không gian thống nhất và đưa vào cơ sở dữ liệu dùng chung. Đây là tiền đề cho một hệ thống thông tin hướng tới mục tiêu tra cứu thông tin ngập và hỗ trợ ra quyết định trong quản lý ngập lụt, là bước quan trọng để tiến tới có các giải pháp lâu dài trong việc ứng phó với tình trạng ngập lụt hiện tại và tương lai là các kịch bản ngập lụt trong điều kiện biến đổi khí hậu.

Mục tiêu của bài báo là xây dựng một hệ thống quản lý thông tin ngập lụt tại TP Cần Thơ trên nền WebGIS với công cụ phát triển Leaflet và thư viện Reactjs cho phần client-side kết hợp với hệ quản trị CSDL PostGreSQL/PostGIS, công cụ ZOO-Project và ngôn ngữ lập trình PHP cho phần server side, Geoserver sẽ dược sử dụng cho các dịch vụ GeoWeb và phần mềm mã nguồn mở QGIS cho mục đích xử lý dữ liệu và kết nối nhanh với hệ quản trị CSDL PostGIS. Hiện nay, có một số nghiên cứu có kết quả nhất định cho Thành phố Cần Thơ như hệ thống WebGIS cho cơ sở hạ tầng viễn thông [2] và WebGIS ứng dụng trong quản lý dữ liệu thủy lợi [3]. Tuy nhiên, những hệ thống này có công nghệ đã cũ và đặc biệt là chưa có hệ thống thông tin nào nào cho quản lý ngập lụt tại Cần Thơ.

## 2. Công nghệ xây dựng WebGIS

### *2.1. Chuẩn OGC*

Tổ chức Open Geospatial Consortium - OGC là một tổ chức quốc tế tiên phong trong việc xây dựng bộ tiêu chuẩn mang tính đồng thuận theo tinh thần tự nguyện, có lịch sử từ năm 1994, đã có tới hơn 400 công ty, chính phủ, tổ chức phi lợi nhuận và tổ chức nghiên cứu thế giới đã nhất trí về việc khuyến khích phát triển và thực thi các tiêu chuẩn mở này cho các dữ liệu địa lý, các dịch vụ trong xuất bản và chia sẻ dữ liệu GIS dựa trên các giao thức mạng. OGC đã đề xuất các tiêu chuẩn cho Dịch vụ Web (OWS) trên mô hình client-server, như:

- Web Map Service (WMS) cung cấp dịch vụ bản đồ trên nền web, nó có các chức năng chính sau: khi phía client yêu cầu dịch vụ, WMS sẽ tạo bản đồ dưới dạng đồ họa, ảnh, tập tin dữ liệu địa lý, trả lời các truy vấn của client về nội dung/thuộc tính của bản đồ;

- Dịch vụ Web Feature Service (WFS) để yêu cầu các đối tượng thông qua một giao diện dựa trên cấu trúc HTTP POST hoặc SOAP, qua đó người dùng có thể yêu cầu tùy chọn dữ liệu để phục vụ cho mục đích: truy vấn, tạo mới, xóa, cập nhật một đối tượng;

- Dịch vụ Web Processing Service (WPS), để xuất bản các quy trình, kết quả tính toàn từ thuật toán và tính toán trên không gian địa lý. Dịch vụ WPS được sử dụng để xây dựng phần mở rộng cho các ứng dụng trên máy chủ địa lý, cung cấp hoạt động thực thi để xử lý dữ liệu và phân tích không gian địa lý.

### *2.2. Các công nghệ sử dụng*

Công cụ để xây dựng phía client là Leaflet (https://leafletjs.com/). Leaflet là một thư viện JavaScript mã nguồn mở được sử dụng rộng rãi kể cả cho ứng dụng di động, có dung lượng nhẹ (39 KB) và có hầu hết các tính năng mà các nhà phát triển phần mềm cần, nó có thể mở rộng với nhiều plugin, được thiết kế dưới dạng API dễ sử sụng. ReactJS là một thư viện trong đó có chứa nhiều mã nguồn mở JavaScript, phục vụ cho việc tạo ra những ứng dụng trên website với tốc độ

nhanh, có khả năng mở rộng và hiệu quả cao với số lượng dòng code tối thiểu và dễ lập trình.

Công cụ xây dựng phía Server là GeoServer, hệ quản trị CSDL PostGreSQL/PostGIS. Công cụ để xây dựng các WPS là ZOO-Proect framework kết hợp ngôn ngữ PHP để xây dựng các webservice. Trong đó GeoServer đó là một phần mềm nguồn mở được xây dựng bằng Java cho phía server, nó cho phép chia sẻ, xử lý và chỉnh sửa dữ liệu không gian địa lý, kết nối thông tin với các phần mềm khác như Google Earth, NASA World Wind nhằm tạo ra các dịch vụ WMS và WFS một cách dễ dàng với giao diện thuận tiện. PostGIS là một cơ sở dữ liệu không gian mã nguồn mở dựa trên hệ quản trị cơ sở dữ liệu PostgreSQL, và hiện là một trong những cơ sở dữ liệu không gian mã nguồn mở phổ biến cho những người lập trình GIS.

Để xây dựng các tính năng điều khiển, tính toán hay đưa kết quả từ việc chạy mô hình vào hệ thống GeoServer nghiên cứu đã sử dụng ZOO-Project [5]. Ứng dụng này là một dự án trọng tâm của nó hỗ trợ cho việc xây dựng các dịch vụ WPS được viết bằng ngôn ngữ C, Python và JavaScript. Nó là một nền tảng mã nguồn mở triển khai các tiêu chuẩn WPS 1.0.0 và WPS 2.0.0 được biên tập bởi OGC. Lợi ích của sử dụng ZOO-Project là rất linh hoạt trong sử dụng đầu vào và đầu ra dữ liệu nên người dùng có thể xử lý hầu hết mọi loại dữ liệu được lưu trữ cục bộ hoặc được truy cập từ từ xa. Nền tảng ZOO-Project được tạo thành từ các thành phần sau:

ZOO-Kernel: được viết bằng C cung cấp một máy chủ WPS mạnh mẽ có thể quản lý và chuỗi các dịch vụ WPS, nó có khả tải các thư viện động và biên dịch mã lệnh được viết bằng các ngôn ngữ khác nhau.

ZOO-Services: là tập hợp các WPS có sẵn sử dụng được xây dựng dựa trên các thư viện mã nguồn mở đáng tin cậy như GDAL, GRASS GIS, OrfeoToolbox, CGAL và SAGA GIS.

ZOO-API: Một JavaScript API phía máy chủ để tạo, xâu chuỗi và sắp xếp các Dịch vụ WPS có sẵn

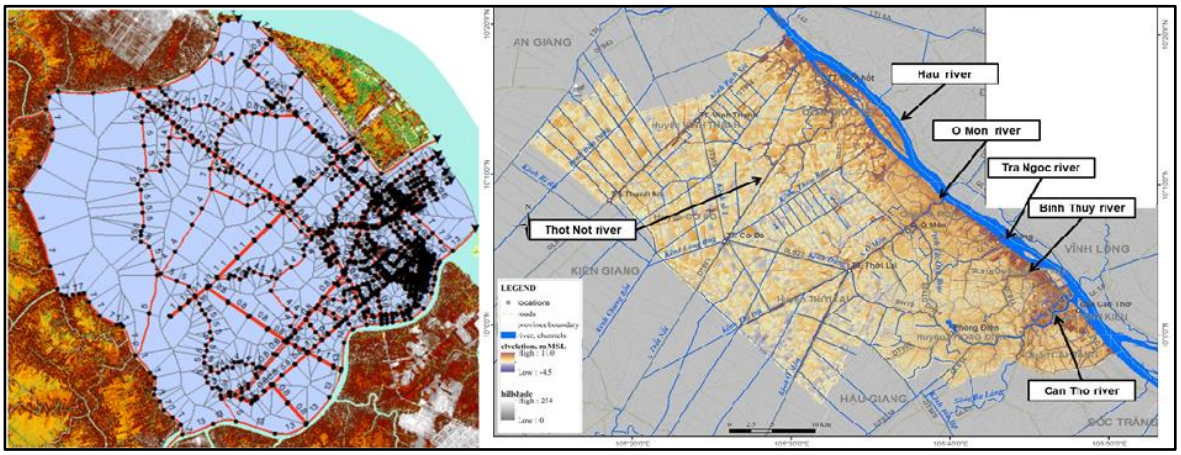
ZOO-Client: Một JavaScript API phía máy khách để dễ dàng tương tác với máy chủ WPS và thực hiện các yêu cầu theo đúng tiêu chuẩn WPS OGC từ các ứng dụng web.

## 3. Mô hình thủy lực và cơ sở dữ liệu hạ tầng TP Cần Thơ

### *3.1. Mô hình thủy lực*

Để lập mô hình này, cần các yếu tố mạng lưới các kênh chính ở Cần Thơ (Hình 1a), các kênh này đều thông với sông Hậu. Mạng lưới kênh rạch và hệ thống thoát nước trong đô thị vùng lõi được bao bởi sông Bình Thủy, sông Cần Thơ, sông Cái Sơn - Mương Khai và sông Khai Luông, có 46 kênh và 162.000m ống thu gom nước thải và nước mưa với đường kính từ 400 - 1500mm và 122 cửa lật đã được đưa vào mô hình (Hình 1b). Ngoài ra còn có các yếu tố khác như lượng mưa, nước biển dâng cũng được đưa vào mô hình để tính toán. Để chạy mô hình thủy lực phần mềm MIKE+ (phiên bản 2021) của DHI đã được sử dụng để mô phỏng tình trạng ngập lụt ở khu vực lõi TP. Cần Thơ. Các mô hình thành phần cấu thành trong hệ thống mô hình được áp dụng bao gồm mô hình mưa rào dòng chảy NAM/UHM, mô hình tiêu thoát nước đô thị, mô hình dòng chảy kênh hở MIKE HYDRO 1D và mô hình dòng chảy tràn mặt 2D. Đầu ra của kết quả tính toán mô hình là bản đồ số dưới dạng lưới kèm theo thuộc tính độ

cao ngập lụt dưới dạng chuẩn shp hoặc csv.




*a) Mang lưới kênh, rạch và hệ thống thu gom nước thải khu vực lõi TP Cần Thơ*

*b) Mạng lưới sông và kênh tại Cần Thơ*

*Hình 1. Mô hình thủy lực*

### *3.2. Cơ sở dữ liệu và cơ sở hạ tầng thông tin thành phố Cần Thơ*

Dữ liệu cho xây dựng hệ thống thông tin rủi ro ngập lụt có thể thu thập được từ các sở, ban, ngành Thành phố. Tuy nhiên, hiện nay công tác này vẫn còn gặp khó khăn do chưa có sự phối hợp tổng thể để xây dựng một cơ sở dữ liệu tập trung với các chuẩn đặc tả dữ liệu rõ ràng, cơ sở dữ liệu này có thể dùng chung cho bài toán quản lý rủi ro ngập lụt của Thành phố. Ngoài ra, nguồn dữ liệu sử dụng nhiều định dạng file khác nhau như: shp, dgn, dwg, doc, txt, xls hoặc pdf, vì vậy trước khi đưa vào hệ thống thì các dữ liệu này phải được chuẩn hóa và đưa về dạng cơ sở dữ liệu không gian. Trong nghiên cứu này, một số lớp dữ liệu quan trọng sẽ được đưa vào xây dựng hệ thống (Bảng 2). Dữ liệu sau khi được thu thập sẽ được định dạng theo chuẩn và các quy định đặc thù của ngành và chuyển sang dạng chuẩn OGC.

Xây dựng công cụ quản lý rủi ro ngập trên nền WebGIS, hệ thống dựa trên kết quả đầu ra của mô hình thủy lực nhằm cho người dân có thể tiếp cận được với các thông tin, tăng khả năng hỗ trợ các cơ quan chức năng trong quản lý. Ngoài các chức năng cơ bản của WebGIS như: đo, vẽ, hiển thị thông tin, tìm kiếm thông tin cần thiết khi quản lý ngập lụt trên bản đồ trực tuyến, nó còn có khả năng hiển thị bản đồ vùng ngập cho phần lõi Thành phố Cần Thơ. Để xây dựng được WebGIS cần phải thực hiện các bước chính sau:

- Nghiên cứu thu thập số liệu từ các bên liên quan và chuẩn hóa dữ liệu;
- Phân tích thiết kế hệ thống thông tin và cơ sở dữ liệu;
- Tích hợp được kết quả từ tính toán thủy lực vào cơ sở dữ liệu;
- Xây dựng WebGIS và các chức năng cơ bản như: chồng bản đồ, đo vẽ, hiển thị thông tin, tìm kiếm thông tin ngập lụt, thêm, sửa, xóa thông tin, truy vấn thông tin.

*Bảng 1. Sơ đồ các cơ sở hạ tầng thông tin trực thuộc các sở ban ngành quản lý*

| Nhóm | Dữ liệu | Định dạng | Thuộc tính, mô tả | Nguồn |
|---|---|---|---|---|
| Thủy văn và Khí tượng | Lượng mưa | csv/text | Lượng mưa giờ (mm), vị trí, thời gian | Sở TN&MT |
| Dữ liệu địa hình | DEM | TIF/GRID | Tỉ lệ 1: 5000 | Sở TN&MT |
| Sử dụng đất đai | Sử dụng đất hiện tại | GEOJSON | Mã sử dụng đất, loại hình | Sở TN&MT |
| Giao thông | Đường | GEOJSON | Tên, độ cao, chiều rộng | Sở GTVT |
| | Thông thủy nội địa | GEOJSON | Chiều cao tĩnh không để tàu có thể đi qua cầu (tính từ điểm thấp nhất của cầu và mực nước) | Sở GTVT |
| Kế hoạch vận chuyển | Đường | GEOJSON | Tên, độ cao, chiều rộng | Sở GTVT |
| Dữ liệu kiểm soát nước | Kênh mở | GEOJSON | Tên, lớp, chiều rộng, chiều sâu, kè, điểm đầu, điểm cuối | Sở XD/ Sở NN&PTNT |
| | Thoát nước | GEOJSON | Tên, đường kính, độ cao, điểm đầu, điểm cuối | Sở XD |
| | Nắp cống | GEOJSON | Tên, đường kính, độ cao | Sở XD |
| | Cổng thủy triều | GEOJSON | Vị trí, phần, loại cửa, loại hoạt động, trạng thái | Sở XD |
| | Cửa cống tưới tiêu | GEOJSON | Vị trí, phần, loại cửa, loại hoạt động, trạng thái | Sở NN&PTNT |
| | Trạm bơm tiêu | GEOJSON | Vị trí, công suất, điều kiện hoạt động, trạng thái | Sở XD |
| | Máy bơm tưới | GEOJSON | Vị trí, công suất, điều kiện hoạt động, trạng thái | Sở NN&PTNT |
| | Âu thuyền | GEOJSON | Vị trí, phần, loại cửa, loại hoạt động, trạng thái | Sở XD |
| | Kè | GEOJSON | Vị trí, độ cao, độ cao, loại, năm xây dựng, thông tin quản lý | Sở XD/ Sở NN&PTNT |
| | Đê ngăn thủy triều | GEOJSON | Vị trí, độ cao, loại, năm xây dựng, thông tin quản lý | Sở XD |

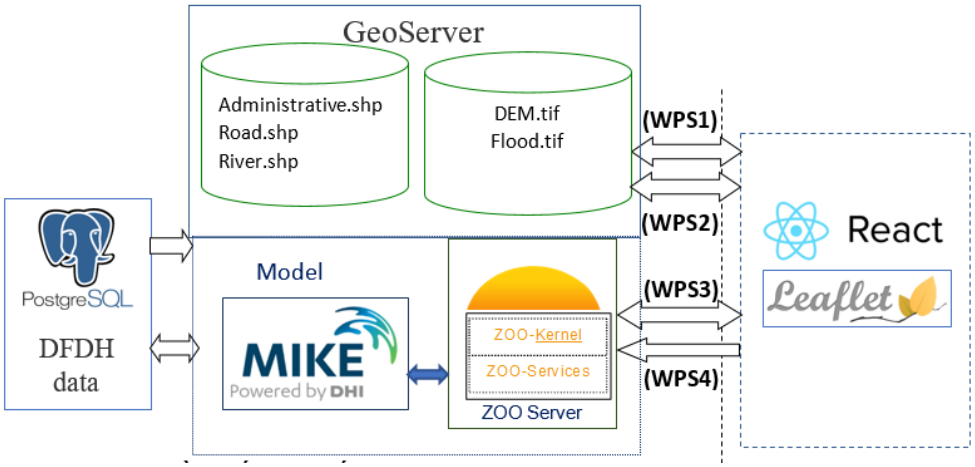
Các thông tin này được kết hợp và triển khai dựa trên nền của một WEB-GIS cho phép người sử dụng có thể truy cập thông tin như: các bản đồ cao độ nền, hệ thống thoát nước (các kênh, rạch), các khu vực mở rộng của thành phố, vị trí các công trình, các hồ nước, bản đồ ngập lụt.

## 4. Kết quả và thảo luận

Nghiên cứu xây dựng WebGIS dựa trên các công nghệ như: GeoServer, PostgreSQL, QGIS và một số công cụ như React-Leaflet và PHP. Các chức năng của WebGIS được thể hiện trong (Bảng 2).

Trong Hình 3: WPS1 và WPS2 hiển thị sự tương tác của client với server (GeoServer), client có thể yêu cầu các lớp thông tin của hệ thống như bản đồ hoặc truy vấn các thuộc tính. WPS3 được sử dụng để thêm mới các thông tin vào trong cơ sở dữ liệu thông qua WPS3 được lập trình trên nền

tảng ZOO-Project (Hình 4). Để sử dụng được WPS4 người dùng phải có tài khoản đăng nhập và mật khẩu, WPS4 sẽ cung cấp các báo cáo về tình trạng ngập lụt chi tiết cho Thành phố ở độ phân giải 5m, có thể tổng kết các chức năng của hệ thống dưới dạng (Bảng 2).



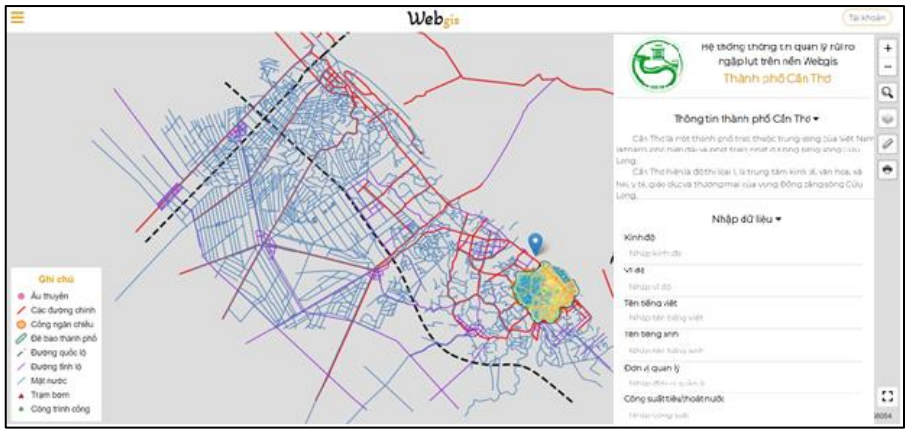

*Hình 3. Sơ đồ khối hệ thống thông tin GIS trong quản lý ngập lụt khu vực lõi thành phố Cần Thơ*

*Bảng 2. Các nhóm chức năng cơ bản của hệ thống*

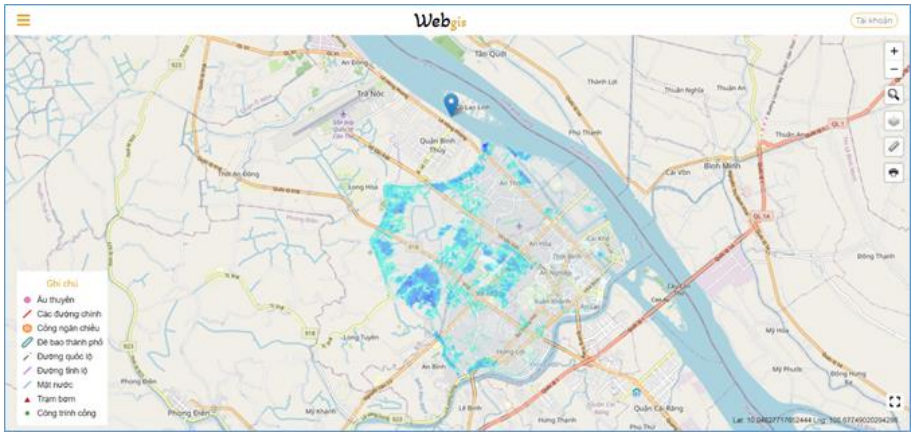
| TT | Chức năng | Phương thức sử dụng | Kết nối hệ thống |
|---|---|---|---|
| 1 | Đăng nhập hệ thống | Phân quyền và xác thực | Xây dựng bằng PHP và CSDL PostGreSQL |
| 2 | Hiển thị các lớp thông tin bản đồ trên (WPS1) | WMS | Cài đặt trực tiếp trên Geoserver |
| 3 | Đo, vẽ, in, zoom, pan | API của Leaflet | Sử dụng API Leaflet |
| 4 | Tìm kiếm và truy vấn (WPS2) | WMS, WFS | Sử dụng WMS và WFS qua Geoserver |
| 5 | Thêm các đối tượng và thuộc tính (WPS3) | WPS | Sử dụng ZOO-Project kết nối với PostGIS/PostGreSQL cho việc thêm các đối tượng vào CSDL |
| 6 | Xem báo cáo tình trạng ngập lụt (WPS4) | WPS | Dựa vào các vector dạng point dọc theo các tuyến phố có nguy cơ ngập cao để lấy báo cáo về tình hình ngập lụt, bằng phương pháp "Extracting raster values at points" |

Trong Bảng 2, phương pháp "Extracting raster values at points" được sử dụng trong tính toán dựa vào sự kết hợp giữa ZOO-Project trong xây dựng mô tả dữ liệu đầu vào và đầu ra cho WPS4, tham số đầu vào là vị trí kinh độ, vĩ độ và ID của các điểm, các điểm (khoảng cách giữa các điểm là 100 m) được lấy dọc các tuyến đường: Đường Mậu Thân và Đường Trần Hưng Đạo, Đường 30 tháng 4, Đường Nguyễn Văn Cừ, Đường Nguyễn Văn Linh, Đường Trần Văn Hoài, Đường Trần Ngọc Quế, Đường Trần Phú, Đường Cách Mạng Tháng 8, Đường Lương Đình Của, Đường Trần Văn Khỏe, Đoạn từ Vincom (Trần Phú) đến cầu Bình Thủy, Đường Võ Văn Kiệt, Đường Nguyễn Văn Cừ nối dài. Giá trị đầu ra là độ sâu ngập lụt tại ví trị có kinh độ, vĩ độ và ID tương ứng.

Kết nối hệ thống với mô hình thủy lực, khi được yêu cầu tính toán thì mô hình thủy lực sử dụng các dữ liệu đầu vào (mục 3.1) để tính toán khả năng ngập lụt trong khu vực lõi thành phố, kết quả tính của mô hình sẽ được xuất sang chuẩn csv dưới dạng lưới tam giác, các file này sẽ được quét và đưa vào ZOO-Server, từ đây thông tin này sẽ được ZOO-Server chuyển đổi sang dạng TIF file và được xuất bản dưới dạng WMS để thành một lớp thông tin bản đồ cho hệ thống (Hình 5). Các thông tin về tình trạng ngập lụt sẽ được chia sẻ cho người dân và chính quyền TP. Cần Thơ nhằm mục đích nâng cao năng lực quản lý hạ tầng cũng như an sinh xã hội của thành phố.




*Hình 4. Giao diện các lớp kênh rạch và sông chính khu vực TP. Cần Thơ và bản đồ cao độ khu vực lõi TP. Cần Thơ*




*Hình 5. Giao diện phân lớp các điểm ngập cho khu vực lõi TP. Cần Thơ*

## 5. Kết luận

Ứng dụng cơ sở dữ liệu GIS được chuẩn hóa và tập trung thay vì được quản lý bởi nhiều cơ quan khác nhau sẽ giúp nâng cao khả năng quản lý và ứng phó với tình trạng ngập lụt tại thành phố, đây là điều kiện tiên quyết để xây dựng một thành phố thông minh và có khả năng mở rộng cao. Ứng dụng WebGIS trong quản lý để chia sẻ các các dữ liệu ngập lụt và các thông tin liên quan trực tiếp đến ngập lụt như: hạ tầng, dữ liệu nền, dữ liệu về quy hoạch, mạng lưới kênh rạch và sông ngòi có thể giúp cho Thành phố trong quy hoạch đô thị, phát triển giao thông, ứng phó tình trạng ngập lụt hay cứu trợ xã hội phát sinh do ngập lụt. Các công cụ sử dụng như PHP, Leaflet, ZOO-Project, Geoserver và PostGreSQL và PostGIS là những phần mềm mã nguồn mở (miễn phí) hoàn toàn đáp ứng đầy đủ tính năng để xây dựng một hệ thống thông tin cho quản lý ngập lụt tại TP Cần Thơ. Để hoàn thiện

WebGIS cần phát triển các chức năng ví dụ như cập nhật lượng mưa tự động từ trạm, tính toán tự động khi có dữ liệu mới được thu thập, cần phải thu thập được nhiều ý kiến tư vấn của các sở, ban, ngành của TP Cần Thơ.

**Tài liệu tham khảo**

1. Lê Ngọc Bảy (2021), *Xây dựng và phát triển thành phố Cần Thơ đến năm 2030, tầm nhìn 2045 (25/01/2021)* http://consosukien.vn/xay-dung-va-phat-trien-thanh-pho-can-tho-den-nam-2030-tam-nhin-2045.htm (Truy cập ngày 07/2021).
2. *Hạ tầng Bưu chính Viễn thông trên nền GIS* (2019). https://govone.vn/thanh-pho-can-tho-quan-ly-tap-trung-ha-tang-buu-chinh-vien-thong-tren-nen-gis/ (ngày truy cập 16-07-2021)
3. Lê Văn Thạnh, Võ Quang Minh, Trương Quang Chí (2014), *Ứng dụng công nghệ WebGIS quản lý dữ liệu thủy lợi tại Thành phố Cần Thơ,* Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 30, 39-47.
4. *OGC Web Service Common* (2021), https://www.ogc.org/standards/common (truy cập 07/2021).
5. *ZOO-Project Open GIS platform (2021),* http://zoo-project.org/ (truy cập 07/2021).

## ABSTRACT

## STUDY ON THE POSSIBILITY OF ESTABLISHING GIS DATA IN FLOOD ANAGEMENT, A CASE STUDY: THE CORE AREA OF CAN THO CITY

**Trương Xuan Quang[1], Duong Anh Quan[2], Truong Van Anh[1], Nguyen Ngoc Hoan[1], Do Duc Vinh[1], Pham Thi Thanh Thuy[1], Do Thi Thu Nga[1], Dang Thi Khanh Linh[1], Tran Thi Huong[1]**

*[1] Hanoi University of Nature Resources and Environment.*

*[2] Faculty of Geomatics and Land administration, Hanoi University of Mining and Geology.*

*Corresponding author: xquang@hunre.edu.vn*

Geographical information systems (GIS) is widely used as a tool for the storage, spatial analysis, and dissemination of geospatial data. This paper presents the possibility of building a spatial database for the flood risk management problem based on hydrology model in MIKE software with input data such as high tide and rainfall for the core area of Can Tho City. The results of the research were integrated and developed into a WebGIS based on open-source software such as: GeoServer, PostgreSQL, ZOO-Project, the React-Leaflet for developing client-side and the PHP language. The WebGIS system considers extension both in terms of database and WebGIS functions in the future.

*Keywords*: WebGIS, flood, hydraulic modeling, MIKE

# XÂY DỰNG CƠ SỞ DỮ LIỆU MÔI TRƯỜNG TRÊN NỀN WEBGIS: ỨNG DỤNG TẠI TỈNH BÀ RỊA - VŨNG TÀU

**Trần Thanh Hà[1], Trần Thị Ngọc[1], Đoàn Thị Nam Phương[1], Đặng Xuân Trường[2], Hoàng Văn Thái[2], Trần Thị Chiến[2], Đinh Duy Kháng[2], Huỳnh Quốc Hùng[3].**

*[1] Trường Đại học Mỏ Địa Chất*

*[2]Trung tâm ứng dụng Công nghệ thông tin phía nam*

*[3] Ủy ban nhân dân phường Xuân Khánh, quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ*

*Tác giả liên hệ: tranthanhha@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Ngày nay, việc ứng dụng tin học trong quản lý môi trường đang là xu hướng trên thế giới, tin học giúp cho công tác quản lý thông tin về môi trường thuận tiện hơn và cho thấy tiềm năng lớn trong hoạch định chính sách môi trường. Trong nghiên cứu này, chúng tôi phát triển các ứng dụng liên quan đến GIS trên Desktop và Web để cung cấp các dịch vụ Web theo chuẩn OGC WMS và OGC WFS xây dựng cơ sở dữ liệu môi trường cho tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. Đặc điểm nổi bật của hệ thống là tích hợp ứng dụng công nghệ WebGIS, cho phép hiển thị thông tin môi trường gắn liền với bản đồ và tọa độ, giúp dễ dàng truy cập từ xa và giao diện trực quan thân thiện hơn cho người sử dụng.

**Từ khóa:** Cơ sở dữ liệu môi trường, GIS, WebGIS.

## 1. Đặt vấn đề

Với khả năng trực quan hóa dữ liệu không gian và đặc điểm định vị đối tượng, hệ thống thông tin địa lý (GIS) là một trong những công cụ tốt nhất để quản lý môi trường. GIS có thể xác định chính xác vị trí của các nguồn phát thải và dự đoán khả năng lan truyền của nó. Ưu điểm chính của GIS là người dùng có thể tìm kiếm và trích xuất thông tin từ cơ sở dữ liệu một cách nhanh chóng và dễ dàng, từ đó giúp các nhà quản lý có thể đưa ra các quyết định chính xác (Yi Zhang và các cộng sự, 2009).

Tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu là một tỉnh ven biển thuộc vùng Đông Nam Bộ, nằm trong Vùng kinh tế trọng điểm phía Nam, là tỉnh có thế mạnh về phát triển công nghiệp, kinh tế biển, du lịch, khai thác lọc hóa dầu và nông nghiệp ứng dụng công nghệ cao. Cùng với những thành tựu to lớn về kinh tế - xã hội, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu cũng đang phải đối mặt với những thách thức nhất định trong công tác quản lý đô thị. Khi điều kiện sống ngày càng nâng cao, con người càng quan tâm nhiều hơn đến chất lượng cuộc sống và ảnh hưởng của ô nhiễm đối với đất, nước và không khí tới cuộc sống. Tuy nhiên, hiện nay dữ liệu môi trường tỉnh chưa được tổ chức lưu trữ tập trung, phần lớn các dữ liệu được tổ chức lưu trữ tại các đơn vị quản lý và lưu trữ trong kho dưới dạng hồ sơ và các đĩa CD, DVD sản phẩm độc lập chưa kết nối với nhau cũng như chưa tổ chức quản lý khai thác dưới dạng dữ liệu số. Điều này dẫn đến gây khó khăn các nhà quản lý địa phương giải quyết các vấn đề về môi trường.

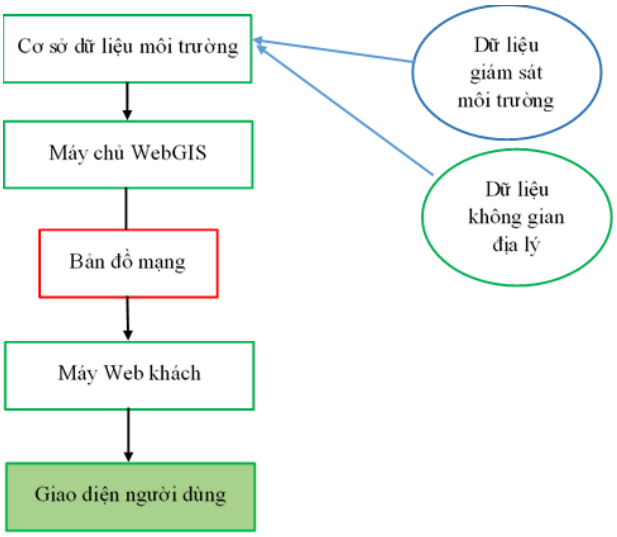
Để giải quyết khó khăn, hạn chế đã nêu ở trên, bài báo đã nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu môi trường trên nền tảng WebGIS, với mong muốn ứng dụng công nghệ thông tin trong

việc quản lý cơ sở dữ liệu môi trường, kết nối chia sẽ dữ liệu với nhau thông qua các phần mềm chuyên ngành trên môi trường Web. WebGIS là một hệ thống phức tạp kết nối với Internet để sao chép, lưu trữ, điều khiển, phân tích và hiển thị dữ liệu cùng với vị trí mà không cần sử dụng đến phần mềm GIS riêng biệt. Trên thực tế, Internet không làm thay đổi những đặc điểm cơ bản của hệ GIS, nó chỉ giúp đưa các tính năng của hệ GIS sử dụng được trên mạng (Harder 1998)

**2. Xây dựng cơ sở dữ liệu môi trường trên nền tảng WebGIS**

Hệ thống cơ sở dữ liệu môi trường trên nền tảng WebGIS bao gồm ba thành phần cơ bản: Cơ sở dữ liệu môi trường, máy chủ WebGIS (WebGIS server), người sử dụng web (Web client), như mô tả ở hình 1. Cơ sở dữ liệu không gian lưu trữ các thông tin giám sát môi trường và dữ liệu không gian GIS để cung cấp dữ liệu cho máy chủ WebGIS.

***2.1 Cơ sở dữ liệu môi trường được xây dựng bao gồm các bước cơ bản:*** Thu thập dữ liệu, Chuẩn hóa dữ liệu, Xây dựng cơ sở dữ liệu.




*Hình 1. Cấu trúc của hệ thống*

***Thu thập dữ liệu***: Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu được cung cấp bởi các sở tài nguyên và được chia thành hai nhóm chính: nhóm dữ liệu không gian địa lý và nhóm dữ liệu về quan trắc môi trường.

+ Nhóm dữ liệu địa lý: Bao gồm các loại bản đồ mạng lưới quan trắc môi trường đất, bản đồ tổng thể quan trắc môi trường, bản đồ quan trắc môi trường nước mặt, bản đồ quan trắc môi trường nước ven biển - nước dưới đất, bản đồ quan trắc môi trường không khí tỷ lệ 1:50.000, bản đồ hiện trạng sử dụng đất, bản đồ nền địa hình, bản đồ địa chính.

+ Nhóm dữ liệu về quan trắc môi trường như các điểm quan trắc, trạm quan trắc, chỉ tiêu đánh giá, kết quả quan trắc, nguy cơ sự cố môi trường, cơ sở gây ô nhiễm môi trường, các điểm xả thải, cơ sở xả thải, điểm nóng về môi trường. Các dữ liệu này được thu thập từ Trung tâm Quan trắc Tài nguyên và Môi trường.

***Chuẩn hóa dữ liệu***: Dữ liệu hiện nay được thu thập từ nhiều nguồn và nhiều định dạng khác nhau như dữ liệu từ bản đồ giấy và dữ liệu số (MicroStation, MapInfo và AutoCAD). Đối với dữ liệu từ bản đồ giấy, được quét và số hóa, kiểm tra lỗi hình học, biên tập và gán giá trị

thuộc tính. Đối với dữ liệu không gian dạng số chưa được chuẩn hóa thì việc chuẩn hóa dữ liệu được thực hiện theo các quy định của trước khi thực hiện chuyển đổi vào cơ sở dữ liệu (biên tập bản đồ, chuyển đổi hệ tọa độ,...).

***Xây dựng cơ sở dữ liệu***: Dữ liệu sau khi thu thập, dựa trên mục tiêu của nghiên cứu, việc xem xét hiện trạng của dữ liệu và vai trò của dữ liệu đối với một chủ đề cụ thể được phân tích, từ đó thiết lập khung tiêu chí cho từng dữ liệu. Sau đó, dữ liệu được chuẩn hóa, chuyển đổi và liên kết dữ liệu không gian với dữ liệu thuộc tính. Dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính được lưu trữ và quản lý thống nhất trong cùng một cơ sở dữ liệu nên người dùng có thể cập nhật, tìm kiếm và trích xuất dữ liệu một cách thuận tiện. Các bước này được thực hiện trên phần mềm ArcGIS và được quản lý theo mô hình Geodatabase.

### *2.2 Cấu trúc hệ thống WebGIS*

WebGIS là một hệ thống thông tin địa lý được phân bố qua môi trường mạng máy tính,một giải pháp client - server (khách hàng - máy chủ) cho phép quản lý, phân tích, cập nhật, phân phối thông tin bản đồ và GIS trên mạng Internet, giảm thiểu chi phí đầu tư phần mềm, phần cứng cho người dùng cuối; giao diện thân thiện, đơn giản phù hợp với nhiều người dùng. Hay một khái niệm đơn giản nhất, GIS web có thể được định nghĩa là bất kỳ GIS nào sử dụng công nghệ web để giao tiếp giữa máy chủ và máy khách. Khách hàng sẽ gửi yêu cầu tới máy chủ, máy chủ thực hiện các thao tác GIS được yêu cầu và gửi phản hồi về máy khách thông qua ngôn ngữ web.

Máy chủ WebGIS (WebGIS server) là hệ thống xử lý các yêu cầu của người dùng tức là cung cấp các trang web html và truyền tệp bằng FTP. Và nó cũng chuyển hướng người dùng đến địa chỉ URL (Uniform Resource Loader) được yêu cầu.

Máy khách web (Web Clients): Máy web khách là một phần mềm giúp người dùng tương tác với máy chủ web và thu thập dữ liệu đã xử lý từ máy chủ. Máy khách và máy chủ là hai phần của một kết nối. Đây là hai máy chủ riêng biệt, ở đây máy khách web yêu cầu thông tin và máy chủ web được thiết kế để chấp nhận các yêu cầu và gửi thông tin được yêu cầu.

Để vận hành, phân phối dữ liệu không gian hợp lý, đáp ứng nhu cầu tìm hiểu của người dân, doanh nghiệp và thực hiện việc trao đổi, đồng bộ với Địa phương khác và Trung ương hiệu quả hơn vì hầu hết các sản phẩm GIS đều hỗ trợ các đặc tả: Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS), Web Coverage Service (WCS), eXtensible Markup Language (XML).Trong đó các dịch vụ bản đồ WMS, WFS, WCS cho phép hiển thị bản đồ, chồng xếp các lớp thông tin (layer), tùy biến người dùng, còn XML đã được sử dụng rất nhiều như là một định dạng trung gian cho phép trao đổi giữa nhiều nguồn dữ liệu khác nhau, dựa trên cấu trúc XML đó, OGC (Open Geospatial Consortium) đã phát triển thành một dạng đặc tả mới, đó là Geography Markup Language (GML), cho phép truyền tải và lưu trữ các thông tin địa lý bao gồm cả thông tin hình học và thuộc tính của đối tượng địa lý. Trước đây, các phần mềm thương mại như AutoCAD, MicroStation, MapInfo, Arcgis Desktop, … tự đưa ra cho mình các chuẩn riêng trong việc trình bày, biên tập bản đồ, các chuẩn này là chuẩn đóng, chỉ được hiểu và hiển

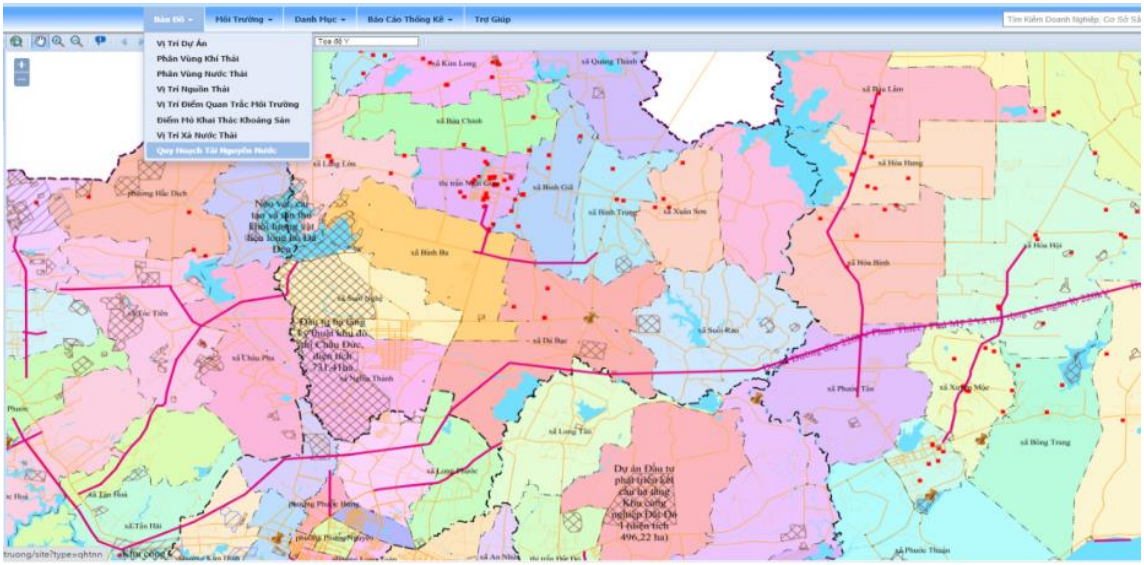
thị đúng trong trường hợp sử dụng đúng phần mềm thương mại đã tạo ra nó. Để thống nhất được cấu trúc định nghĩa việc hiển thị và trình bày các dữ liệu không gian, bản đồ, OGC đã thống nhất và đưa ra đặc tả Styled Layer Descriptor (SLD) cho phép người dùng có thể định nghĩa các kiểu hiển thị, trình bày bản đồ như: màu sắc, độ đậm nét, ký hiệu hiển thị (symbol) của các đối tượng đồ họa dạng điểm, dạng đường, dạng vùng,…mà tất cả người sử dụng nếu biết, hiểu chuẩn SLD đều có thể hình dung, tất cả các phần mềm thương mại đã tích hợp module đọc và hiển thị chuẩn SLD đều có khả năng hiển thị một cách thống nhất. Sự kết hợp của các đặc tả OGC về dịch vụ bản đồ (WMS, WFS, WCS) và các đặc tả GML, SLD giúp cho chúng ta có thể tích hợp, đồng bộ và phân phối, chia sẻ dữ liệu không gian một cách thống nhất, đồng bộ trên môi trường đa người dùng.

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Mô hình cơ sở dữ liệu về tài nguyên và môi trường tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu được thiết kế bằng ngôn ngữ UML sử dụng Microsoft Visio. Với hệ quản trị dữ liệu mã nguồn mở PostgreSQL. PostgreSQL hỗ trợ mạnh trong việc lưu trữ dữ liệu không gian theo tiêu chuẩn OGC. PostgreSQL kết hợp với Postgis và phần mềm GIS sẽ hỗ trợ hiển thị, truy vấn, thống kê, phân tích dữ liệu không gian. Nội dung, cấu trúc và kiểu thông tin dữ liệu về quan trắc môi trường được thể hiện qua các nhóm dữ liệu. Mỗi nhóm dữ liệu được phân thành các cấp theo các mức độ chi tiết khác nhau.

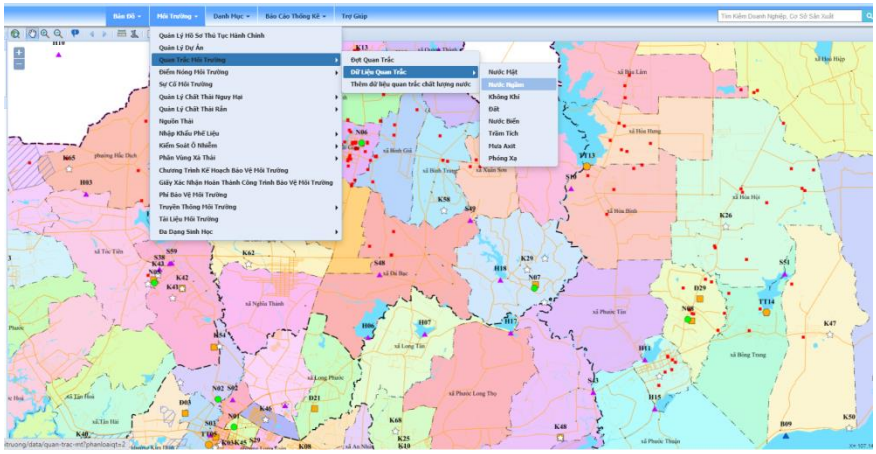
Dựa trên các nhóm thông tin, mô hình chức năng của cơ sở dữ liệu môi trường tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu được thiết kế một cách hệ thống với các chức năng chính như giới thiệu giao diện trang chủ, giao diện cho phép người dùng, bản đồ, môi trường, danh mục, báo cáo thống kê, trợ giúp.

***Chức năng bản đồ:*** Hiển thị bản đồ chuyên đề và bản đồ cơ sở (hình 2), chức năng phóng to / thu nhỏ, chuyển động bản đồ và bật / tắt hiển thị các lớp dữ liệu. Ngoài ra, người dùng có thể xem vị trí nguồn thải, vị trí dự án, vị trí xả nước thải, vị trí các điểm quan trắc, phân vùng khí thải, nước thải,...



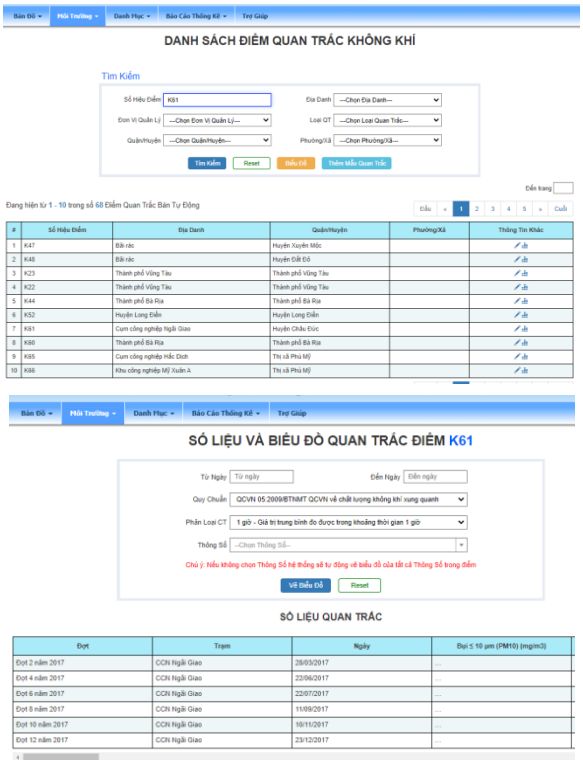

*Hình 2. Giao diện chức năng hiển thị bản đồ*

***Chức năng môi trường***: Cho phép người dùng xác định các thông tin về điểm quan trắc môi trường, điểm nóng môi trường, kiểm soát ô nhiễm môi trường, phân vùng xả thải, chương trình kê hoạch bảo vệ môi trường, đa dạng sinh học, giấy xác nhận hoàn thành công trình bảo vệ môi trường,…



*Hình 3. Giao diện chức năng môi trường*

Những thông tin này thông qua chức năng môi trường cho phép người dùng theo dõi chất lượng môi trường theo thời gian, đồng thời xem các tiêu chí thống kê và bản đồ tương tác, từ đó đưa ra phân tích và đánh giá thông tin. Song song với việc hiển thị dữ liệu trạm quan trắc, việc truyền dữ liệu và liên kết với bảng số cũng được triển khai để hỗ trợ chia sẻ cơ sở dữ liệu trong cộng đồng, ví dụ: người dùng chọn số hiệu điểm và tích vào công cụ tìm kiếm khi đó dữ liệu sẽ hiện chi tiết đợt, trạm, ngày giờ quan trắc, nồng độ bụi,..như hình 4.



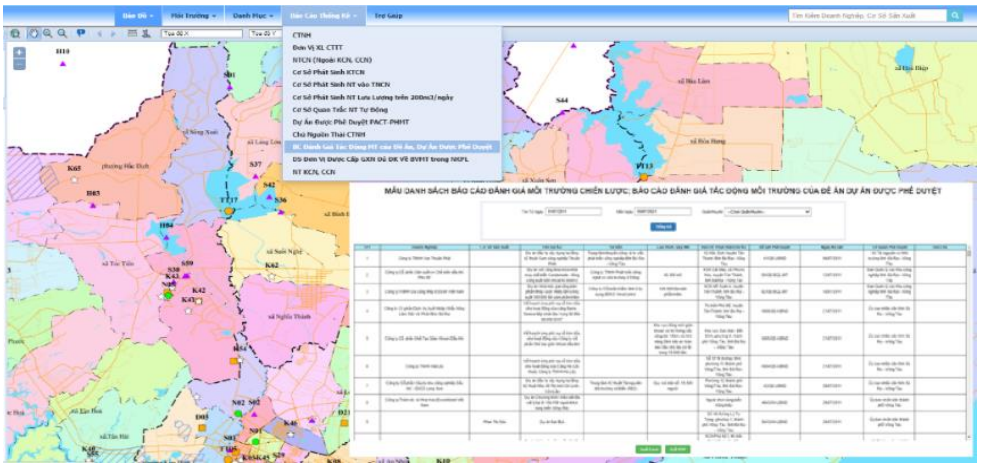

*Hình 4. Thông tin của các điểm quan trắc không khí*

***Chức năng danh mục:*** Bao gồm các thông tin về doanh nghiệp, điểm nóng môi trường, mức độ ô nhiễm môi trường, ngành nghề nguy hại cần di dời, phân vùng khí thải, nước thải, mục đích sử dụng,…




*Hình 5. Chức năng danh mục*

***Chức năng Báo cáo thống kê***: Thể hiện vai trò của việc chia sẻ dữ liệu (hình 6) ở đây người dung có thể tải dữ liệu và xem các báo cáo môi trường bằng cách sử dụng xuất dữ liệu và báo cáo (hình 6). Song song với việc hiển thị dữ liệu trạm quan trắc, việc truyền dữ liệu và liên kết với bảng số cũng được triển khai để hỗ trợ chia sẻ cơ sở dữ liệu trong cộng đồng.



*Hình 6. Chức năng báo cáo thống kê và xuất dữ liệu*

## 4. Kết luận

Ứng dụng WebGIS trong quản lý dữ liệu môi trường rất tiện lợi giúp tiết kiệm thời gian và chi phí. Bởi vì, công việc cập nhật, lưu trữ, thống kê, tìm kiếm và truy xuất với khối lượng dữ liệu lớn được thực hiện hanh chóng thông qua môi trường mạng Internet. Việc sử dụng thư viện lập trình mã nguồn mở PostgreSQL và lưu trữ dữ liệu không gian theo tiêu chuẩn OGC đã đáp ứng được các yêu cầu xây dựng một ứng dụng WebGIS. Cơ sở dữ liệu môi trường chạy trên nền tảng WebGIS được xây dựng với giao diện thân thiện và công cụ quản lý môi trường hiện đại, giúp các cấp quản lý môi trường truy xuất báo cáo dễ dàng hơn. Ngoài ra sản phẩm còn hướng đến cho nhiều đối tượng khác nhau có nhu cầu về thông tin môi trường trên địa bàn tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. Cùng với việc kết hợp với ứng dụng công nghệ WebGIS, sản phẩm của đề tài mang lại cái nhìn trực quan, là nơi chia sẻ các thông tin môi trường hữu ích, cũng như đóng góp ý kiến để công tác quản lý môi trường trên địa bàn được hoạt động hiệu quả.

**Tài liệu tham khảo**

1. Harder, 1998. Developing a Web-Based GIS for Hajj Traffic Plan (Hajj GIS.Net).
2.Kai Luo, Ting Zhang and Yanwen Liu, 2019. Design and Implementation of the Water Environment Monitoring and Management System Based on WebGIS for the Four-Lake Basin of Hubei Province. E3S Web of Conferences 136, 06036.
3. Zhong Jianlong, Xu Changru, 2002. The ITS Transportation Information Service System based on the Component GIS. Internet Conference on Computer Graphics and Spatial Information System.
4. Yi Zhang, Wu yijing, Wen jie Li, Han wu, 2009. Application Research of WebGIS in Resources Environment Management. International Conference on Environmental Science and Information Application Technology.
5. Edward,2000. Cartographic Aspects of WebGIS Software.

## ABSTRACT

## DESIGNING ENVIRONMENTAL DATABASE STRUCTURE BASED WEBGIS: CASE STUDY IN BA RIA- VUNG TAU PROVINCE

**Tran Thanh Ha[1], Tran Thi Ngoc[1], Doan Thi Nam Phuong[1], Dang Xuan Truong[2], Hoang Van Thai[2], Tran Thi Chien[2], Dinh Duy Khang[2], Huynh Quoc Hung[3].**

*[1] Hanoi university of Mining and Geology*

*[2]South Center Of information Technology and Applications*

*[3] People's Committee of Xuan Khanh Ward, Ninh Kieu District, Can Tho City*

*Corresponding author: tranthanhha@humg.edu.vn*

Merging between informatics and environmental management has recently become a worldwide trend. Informatics has been facilitating environmental management and exhibits enormous potential to environmental related policies. In this study, we have utilized advantages of ESRI ArcGIS to develop GIS applications from Desktop to Web with standard services of OGC WMS and OGC WFS for constructing environmental database of Ba Ria-Vung Tau province. Remarkably is integrated with Web-GIS technology to display maps with environmental information and longitude/latitude data, helps to remote access and is more visual for users.

*Keywords*: Environment database, GIS, WebGIS.

# ỨNG DỤNG GIS XÂY DỰNG NỀN CƠ SỞ DỮ LIỆU ĐỊA LÝ PHỤC VỤ QUẢNG BÁ DU LỊCH THÀNH PHỐ HUẾ

**Nguyễn Bích Ngọc[1], Trần Thị Phượng[1,2], Nguyễn Hoàng Khánh Linh[3]**

*[1] Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế*

*[2] Trung tâm nghiên cứu biến đổi khí hậu miền Trung*

*[3]Khoa Quốc Tế, Đại học Huế*

*Tác giả liên hệ: nguyenbichngoc@huaf.edu.vn*

**Tóm tắt:** Nghiên cứu này tập trung xây dựng được nền cơ sở dữ liệu địa lý nhằm phục vụ quảng bá du lịch của thành phố Huế. Nghiên cứu sử dụng phần mềm ArcGIS để xây dựng cơ sở dữ liệu du lịch gồm cả không gian và thuộc tính; ứng dụng công nghệ mã nguồn mở GeoServer để xây dựng WebGIS quảng bá du lịch thành phố Huế. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được CSDL không gian bao gồm 4 lớp nền địa lý: địa danh, giao thông, thủy hệ và hành chính; 1 lớp dữ liệu điểm các di tích lịch sử văn hóa. Kết quả xây dựng được bản đồ nền không gian địa lý gồm các điểm di tích lịch sử văn hóa phục vụ quảng bá du lịch thành phố Huế. Bên cạnh đó, các dữ liệu được tổ chức trong ArcGIS và đưa lên PostgreSQL sau đó được trình bày bằng Geoserver, WebGIS được xây dựng trên nền cơ sở dữ liệu và bản đồ được đưa vào Geoserver rất dễ sử dụng cho những người muốn xem bản đồ du lịch nhưng không được đào tạo về GIS, góp phần quảng bá du lịch mang đậm tính di sản của thành phố Huế một cách hiệu quả.

**Từ khóa:** Cơ sở dữ liệu, geoserver, WebGIS, thành phố Huế.

## 1. Đặt vấn đề

Thành phố Huế là trung tâm du lịch nổi tiếng với các loại hình du lịch đa dạng đặc sắc, là thành phố du lịch trọng điểm của tỉnh Thừa Thiên Huế, ở đây có tiềm năng rất lớn về phát triển du lịch bền vững. Du lịch lưu trú năm 2019 ước đạt: 1.487,3 tỷ đồng, tăng 17,7% so với năm trước; tổng lượt khách đến Huế ước đạt: 1.841,6 nghìn lượt khách, tăng 5,6 % so với năm 2018, tổng ngày khách đến Huế ước đạt 3.554,4 nghìn ngày khách, tăng 5,7 % so năm 2018. Tuy nhiên, những địa điểm, loại hình du lịch, những nét riêng đặc trưng mang đậm bản sắc cố đô của thành phố Huế vẫn chưa được phổ biến, quảng bá nhiều trên mạng thông dụng Internet, cũng như trên các trang Web để tiếp cận nhanh hơn với lượng lớn khách du lịch sử dụng mạng Internet.

Trong những năm gần đây, GIS (Geographic Information System - Hệ thống thông tin địa lý) đã được ứng dụng rất nhiều trong các ngành khoa học có liên quan đến dữ liệu không gian [1]. Với khả năng quản lý, chia sẻ các ứng dụng thông tin địa lý qua mạng internet, bằng việc kết hợp GIS và Web để tạo thành WebGIS, người đi du lịch sẽ truy cập được các thông tin du lịch kết hợp với các bản đồ động để có được cái nhìn trực quan về các địa điểm mà mình sẽ

đến thông qua trình duyệt web mà không cần phải học sử dụng phần mềm GIS [4]. Những thông tin du lịch hiện giờ vẫn đang dừng ở dạng chữ đi kèm một số hình ảnh về các địa điểm du lịch, khó tra cứu và tiếp cận, gây khó khăn cho những người muốn đi du lịch, muốn phát triển du lịch thì phải đưa các thông tin du lịch phổ biến rộng rãi và dễ dàng được tìm thấy và Internet là một lĩnh vực rất tốt để thực hiện điều đó [4]. Do đó, việc nghiên cứu sử dụng công nghệ GIS tích hợp WebGIS để xây dựng nền cơ sở dữ liệu địa lý phục vụ quảng bá du lịch ở thành phố Huế là cần thiết và thiết thực vì nó giúp phát triển du lịch ở thành phố Huế góp phần vào phát triển kinh tế đất nước.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### *2.1. Dữ liệu nghiên cứu*

- Nguồn dữ liệu không gian: Bản đồ hiện trạng sử dụng đất, bản đồ địa chính thành phố Huế năm 2019 được thu thập từ phòng Công nghệ - Trung tâm công nghệ thông tin - Sở tài nguyên và môi trường tỉnh Thừa Thiên Huế.

- Nguồn dữ liệu thuộc tính: Bao gồm các bảng số liệu thống kê đất đai, báo cáo tình hình phát triển du lịch của thành phố, báo cáo thuyết minh tổng hợp quy hoạch đến năm 2020...từ UBND tỉnh Thừa Thiên Huế, phòng Công nghệ - Trung tâm công nghệ thông tin - Sở tài nguyên và môi trường tỉnh tỉnh Thừa Thiên Huế. Các số liệu về lớp nhà, ranh giới thửa đất, giao thông và thủy văn từ điều tra thực địa.

*Bảng 1. Các nguồn số liệu phục vụ quá trình nghiên cứu*

| Loại tài liệu | Năm | Cơ quan |
|---|---|---|
| Bản đồ hiện trạng sử dụng đất thành phố Huế | 2019 | Phòng Công nghệ - Trung tâm công nghệ thông tin - Sở tài nguyên môi trường Huế |
| Bản đồ địa chính thành phố Huế | 2019 | Phòng Công nghệ - Trung tâm công nghệ thông tin - Sở tài nguyên môi trường Huế |
| Báo cáo thuyết minh tổng hợp quy hoạch thành phố Huế | 2020 | UBND tỉnh Thừa Thiên Huế |

### *2.2. Phương pháp nghiên cứu*

*2.2.1. Phương pháp điều tra, thu nhập số liệu*

- Phương pháp điều tra, thu thập số liệu thứ cấp: Điều tra, thu thập các thông tin về tình hình kinh tế - xã hội, du lịch của thành phố Huế qua các báo cáo hàng năm. Thu thập và biên tập các bản đồ liên quan phục vụ cho việc xây dựng dữ liệu nền khu vực nghiên cứu gồm bản đồ hiện trạng sử dụng đất, bản đồ địa chính.

- Phương pháp điều tra, khảo sát thực địa: Để cập nhật các số liệu trên bản đồ với thực tế cũng như chỉnh lý và bổ sung các nguồn thông tin không gian và thuộc tính, nhóm nghiên cứu đã tiến hành khảo sát thực địa thành phố Huế, nhóm tiến hành 2 đợt khảo sát kết hợp sử dụng máy GPS cầm tay Garmin Etrex 10 để xác định các điểm du lịch của thành phố trên bản đồ. Bên cạnh đó, số liệu được thu thập thông qua công tác khảo sát thực địa, phỏng vấn cơ quan và các cán bộ làm công tác chuyên môn có liên quan đến lĩnh vực nghiên cứu ở thành phố Huế.

*2.2.2. Phương pháp xử lý số liệu và xây dựng các bản đồ bằng công nghệ GIS*

Dữ liệu thu thập được xử lý bằng phần mềm ArcGIS 10.3. Sử dụng phần mềm ArcGIS để tạo bản đồ nền, xây dựng cơ sở dữ liệu đầu vào như biên tập bản đồ địa chính, bản đồ hiện trạng sử dụng đất, lớp điểm du lịch, lớp giao thông và thủy văn. Phần mềm Excel được sử dụng để tổng hợp số liệu sau khi điều tra. Để chuyển đổi dữ liệu bản đồ từ dạng đuôi file *.dgn trong MicroStation sang dạng *.shp trong ArcGIS thì nhóm nghiên cứu sử dụng phần mềm FME Workbench 2017 để chuyển đổi.

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### *3.1. Kết quả xây dựng cơ sở dữ liệu không gian*

Trên cơ sở bản đồ hiện trạng sử dụng đất năm 2019 và bản đồ địa chính thành phố Huế năm 2019 trên nền phần mềm Microstation và ArcMap tiến hành gộp và lọc bỏ những lớp không cần thiết. Dữ liệu sau khi chuyển sang phần mềm ArcMap thì tiến hành xây dựng các lớp bản đồ chuyên đề về hệ thống các điểm du lịch và phục vụ du lịch của thành phố Huế. Bản đồ du lịch thành phố Huế được xây dựng dựa trên 4 lớp bản đồ, bao gồm các lớp địa danh, giao thông, thủy hệ và hành chính. Vị trí các điểm di tích lịch sử văn hóa được lấy từ bản đồ địa chính và bấm điểm GPS bằng tay trên thực tế. Sau đó tiến hành nhập tọa độ các điểm du lịch trực tiếp trên phần mềm ArcMap.

### *3.2. Kết quả xây dựng cơ sở dữ liệu thuộc tính*

Từ bản đồ địa chính thành phố Huế, bản đồ hiện trạng sử dụng đất thành phố Huế năm 2019, điều tra thực tế, bấm điểm GPS tiến hành xây dựng cơ sở dữ liệu du lịch cho thành phố Huế trên phần mềm ArcMap.

*Bảng 2. Các trường thuộc tính, cấu trúc của trường thuộc tính dạng vùng du lịch*

| STT | Tên trường | Kiểu cấu trúc | Mô tả |
|---|---|---|---|
| 1 | STT | Object ID | Số thứ tự |
| 2 | Shape | Geometry | Kiểu dữ liệu |
| 3 | Đối tượng | Long (15) | Đối tượng du lịch |
| 4 | Tên | String (150) | Tên các điểm |
| 5 | Shape_Length | Double | Chiều dài |
| 6 | Shape_Area | Double | Diện tích |

*Bảng 3. Các trường thuộc tính và cấu trúc của trường thuộc tính dạng điểm du lịch*

| STT | Tên trường | Kiểu cấu trúc | Mô tả |
|---|---|---|---|
| 1 | STT | Object ID | Số thứ tự |
| 2 | Shape | Geometry | Kiểu dữ liệu |
| 3 | Đối tượng | String (150) | Đối tượng du lịch |
| 4 | Tên | String (150) | Tên các điểm |
| 5 | Địa chỉ | String | Địa chỉ các điểm |
| 6 | X | Fload | Tọa độ X |
| 7 | Y | Fload | Tọa độ Y |
| 8 | Link | Text (150) | Đường dẫn của ảnh cho các điểm du lịch |

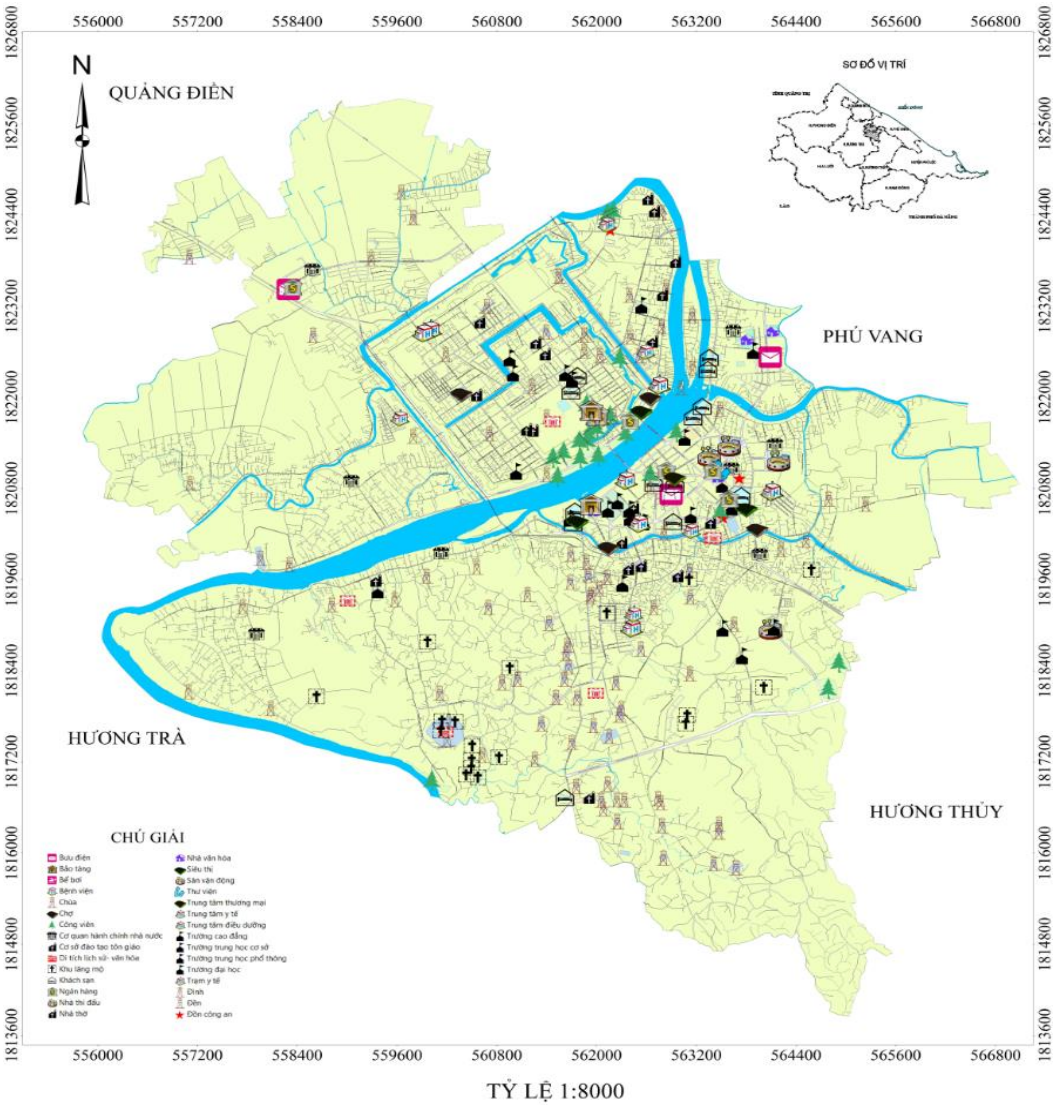
### *3.3. Kết quả xây dựng bản đồ du lịch thành phố Huế*

Sau khi xử lý số liệu du lịch về không gian và thuộc tính thì ta tiến hành chồng ghép các lớp bản đồ trong phần mềm ArcMap 10.3. Tiến hành tạo Layout cho bản đồ, xây dựng lưới tọa độ, kim

chỉ bắc nam, tỷ lệ, sơ đồ vị trí, chú giải... hoàn thành bản đồ du lịch thành phố Huế.

### *3.4. Xây dựng cấu trúc của hệ thống WebGIS bằng công nghệ Geoserver*

GeoServer là một máy chủ mã nguồn mở với mục đích kết nối những thông tin địa lý có sẵn tới các WebGIS (trang web địa lý) sử dụng chuẩn mở, nhằm mục đích hỗ trợ việc xử lý thông tin không gian địa lý với chất lượng cao, đơn giản trong sử dụng, là phần mềm mã nguồn mở nhằm cung cấp và chia sẻ dữ liệu. GeoServer được viết bằng ngôn ngữ java, cho phép người sử dụng chia sẻ và chỉnh sử dữ liệu không gian địa lý (geospatial data). GeoServercho phép người dùng hiển thị thông tin không gian. Cung cấp chuẩn Dịch vụ bản đồ (Web Map Service - WMS), GeoServer có thể tạo bản đồ và xuất ra nhiều định dạng.




*Hình 1. Bản đồ nền dữ liệu địa lý các điểm du lịch di tích lịch sử văn hóa thành phố Huế*

Đầu tiên để xây dựng cấu trúc của hệ thống WebGIS bằng công nghệ Geoserver thì tiến hành tạo dữ liệu trong trong phần mềm PostgreSQL để lưu trữ cơ sở dữ liệu. Sau khi nhập toàn bộ cơ sở dữ liệu nền và các điểm du lịch lên phần mềm PostgreSQL thì tiến hành chạy phần mềm Geoserver. Đưa CSDL trong postgreSQL lên GeoServer và tạo kiểu hiển thị cho các lớp dữ liệu. Tạo không gian lưu trữ dữ liệu lấy từ Databases trong PostgreSQL, các dữ liệu được

thống nhất ở hệ tọa độ WGS 1984. Qua các bước xử lý dữ liệu trên phần mềm uDig thì kết quả đưa dữ liệu nền du lịch thành phố Huế lên Geoserver thể hiện ở hình 2.

| Style Name | Workspace |
|---|---|
| CauGiaoThong | TpHue |
| CauGiaoThongDangDuong | TpHue |
| DiaPhanPhuongTPHue | TpHue |
| DiaPhanTPHue | TpHue |
| DiemDuLich | TpHue |
| DoanDuongSat | TpHue |
| DuongDiaGioiXa | TpHue |
| MatDuongBo | TpHue |
| RanhGioiDuongBo | TpHue |
| SongSuoiDangDuong | TpHue |
| SongSuoiDangVung | TpHue |
| TimDuongBo | TpHue |
| VungCacDiemDuLich | TpHue |

*Hình 2. Style bản đồ du lịch thành phố Huế trên Geoserver*

## 4. Kết luận

Cơ sở dữ liệu nền các điểm du lịch di tích lịch sử văn hóa thành phố Huế được xây dựng với rất nhiều lớp thuộc tính mô tả chi tiết, đầy đủ về các thông tin, đặc điểm, chức năng của các cơ sở hạ tầng phục vụ du lịch, các địa điểm du lịch, các loại ranh giới giao thông cũng như ranh giới hành chính của thành phố Huế. Bản đồ nền dữ liệu địa lý phục vụ quảng bá du lịch thành phố Huế được xây dựng rất chi tiết với nhiều lớp bản đồ không gian thể hiện vị trí địa lý, tọa độ, đặc điểm của các điểm du lịch một cách có khoa học. Các lớp bản đồ được xây dựng trên nền bản đồ địa chính và bản đồ hiện trạng sử dụng đất thành phố Huế nên có tọa độ chuẩn của ngành, các điểm du lịch được thể hiện một cách trực quan sát với thực tế giúp cho người đọc bản đồ có khả năng tìm kiếm dễ dàng các điểm du lịch so với ngoài thực địa, các đường ranh giới giao thông, hành chính thể hiện rõ ràng theo chuẩn bản đồ quy định. Cơ sở dữ liệu nền các điểm du lịch di tích lịch sử văn hóa được đưa lên trên phần mềm Geoserver là bước quan trọng trong việc xây dựng WebGIS phục vụ quảng bá du lịch thành phố Huế, WebGIS được xây dựng trên nền cơ sở dữ liệu và bản đồ được đưa vào Geoserver rất dễ sử dụng cho mọi đối tượng.

## Tài liệu tham khảo

1. Đoàn Thị Xuân Hương (2010), *Ứng dụng ArcGIS Server trong xây dựng hệ thống WebGIS để tích hợp, phân phối cơ sở dữ liệu địa lý lên Internet*, Kỷ yếu hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2010 - Nhà xuất bản Nông nghiệp, Thành phố Hồ Chí Minh, 334 trang.
2. Phạm Thanh Hoàng (2014), *Xây dựng WebGIS tra cứu thông tin khai thác cát trên sông địa bàn tỉnh Bến Tre*, Kỷ yếu hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2014, Tập 2 - Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ 2014, 590-596.
3. Trần Nam Phong (2014), *Phát triển các ứng dụng GIS và Web-GIS sử dụng phần mềm mã*

*nguồn mở*, Kỷ yếu hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2014, Tập 1 - Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ 2014, 265-273.

4. Nguyễn Quang Tuấn (2010), *Ứng dụng công nghệ WebGIS để xây dựng cơ sở dữ liệu phục vụ khai thác tiềm năng du lịch bền vững ở tỉnh Quảng Trị*, Kỷ yếu hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2010 - Nhà xuất bản Nông nghiệp, Thành phố Hồ Chí Minh, 334 trang.

## ABSTRACT

# APPLICATION OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM TO ESTABLISH GEOGRAPHIC DATABASE FOR TOURISM IN HUE CITY

**Nguyen Bich Ngoc[1], Tran Thi Phuong[1,2], Nguyen Hoang Khanh Linh[3]**

*[1] University of Agriculture and Forestry, Hue University*

*[1,2]Centre for Climate Change Study in Central Vietnam (CCCSC)*

*[3]International School, Hue University*

*Corresponding author: nguyenbichngoc@huaf.edu.vn*

This study focuses on building a geographic database to serve the tourism promotion of Hue city. Research and use ArcGIS software to build tourism database including spatial and attribute; application of open-source technology GeoServer to build WebGIS to promote tourism in Hue city. The research results have built a spatial database including 4 geographic layers: place names, traffic, water systems and administration; 1 layer data points of historical and cultural sites. As a result, the geospatial base map of Hue city's cultural and historical sites is used to promote tourism. In addition, the data is organized in ArcGIS and uploaded to PostgreSQL then presented using Geoserver, WebGIS is built on top of the database and the maps are fed into Geoserver which is easy to use for those who want to view Tourist map but not trained in GIS, effectively promoting Hue city's heritage tourism.

*Keywords: database, geoserver, WebGIS, Hue city.*

# XÁC ĐỊNH NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT ĐẤT ĐÔ THỊ VÀ MỐI TƯƠNG QUAN CỦA NÓ VỚI CÁC CHỈ SỐ BỀ MẶT XÂY DỰNG (NDBI) VÀ CHỈ SỐ THỰC VẬT (NDVI) TRÊN CƠ SỞ SỬ DỤNG VỆ TINH LANDSAT 8 TẠI TỈNH HÀ NAM GIAI ĐOẠN 2017-2020

**Lê Văn Ninh[1], Nguyễn Văn Thái[1], Nguyễn Thành Đô[1,*], Nguyễn Văn Dũng[1], Phạm Văn Giang[1], Nguyễn Thanh Hùng[1], Lại Tuấn Hiệp[1], Nguyễn Quốc Khuể[1], Hà Văn Thạch[1], Đỗ Đình Thắng[1], Nguyễn Văn Thanh[1], Bùi Thị Huyền Trang[1], Nguyễn Anh Tuấn[1], Phạm Văn Sơn[1], Trần Thanh Hà[2]**

*[1]Sở tài Nguyên và Môi trường Hà Nam*

*[2]Trường Đại học Mỏ Địa Chất*

*[*] Tác giả liên hệ: thanhdo.stnmthn@gmail.com*

**Tóm tắt:** Bài báo tập trung ước tính nhiệt độ bề mặt đất và xác định mối quan hệ với chỉ số khác biệt xây dựng NDBI và chỉ số khác biệt thực vật NDVI cho tỉnh Hà Nam bằng dữ liệu Landsat 8. Kết quả cho thấy nhiệt độ bề mặt đất của tỉnh Hà Nam đã tăng lên $4,5^0$C từ năm 2017 đến năm 2020, đồng thời các chỉ số NDBI tại thành phố Phủ Lý và các khu vực khai thác đã xây dựng cũng tăng lên. Trong khi đó chỉ số NDVI hầu như không thay đổi tại các khu vực huyện Bình Lục và Lý Nhân. Điều này cho thấy sự gia tăng diện tích bề mặt không thấm tăng lên thì nhiệt độ mặt đất cũng tăng lên.

**Từ khóa:** LST, NDBI, NDVI, Ảnh viễn thám, Đô thị

## 1. Đặt vấn đề

Đô thị hóa là quá trình tập trung dân số vào các đô thị, là sự hình thành nhanh chóng các điểm dân cư đô thị trên cơ sở phát triển sản xuất và đời sống (Lương Văn Việt, 2017). Đối với một quốc gia, đô thị hóa bao gồm hai quá trình, quá trình mở rộng các đô thị hiện có và quá trình hình thành các đô thị mới (Lương Văn Việt, 2017). Mở rộng đô thị được định nghĩa là một quá trình sắp xếp về mặt không gian liên quan đến các loại hình tăng trưởng đô thị khác. Quá trình đô thị hóa thường làm thay đổi đặc tính của hệ sinh thái đô thị, được thể hiện qua việc biến đổi không gian của lớp phủ từ các hệ sinh thái tự nhiên sang hệ sinh thái chịu tác động của con người (Trần Thị Vân, 2011). Đặc biệt, sự kết hợp giữa việc mở rộng đô thị và sự nóng lên của khí hậu đã làm gia tăng nhiệt độ ở nhiều thành phố (Jenerette và cộng sự, 2016). Phần lớn thảm thực vật tự nhiên và đất canh tác đã bị thay thế bởi diện tích bề mặt nhân tạo không thấm nước, dẫn đến sự thay đổi đáng kể của nhiệt bề mặt đất (LST) và khí hậu của khu vực. Nhiệt độ bề mặt đất (LST) là một trong những thông số quan trọng nhất chi phối các quá trình vật lý, hóa học và sinh học của Trái đất. Mặc dù, theo truyền thống LST có thể xác định bằng cách sử dụng nhiệt kế để đo tại các vị trí trạm khí tượng. Tuy nhiên, viễn thám hồng ngoại nhiệt (TIR) là cách hiệu quả nhất để xác định sự phân bố không gian của LST. Cảm biến hồng ngoại nhiệt (TIR) có khả năng thu thập thông tin định lượng về bề mặt nhiệt

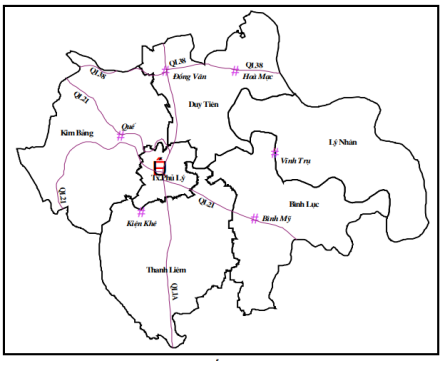
độ ở các lớp đất khác nhau. LST nhạy cảm với thảm thực vật và độ ẩm của đất; do đó, có thể được sử dụng để quan sát thay đổi sử dụng đất /lớp phủ đất, như đô thị hóa, sa mạc hóa v.v.

Có nhiều nghiên cứu đã đánh giá tác động của thành phần lý sinh đô thị lên LST dựa trên việc xác định các chỉ số lý sinh như chỉ số thực vật (NDVI), chỉ số về bề xây dựng (NDBI), v.v. (Macarof và cộng sự 2017). Và họ đều cho rằng tồn tại một tương quan nghịch giữa NDVI và LST, trong khi LST có mối tương quan thuận với NDBI. Do đó, mục tiêu của nghiên cứu này là phát hiện sự thay đổi của nhiệt độ bề mặt đất liên quan đến sự thay đổi lớp phủ sử dụng đất và lớp phủ thực vật.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### *2.1. Dữ liệu nghiên cứu*

Trong những năm gần đây, tỉnh Hà Nam đã có nhiều chính sách đổi mới kinh tế, khuyến khích đầu tư của trung ương và địa phương, quá trình công nghiệp hoá và đô thị hoá ở Hà Nam đã đạt được nhiều thành tích nổi bật. Sự phát triển đô thị được thể hiện rõ ở sự hình thành và phát triển các thị xã, thị trấn với vai trò trung tâm tổng hợp hay chuyên ngành góp phần thúc đẩy sự phát triển kinh tế - xã hội của tỉnh.




*Hình 1. Phân bố đô thị ở Hà Nam*

Nghiên cứu sử dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) và Cảm biến hồng ngoại nhiệt (TIRS) được chụp các ngày 07/8/2017. 24/8/2020 để xác định sự thay đổi của LST, NDVI và NDBI. Ảnh được thu nhận là ảnh chất lượng cao, ít mây, đã được hiệu chỉnh bức xạ và hiệu chỉnh hình học đến mức 1G trước khi cung cấp cho người sử dụng. Ảnh Landsat đã được hiệu chỉnh về một hệ tọa độ Universal Transverse Mercator (UTM). Sau đó nghiên cứu tiến hành phân tích tính toán các chỉ số nhiệt, NDBI và NDVI trên khu thực nghiệm.

### *2.2. Tính toán NDBI, NDVI, LST*

Chỉ số NDBI (Normalized Difference Built-up Index) là chỉ số đánh giá sự khác biệt bề mặt xây dựng. Nó được sử dụng như một công cụ để xác định quy mô của các khu vực xây dựng (Hidayati và cộng sự, 2018 ). Chỉ số này nằm trong khoảng từ -1 đến +1, NDBI càng lớn thì tỷ trọng diện tích xây dựng càng cao và khi đó LST cũng tăng lên (Macarof và Statescu, 2017). Công thức (1) được sử dụng để phân tích NDBI của khu vực nghiên cứu với dữ liệu là ảnh Landsat 8 (Alhawiti và Mistova, 2016).

Trong đó, MIR là hệ số phản xạ hồng ngoại giữa tương ứng băng tần 6 dải sóng nằm trong khoảng (1,55 ~ 1,75μm).

$$NDBI = \frac{MIR - NIR}{MIR + NIR} \qquad (1)$$

NIR là hệ số phản xạ hồng ngoại gần tương ứng băng tần 5 dải sóng nằm trong khoảng (0,76 ~ 0,90μm).

Chỉ số NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) là chỉ số đánh giá sự khác biệt

về thực vật. NDVI có thể dao động từ -1 đến 1 và chỉ ra lớp phủ thực vật của khu vực nghiên cứu. Giá trị chỉ số càng cao thì sự hiện diện của thảm thực vật càng lớn. Lý do sử dụng các dải này là do thực vật bị hấp thụ trong dải màu đỏ và độ phản xạ trong dải cận hồng ngoại, NDVI được tính toán bằng công thức (2) (Tucher, 1979 )

Trong đó, *NIR* đại diện cho dải hồng ngoại gần và *Red* đại diện cho dải đỏ

$$NDVI = \frac{NIR - \mathrm{Re}d}{NIR + \mathrm{Re}d} \quad (2)$$

Nhiệt độ bề mặt là nhiệt độ tại mặt phân cách của bề mặt trái đất với bầu khí quyển. Nó có thể từ mặt đất lên độ cao 2 -3m. Nhiệt bề mặt LST (Land Surface Temperature) được tính toán từ các kênh hồng ngoại nhiệt (10.3 - 12.5 µm). LST được tính theo các bước sau:

- Chuyển đổi từ dữ liệu số DN (digital number) của kênh hồng ngoại nhiệt sang bức xạ phổ:

$$L_\lambda = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (3)$$

Trong đó: $L_\lambda$ là bức xạ phổ, $M_L$ là hệ số tỷ lệ nhân của bức xạ, $A_L$ là hệ số tỷ lệ cộng của bức xạ và $Q_{cal}$ là giá trị pixel được lượng tử hóa và hiệu chỉnh của DN.

- Bước tiếp theo, chuyển đổi bức xạ phổ sang nhiệt độ sáng (Brightness Temperature - BT). Nhiệt độ độ sáng được chuyển đổi thành độ C bằng cách trừ đi 273,15.

$$BT = \left( \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \right) - 273.15 \quad (4)$$

Trong đó BT: giá trị nhiệt bề mặt (K). $L_\lambda$: giá trị bức xạ. K1, K2: các hằng số.

Nhiệt độ bề mặt đất LST được tính toán dựa trên kết quả tính toán nhiệt độ sáng có xét đến ảnh hưởng của độ phát xạ (Jeevalakshmi *và cộng sự* , 2017)

Trong đó: λ bước sóng tương ứng của dải (λ = 11,5 µm) (Markham và Barker, 1985); và $\rho = 14380 * 10^{-2} mK$

$$LST = \frac{BT}{\left\{1 + \lambda\left(\frac{BT}{\rho}\right)\ln\varepsilon\right\}} \quad (5)$$

*ε là độ phát xạ được tính theo công thức:* $\varepsilon = 0.0004 * P_V + 0.986$. Trong đó $P_v$ là tỷ lệ thảm thực vật có thể được tính từ ảnh NDVI (Carlson và Ripley, 1997).

$$P_V = \left( \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right)^2 \quad (6)$$

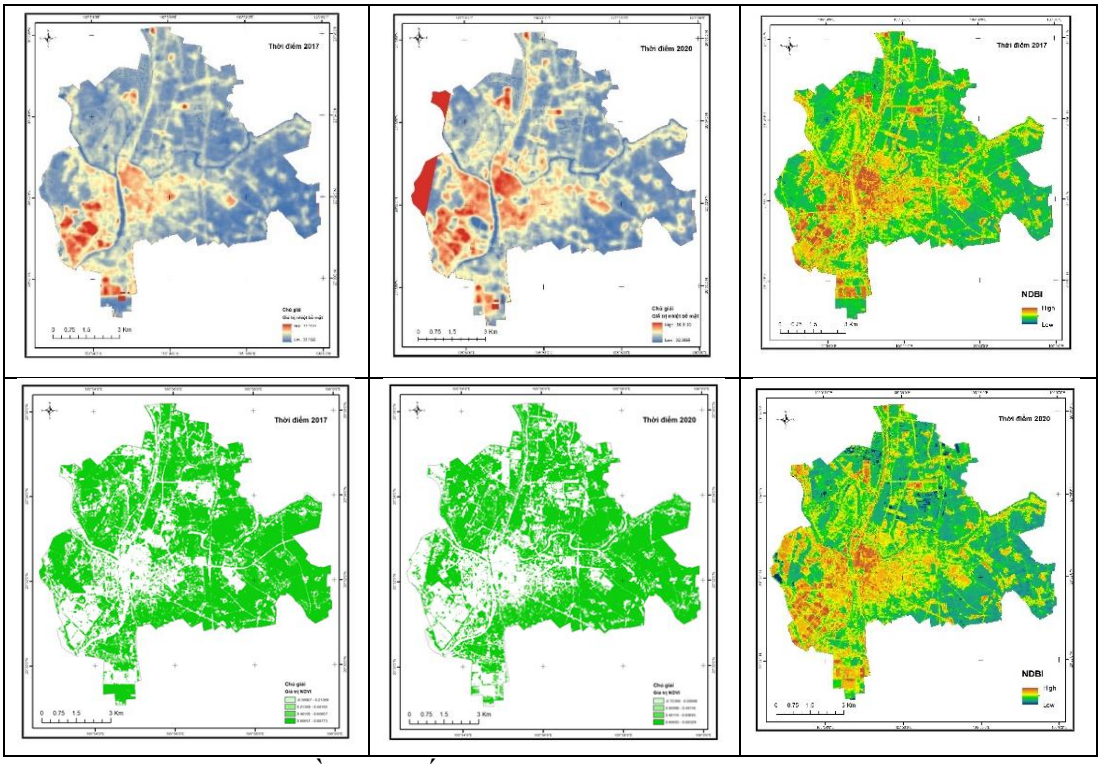
Trong đó $NDVI_{min}$ và $NDVI_{max}$ là các ngưỡng của pixel đất và thảm thực vật.

**3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận**

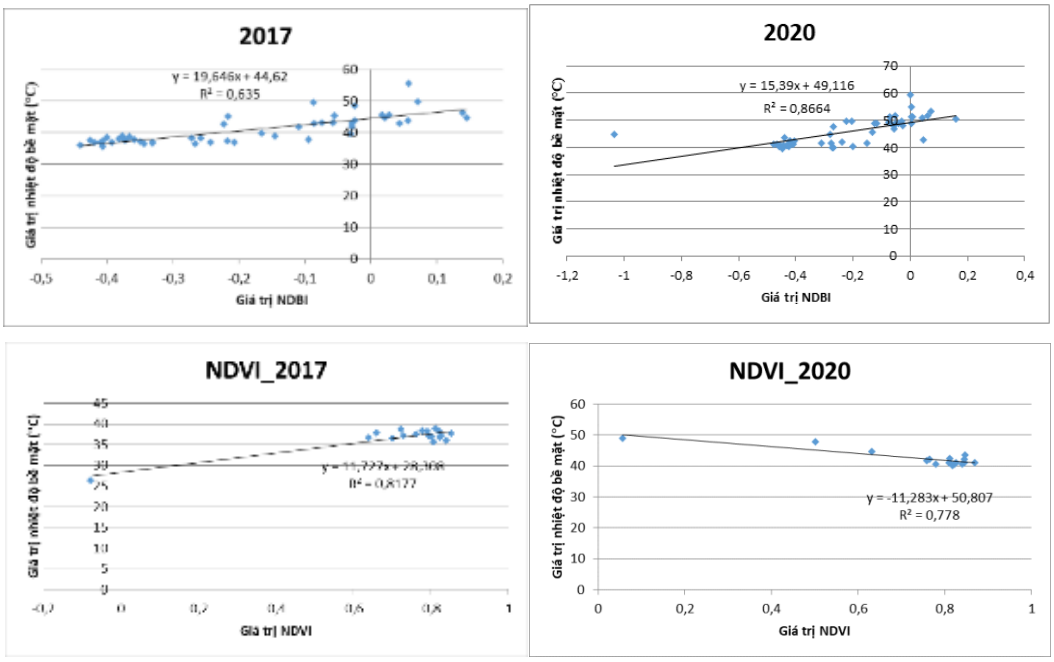
Nhiệt độ bề mặt đất thu được từ dữ liệu vệ tinh biểu thị nhiệt độ bề mặt của mỗi đối tượng trong một pixel, bao gồm một số loại lớp phủ. Áp dụng các công thức mô tả ở trên và phần mềm ArcGIS để xử lý ảnh Landsat-8 và thành lập bản đồ phân bố không gian của LST, NDBI, NDVI khu vực nghiên cứu được thể hiện trong hình 2.

Bản đồ phân bố không gian LST cho thấy sự phân bố không gian của nhiệt độ bề mặt từ thấp đến cao và được thể hiện bằng màu sắc để tạo bản đồ phân bố nhiệt của LST trên khu vực nghiên cứu. Giá trị LST trung bình của năm 2017 và 2020 lần lượt là 22,4$^0$C và 26,9$^0$C, trong

ba năm nhiệt độ đã tăng lên 4.5$^0$C. Cùng với sự gia tăng về nhiệt độ, giá trị NDBI cũng tăng đồng nghĩa với sự gia tăng diện tích bề mặt không thấm, chính điều này là nguyên nhân gây ra hiện tượng tăng nhiệt tại các khu vực nói trên. Còn giá trị NDVI trong ba năm hầu như không thay đổi, chỉ có mật độ thảm thực vật tại các khu vực đô thị và khai thác giảm.




*Hình 2. Bản đồ phân bố không gian của LST, NDBI và NDVI của khu vực nghiên cứu.*




*Hình 3.Mối quan hệ tương quan giữa LST với NDBI và NDVI.*

Khoảng 30 điểm lấy mẫu ngẫu nhiên được chọn từ dữ liệu raster LST, NDVI, NDBI của năm 2020 để đánh giá phân tích tương quan. Phân tích tương quan đã được thực hiện để tìm ra

mối quan hệ giữa LST và NDVI. Qua hai năm 2017 và 2020 NDVI gần như không thay đổi với $R^2$ = 0,8177 và 0,778. Theo quan sát thấy, ở những nơi cơ nhiệt độ cao thì thảm thực vật ít và những nơi có thảm thực vật dày đặc thì nhiệt độ thấp hơn.

Kết quả phân tích tương quan giữa LST và NDBI cho thấy mối quan hệ chặt chẽ và tăng dần theo năm như năm 2017 $R^2$ = 0,635, năm 2020 $R^2$ = 0,8664. Mối quan hệ tích cực giữa NDBI và LST chỉ ra rằng khu vực xây dựng tạo ra nhiều biến đổi nhiệt độ bề mặt và đóng góp trong quá trình tăng nhiệt của bề mặt, chúng gây ra hiện tượng đảo nhiệt đô thị. Mặt khác, lớp phủ thực vật khỏe mạnh đóng một vai trò quan trọng trong hạ nhiệt độ bề mặt.

**4. Kết luận**

Trong bài viết này, dữ liệu Landsat 8 OLI được sử dụng để phân tích mối tương quan giữa LST với NDVI và NDBI. Kết quả cho thấy chỉ số NDBI tăng tại các khu vực đô thị và khu vực khai thác đá xây dựng và tại đây nhiệt độ bề mặt LST cũng tăng cao, như ở Thanh Sơn, Thanh Tân, Thanh Nghị thuộc huyện Thanh Liêm và khu vực thành phố Phủ Lý, nơi tập trung nhiều dân cư sinh sống. Còn ở những nơi thảm thực vật dày đặc như ở huyện Bình Lục, Lý Nhân nhiệt độ giảm. Dựa trên mối tương quan tỷ lệ thuận giữa LST- NDBI có thể sử dụng hai chỉ số này trong nghiên cứu hiện tượng đảo nhiệt đô thị. Ngoài ra có thể kết hợp ảnh Landsat với các ảnh nhiệt khác như ảnh MODIS để tăng độ chính xác về không gian và thời gian, nhằm cung cấp thông tin cho nhà quy hoạch, nhà quản lý môi trường để hỗ trợ ra quyết định tốt nhất về các phương pháp sử dụng đất trong quá trình mở rộng đô thị.

**Tài liệu tham khảo**

1. Lương Văn Việt (2017). *Biến đổi khí hậu*. Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh.
2. Trần Thị Vân (2011). *Ứng dụng viễn thám và GIS giám sát dô thị hóa thành phố Hồ Chí Minh thể hiện qua các mặt không thấm.* Tạp chí phát triển Khoa học và Công nghệ, 14, tr 65-77.
3. Jeevalakshmi, D., Narayana Reddy, S., Manikiam, B. (2017). *Land Surface Temperature Retrieval from LANDSAT data using Emissivity Estimation*. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 20, pp. 9679-9687.
4. P. Macarof, F. Statescu (2017). *Comparasion of NDBI and NDVI as Indicators of Surface Urban Heat Island Effect in Landsat 8 Imagery*: a Case Study of Iasi. Present Environ. Sustain. Dev., 11, pp. 141-150, 10.1515/pesd-2017-0032.
5. I.N. Hidayati, R. Suharyadi, P. Danoedoro (2018*). Developing an Extraction Method of Urban Built-Up Area Based on Remote Sensing Imagery Transformation Index*. Forum Geogr, 32 (2018), pp. 96-108.
6. Carlson, T. N., & Ripley, D. A. (1997). *On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index.* Remote Sensing of Environment, *62(3), 241-252.*
7. Alhawiti RH, Mitsova D.,(2016).*Using Landsat-8 data to explore the correlation between urban heat island and urban land uses*. International Journal of Research in Engineering and Technology 5(3):457-466.

8. Tucker, C. J. (1979). *Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation*. Remote Sensing of Environment, 8(2), 127-150.
9. Coretta M. Jenerette, Cheryl A. Brewer, Susan Silva, and Paula Tanabe (2016). *Does Attendance at a Sickle Cell Educational Conference Improve Clinician Knowledge and Attitude towards Patients with Sickle Cell Disease*. Pain Manag Nurs. 17(3): 226-234.

## ABSTRACT

# USING REMOTE SENSING IMAGES TO DETERMINE THE URBAN LAND SURFACE TEMPERATURE IN HANAM PROVINCE IN THE PERIOD OF 2017-2020

**Le Van Ninh[1], Nguyen Van Thai[1], Nguyen Thanh Do[1,*], Nguyen Van Dung[1], Pham Van Giang[1], Nguyen Thanh Hung[1], Lai Tuan Hiep[1], Nguyen Quoc Khue[1], Ha Van Thach[1], Do Đinh Thang[1], Nguyen Van Thanh[1], Bui Thi Huyen Trang[1], Nguyen Anh Tuan[1], Pham Van Son[1], Tran Thanh Ha[2]**

*[1] Department of Natural Resources and Environment in Ha Nam Province*

*[2] Hanoi University of mining and geology*

*[*] Corresponding author: thanhdo.stnmthn@gmail.com*

The article focused on estimating the land surface temperature and determining the relationship with the normal difference built-up index (NDBI) and the normal difference vegetation index (NDVI) for Ha Nam province using Landsat 8 data. The results showed that the land surface temperature of Ha Nam province has increased by 4.5$^{o}$C from 2017 to 2020, while the NDBI has also increased the most in Phu Ly city and in built mining areas. Meanwhile, the NDVI is almost unchanged in Binh Luc and Ly Nhan districts. This has shown that as the increase in impervious surface area increases, the ground temperature also increases.

*Keywords: LST, NDBI, NDVI, Remote sensing image, urban land surface temperature.*

# ỨNG DỤNG MÔ HÌNH ĐỊA CƠ NGHIÊN CỨU QUY LUẬT DỊCH CHUYỂN BIẾN DẠNG ĐỊA TẦNG ĐẤT ĐÁ VÀ BỀ MẶT ĐẤT DO ẢNH HƯỞNG KHAI THÁC LÒ CHỢ VỈA V7 MỎ THAN NAM MẪU QUẢNG NINH

**Phạm Văn Chung[1], Vương Trọng Kha[1], Nguyễn Việt Hùng[1], Nguyễn Tiến Dũng[1], Huỳnh Trung Hiếu[1], Ngô Thành Trung[2], Đặng Anh Tuấn[3]**

*[1] Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

*[2] Công ty Cổ phần Địa chất Mỏ - TKV*

*[3] Trung tâm Đào tạo nghiệp vụ Địa hình Quân sự - Cục Bản đồ - Bộ tổng tham mưu*

*Tác giả liên hệ: phamvanchung@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Sử dụng mô hình địa cơ để phân tích các quy luật dịch chuyển biến dạng địa tầng đất đá và bề mặt đất do ảnh hưởng lò chợ cơ giới khai thác vỉa V7, mô hình này tập trung giải quyết bài toán đồng nhất, đẳng hướng của khối đá. Các quy luật dịch chuyển biến dạng đất đá đã xác định được phân bố ứng suất, sự phát triển của vùng phá hủy, chiều cao vùng phá hủy, quy luật thứ tự sắp xếp giữa các lớp, vec tơ dịch chuyển biến dạng, độ lún cực đại, góc dịch chuyển biên. Trong phạm vi bài báo, tác giả sử dụng chương trình Rockdata xác định mô đun đàn hồi (E), lực dích kết (C) và góc nội ma sát trong (φ) đưa vào mô hình địa cơ và sử dụng phần mềm Rocscience 2.0 tính toán độ lún cực đại theo hướng dốc xác định được η = -1,150m, theo đường phương η = -1,186m. Góc dịch chuyển $\beta 0 = 47^0$

**Từ khóa:** Dịch chuyển biến dạng, Mô hình địa cơ, Mô đun đàn hồi.

## 1. Đặt vấn đề

Hiện nay, có nhiều phương pháp được ứng dụng để nghiên cứu dịch chuyển biến dạng đất đá, trong đó có phương pháp lý thuyết dựa trên nền tảng phương pháp phần tử hữu hạn để xác định trạng thái ứng suất biến dạng trên mô hình địa cơ, sử dụng mô hình địa cơ xác định được các thông số dich chuyển biến dạng, phá huỷ toàn bộ môi trường khối đá mỏ trong vùng ảnh hưởng của lò chợ [2]. Trong quá trình biến đổi trạng thái ứng suất của khối đất đá có thể tiến đến trạng thái ổn định hoàn toàn, hoặc trạng thái mất ổn định ở các mức độ khác nhau, nó có thể làm mất thế cân bằng lực nên các lớp đất đá vách (nóc lò) sẽ uốn võng và sập đổ [2],[3]. Hiện tượng này sẽ giảm dần khi đất đá lấp đầy khoảng trống khai thác hoặc sẽ lan truyền lên phía trên và thậm chí lên tới mặt đất nếu đất đá yếu và độ sâu khai thác không lớn.

Như vậy, để giải quyết các bài toán mô hình môi trường đàn hồi, liên tục trong các công trình của các nhà nghiên cứu như: A. D. Xashurin, V. E. Bolicov, A. B. Makarov [13]. Từ năm 2011 đến nay đã có một số công trình nghiên cứu dịch chuyển biến dạng bằng mô hình vật liệu tương đương được công bố trong nhiều tài liệu khác nhau [1], [7], [8], [9], [10], [11]. Tuy nhiên, qua các tài liệu đó cho thấy việc nghiên cứu mất nhiều công sức, thực hiện trên mô hình nhỏ, nên hệ số tương đương lớn. Nghiên cứu mang tính lý thuyết các công trình đã công bố của nhóm thực hiện đề tài này, để dự báo lún sụt cũng được một số chuyên gia thực hiện. Nguyễn

Anh Tuấn và nnc (2011) đã sử dụng chương trình Phase2 phân tích lún sụt và quá trình biến đổi cơ học khi khai thác hỗn hợp hầm lò, lộ thiên [10]. Phạm Văn Chung (2018) nghiên cứu xây dựng mô địa cơ do ảnh hưởng khai thác lò chợ cơ giới vỉa dày đã xác định được hệ số KC =1.2 cho vùng Quảng Ninh và tính toán xác định quy luật dịch chuyển biến dạng [2].

Trong phạm vi bài báo này, tác giả sử dụng chương trình Rockdata tính toán mô đun đàn hồi (E), lực dích kết (C) và góc nội ma sát trong (φ) làm dữ liệu đầu vào cho mô hình địa cơ và sử dụng phần mềm Rocscience 2.0 để nghiên cứu quy luật dịch chuyển biến dạng vỉa 7 mỏ than Nam Mẫu

**2. Khái quát khu vực nghiên cứu**

Mỏ than Nam Mẫu thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam có vị trí địa lý cách đường quốc lộ 18 vào khoảng 25 km, cách thị Xã Uông Bí về phía tây khoảng 25 km. Phía tây cách chùa Yên Tử khoảng 4 km. Phía đông giáp mỏ than Vàng Danh.

Là khu vực không có dân cư, có tiềm năng phát triển về các mặt kinh tế, xã hội, hỗ trợ phát triển Lâm nghiệp như trồng rừng.

Hiện nay mỏ Nam Mẫu tập trung khai thác tập vỉa gồm vỉa 4, 5, 6, 7 trụ, 7, 8, và vỉa 9. Mở vỉa theo phương pháp lò bằng kết hợp với lò bằng vào các vỉa vào giữa ruộng than, lò dọc vỉa theo vỉa vào 2 cánh phân chia ruộng than thành từng khu vực theo các hệ thống đứt gẫy. Sử dụng công nghệ khai thác cột dài theo phương, chống lò bằng gỗ hoặc bằng giá thuỷ lực. Điều khiển đá vách bằng phá hoả toàn phần. Than được vận tải từ lò chợ bằng hệ thống tự chảy hoặc máng trượt, tại các đường lò đá vận tải bằng xe goòng. Mấy năm trước mỏ than Nam Mẫu khai thác lò chợ cơ giới hóa cho vỉa 7 ở các mức khác nhau [12].

Khu vực nghiên cứu đặt trạm quan trắc dịch chuyển biến dạng đất đá và bề mặt có các điểm toạ độ ghi ở bảng 2.1 [4].

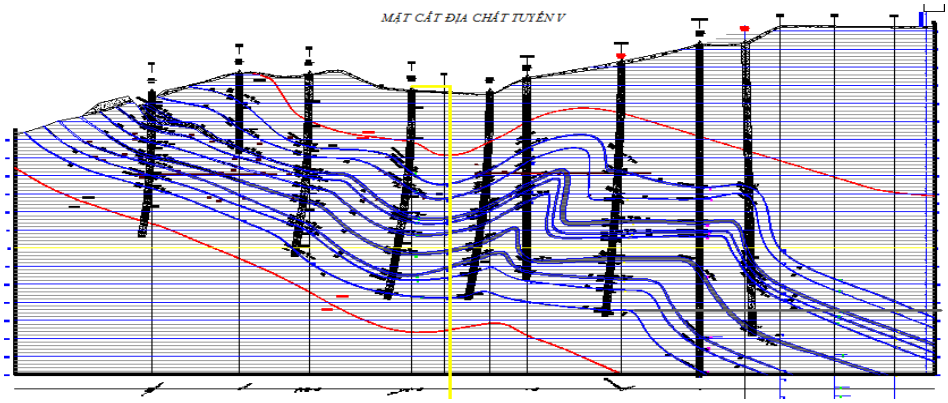
*Bảng 2.1: Tọa độ giới hạn khu vực trạm quan trắc*

| Điểm | X | Y |
|---|---|---|
| A | 40400 | 368900 |
| B | 40400 | 370300 |
| C | 39100 | 368900 |
| D | 39100 | 370300 |

Các điều kiện địa chất thế nằm vỉa 7 thể hiện bảng 2.2. Tuyến địa chất V đi qua khu vực nghiên cứu thể hiện trên hình 2.1.

*Bảng 2.2: Điều kiện địa chất vỉa 7*

| STT | Các thông số của lò chợ | Đơn vị | Vỉa than<br>Vỉa 7 |
|---|---|---|---|
| 1 | Mức khai thác | m | -80 ÷ -25 |
| 2 | Chiều dày vỉa | m | 8 |
| 3 | Góc dốc vỉa | độ | 30-45 |
| 4 | Chiều dày đất phủ | m | 10 |
| 5 | Chiều dài lò chợ theo hướng dốc | m | 110 |
| 6 | Chiều dài lò chợ theo phương | m | 600 |
| 7 | Chiều sâu trung bình của lò chợ | m | 380 - 400 |




*Hình 2.1: Mặt cắt tuyến địa chất V [12]*

**3. Tính toán mô đun đàn hồi cho mô hình địa cơ mỏ than Nam Mẫu**

Trong quá trình thi công địa chất công trình ngoài việc lấy mẫu thí nghiệm tại các tuyến V còn lấy thêm các lỗ khoan LK-24, LK-NM20, LK-NM51 tuyến VA, LK-36, LK-38A, LK-82 tuyến VI, LK-CG16, LK-NM27, LK-CG17, LK-NM28 tuyến III cho thấy độ bền nén (σ) của cát kết dao động trong khoảng 99.6 ÷125.9 MPa lấy trung bình 114 MPa, bột kết dao động từ 30 ÷56.9 MPa lấy trung bình 42 MPa, sét kết dao động từ 17.1 ÷ 42 MPa lấy trung bình 31 MPa và độ bền của than 17.1 Mpa [6]. Sử dụng chương trình Rockdata xác định mô đun đàn hồi (E), lực dích kết (C) và góc nội ma sát trong (φ) ghi ở bảng 3.1

Để tính toán dịch chuyển biến dạng cho mỏ than Nam Mẫu Quảng Ninh, cần nghiên cứu xây dựng mô hình địa cơ tác giả đã đề xuất mô đun đàn hồi EC = KC.ER (trong đó ER mô đun đàn hồi tính ra từ Rockdata, KC=1,24) [2], các chỉ số khác như lực dính kết, góc nội ma sát trong giữ nguyên. Kết quả chạy trên RS2 với sự thay đổi lực dính kết, góc nội ma sát cho kết quả biến dạng không thay đổi đáng kể trên mô hình. Như vậy, kết quả xác định các thông số E, C, φ đầu vào để chạy cho mô hình địa cơ và tính toán với trạng thái đàn hồi dẻo mỏ than Nam Mẫu Quảng Ninh ghi ở bảng 3.2.

*Bảng 3.1: Kết quả xác định E, C, φ mỏ than Nam Mẫu theo Rockdata*

| TT | Loại đá | Độ bền nén σ (MPa) | Chỉ số bền địa chất (GSI) | Chỉ số phá hoại do nổ mìn (D) | Hằng số vật liệu ($m_i$) | Mô đun đàn hồi E (MPa) | Lực dính kết C (MPa) | Góc nội ma sát trong φ (độ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cát kết | 114 | 45 | 0.8 | 17 | 2115 | 0.807 | 42.358 |
| 2 | Bột kết | 42 | 37 | 0.8 | 7 | 691.36 | 0.324 | 23.276 |
| 3 | Sét kết | 31 | 11 | 0.8 | 4 | 244.03 | 0.41 | 12.281 |
| 4 | Than | 17.1 | 8 | 0.8 | 4 | 93.01 | 0.059 | 3.5 |

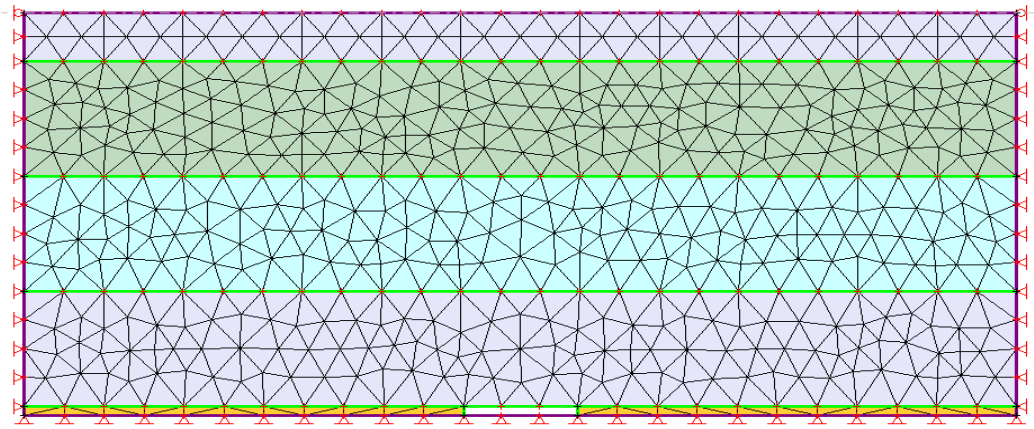
*Bảng 3.2: Kết quả xác định E, C, φ mỏ than Nam Mẫu*

| TT | Hệ số | Cát kết | Bột kết | Sét kết | Than | Ghi chú |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $E_C$ | 2628.788 | 860.368 | 303.637 | 93.01 | |
| 2 | C | 42.358 | 23.276 | 12.281 | 3.50 | |
| 3 | φ | 0.807 | 0.324 | 0.41 | 0.059 | |

## 4. Tính toán dịch chuyển biến dạng khi khai thác lò chợ cơ giới hóa theo hướng dốc trên mô hình địa cơ

### *4.1. Sơ đồ tính toán*

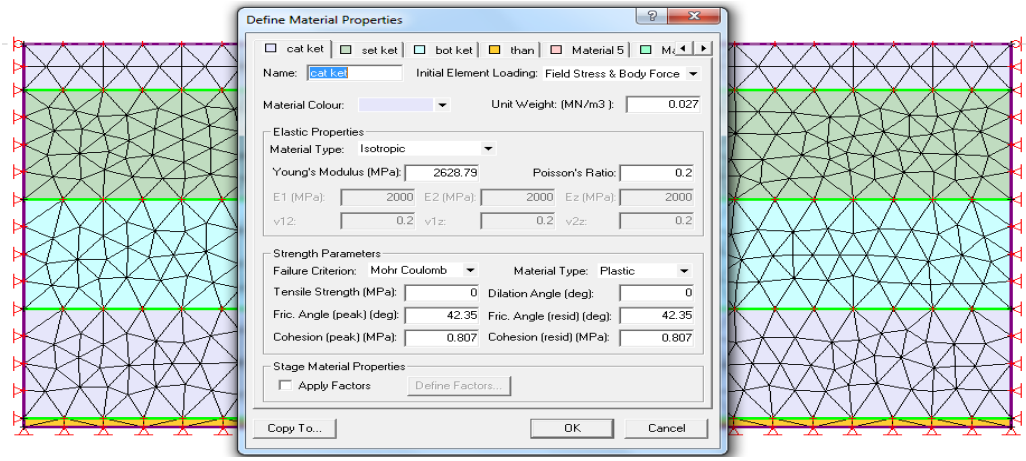
Ứng dụng mô hình địa cơ ở trên, các tham số đầu vào trong quá trình tính toán là các giá trị E, C, φ được đưa phần mềm Rocscience 2.0, tác giả lấy một mặt cắt đại diện để tính toán cụ thể là mặt cắt tuyến V và xem các lớp đất đá của nó song song với nhau. Địa tầng của đất đá bao gồm: cát kết, bột kết, sét kết và than với các tham số cơ học. Miền tính toán của mô hình lấy chiều rộng và chiều cao là 700x300 m so với chiều rộng thực tế mặt cắt 1400x450 m, tuy nhiên khu vực đặt trạm quan trắc dịch động vỉa 7 giới hạn từ lỗ khoan LK7 đến biên giới ngoài là 500 m, mức khai thác vỉa 7 từ -80 đến mặt đất là 250 m, nghĩa là chiều cao khoảng 330 m. Do vậy, tác giả nghiên cứu mô hình là 700x300 là hợp lý so thực thế và thể hiện trên hình 4.1



*Hình 4.1: Sơ đồ tính toán*

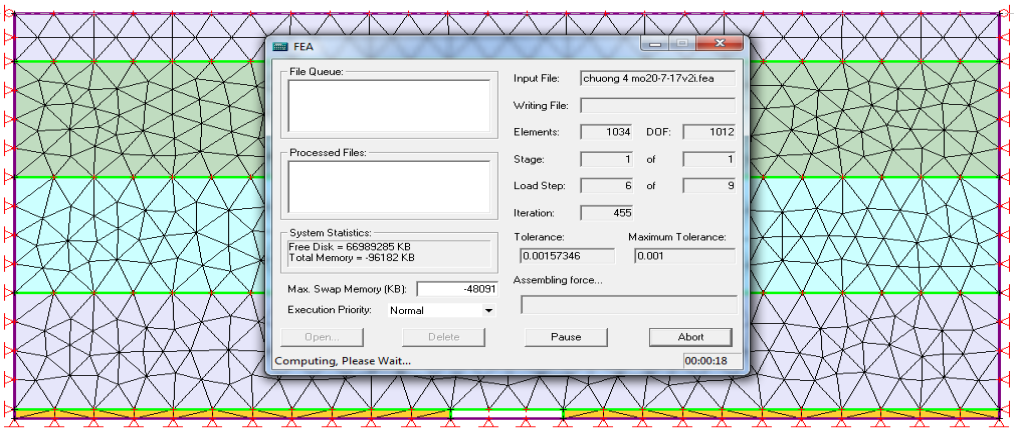
### *4.2. Tính toán xác định dịch chuyển biến dạng*

Hệ thống khai thác cột dài theo phương, chống lò bằng giá thuỷ lực. Điều khiển đá vách bằng phá hoả toàn phần, chiều dầy vỉa than 8m, chiều dài lò chợ 80m. Nhập các thông số cát kết, bột kết, sét kết và than cho mô hình thể hiện hình 4.2.



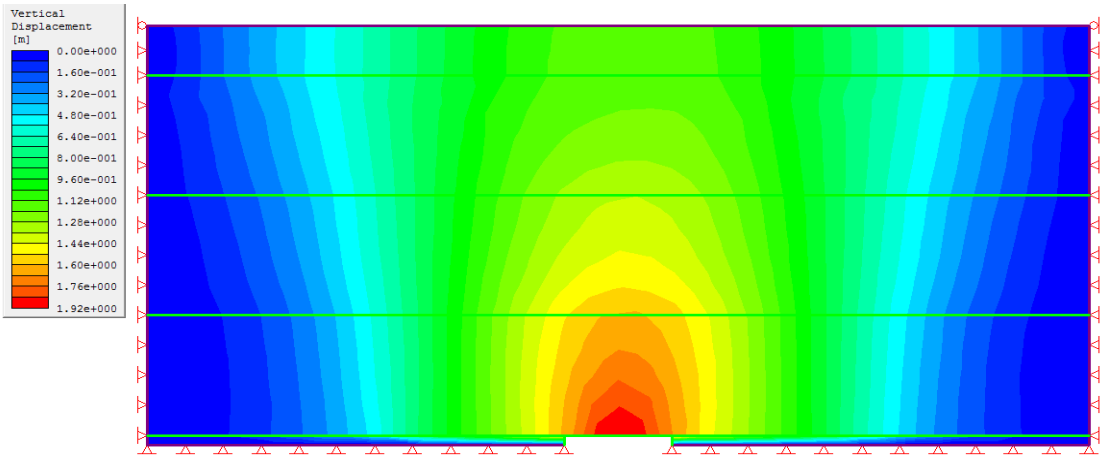

*Hình 4.2: Nhập các thông số cho mô hình*

Sau khi nhập xong các thông số, phần mền tự động chạy vòng lặp tính toán dịch chuyển biến dạng thể hiện hình 4.3.

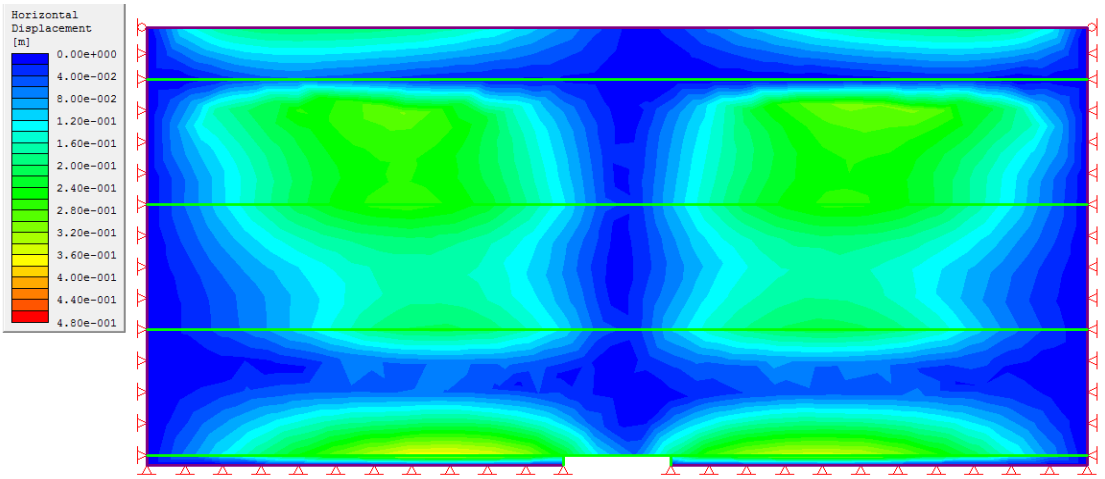



*Hình 4.3: Quá trình chạy vòng lặp tính dịch chuyển biến dạng*

Kết quả tính toán xác định độ lún, biến dạng ngang thể hiện hình 4.4, 4.5.

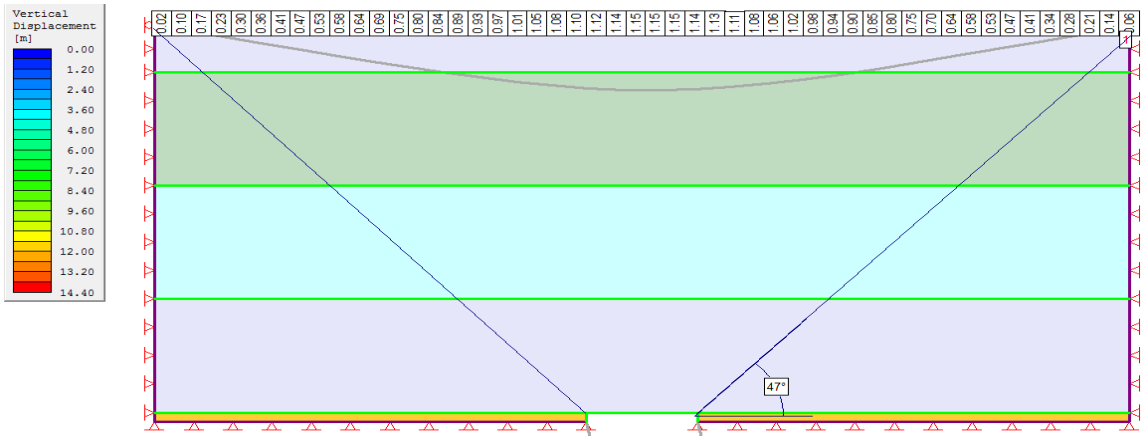



*Hình 4.4: Biểu đồ độ lún các lớp đất đá do ảnh hưởng khai thác hầm lò*

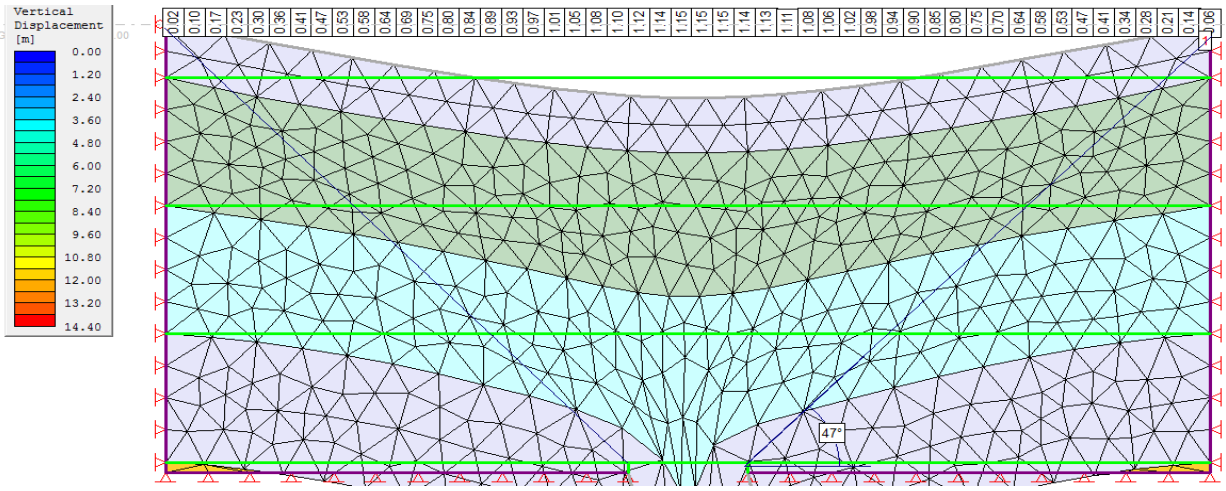



*Hình 4.5: Biểu đồ mô tả biến dạng ngang*

Xác định độ lún và góc dịch chuyển thể hiện hình 4.6. Biểu đồ mô tả quá trình dịch chuyển của từng lớp đất đa thể hiện hình 4.7.

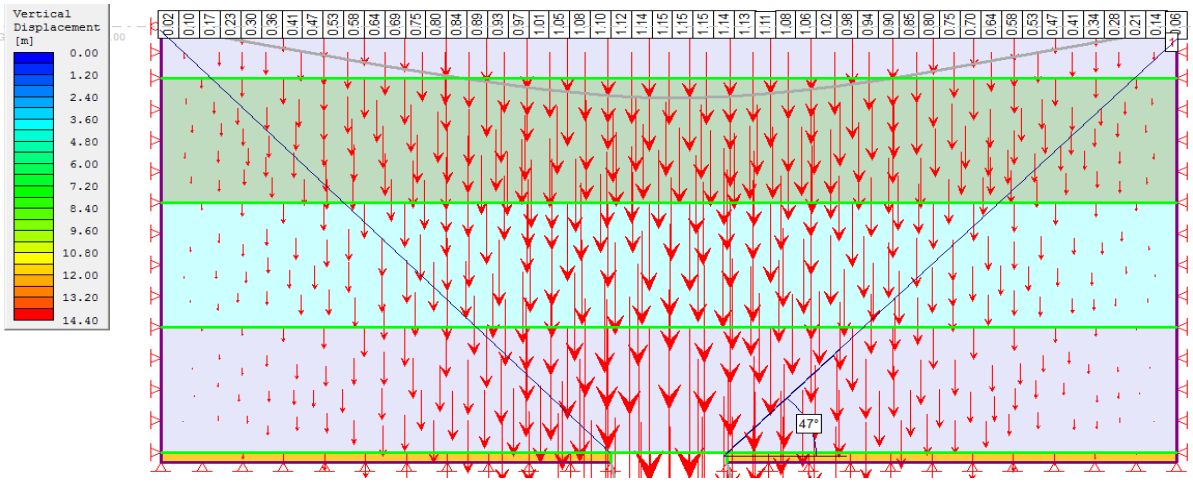



*Hình 4.6: Biểu đồ xác định độ lún và góc dịch chuyển theo hướng dốc*

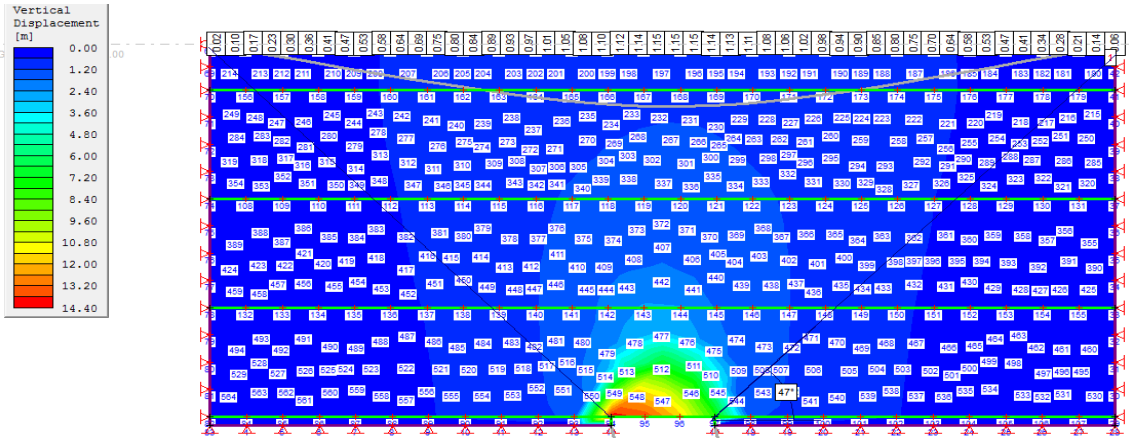



*Hình 4.7: Biểu đồ dịch chuyển biến dạng của các lớp đất đá*

Véc tơ dịch chuyển theo thời gian thể hiện hình 4.8. Biểu đồ phân bố các phần tử hữu hạn trong mô hình thể hiện hình 4.9.




*Hình 4.8: Biểu đồ biểu diễn véc tơ dịch chuyển theo thời gian*




*Hình 4.9: Biểu đồ phân bố các phần tử hữu hạn trong mô hình*

### *4.3. Phân tích trên mô hình địa cơ*

Ở hình 4.4 độ lún trên mặt đất thể hiện đường màu đỏ có giá trị lớn nhất, đường màu xanh có giá trị nhỏ nhất, và kết quả tính toán xác định độ lún cực đại η = 1.150 m, góc dịch chuyển biên $\beta_0 = 47^0$ thể hiện hình 4.6

Trên hình 4.6, 4.7 là tập hợp các kết quả phân tích độ lún trên mặt đất, thể hiện qua sự biến hình của lưới phần tử hữu hạn, cho thấy khi khai thác ở độ sâu nhất định, vùng sụt lún rộng thêm trên mặt đất, nhưng độ cong giảm dần, cũng có nghĩa là khi khai thác càng sâu thì khả năng gây phá hủy làm trượt, đổ các công trình kiến trúc có thể càng giảm. Điều này chứng tỏ rằng càng khai thác xuống sâu và đến một độ sâu khai thác an toàn thì dịch chuyển biến dạng không lan truyền lên đến bề mặt đất.

Trên hình 4.6 thể hiện dịch chuyển biến dạng các lớp đất đá cho thấy rằng có ba vùng rõ rệt: vùng dịch chuyển hoàn toàn ở gần nóc lò tạo ra như hình chữ V, phía trên nữa là vùng uốn võng và vùng đất đá chịu nén

Trên hình 4.8 được thể hiện thông qua chiều véc tơ dịch chuyển, giá trị độ lớn véc tơ tăng dần đi từ mặt đất xuống nóc lò chợ và đạt giá trị cực đại tại vị trí nóc lò chợ. Càng xa vị trí trung tâm lò chợ véc tơ dịch chuyển có giá trị càng bé thể hiện vùng đất đá chịu nén.

Trên hình 4.9 cho thấy các phần tử hữu hạn trên mô hình phân bố đồng nhất, sắp xếp theo quy luật nhất định, vùng phá hủy phát triển chủ yếu phía trên nóc khu vực khai thác, với chiều cao và hình thái phụ thuộc vào thế nằm và khoảng cách tương đối của khu vực khai thác đến mặt đất. Cũng nhận thấy là, khi tiến hành khai thác, trên mặt đất có thể xuất hiện các vùng phá hủy ở lân cận do quá trình lún, biến dạng tổng thể, gây phá hủy kéo, xuất hiện trên biên trên của miền nghiên cứu.

Như vậy, để đảm bảo độ chính xác và tin cậy kết quả chạy trên mô hình địa cơ, bài báo xác định độ lún cực đại trên mô hình và kiểm chứng kết quả quan trắc dịch động tại mỏ than Nam Mẫu được thể hiện bảng 4.1.

*Bảng 4.1: Kết quả so sánh các giá trị dịch chuyển*

| Giá trị | Mô hình địa cơ | Quan trắc thực địa | Ghi chú |
|---|---|---|---|
| η | -1,150 m | -1,082 m | Theo hướng dốc |
| η | -1,186 m | -1,185 m | Theo đường phương |
| $\beta_0$ | $47^0$ | $45^0$ | |

Với kết quả kiểm chứng trên mô hình cho thấy các thông số và đại lượng dịch chuyển trên mô hình địa cơ gần sát với thực tế

**5. Kết luận**

1. Mô hình địa cơ xác định được các thông số dịch chuyển biến dạng cho mỏ than Nam Mẫu có độ tin cậy cao nhờ so sánh kết quả thông số và đại lượng dịch chuyển quan trắc thực địa về cơ bản giá trị như nhau

2. Mô hình địa cơ tính toán cho lò chợ theo hướng dốc đã xác định được biến động các lớp đất đá xung quanh lò chợ cũng như địa tầng đất đá và bề mặt đất cụ thể xác định góc dịch chuyển biên $\beta_0 = 47^0$, độ lún cực đại $\eta$ = -1,150m theo hướng dốc và theo đường phương $\eta$ = -1,186m. Xác định được chiều cao vùng sập đổ, bước sập đổ của đá vách khi khai thác vỉa dày bằng lò chợ cơ giới hóa. Xác định vùng uốn võng liên tục, vùng uốn võng có kẽ nứt và bồn dịch chuyển trên bề mặt đất. Như vậy, mô hình địa cơ cho phép nghiên cứu dịch chuyển biến dạng địa tầng đất đá và bề mặt đất một bức tranh tổng thể quá trình dịch chuyển biến dạng.

**Tài liệu tham khảo**

1. Trần Trung Anh (2012), *Quan trắc dịch chuyển đất đá và biến dạng bề mặt trên mô hình vật liệu tương đương bằng công nghệ đo ảnh*. Tạp chí KHKT Mỏ- Địa chất, số 39, 7/2012, (Chuyên đề Trắc địa mỏ), tr.5-10

2. Phạm Văn Chung (2018). Luận án tiến sĩ: *Nghiên cứu xây dựng mô hình biến động địa cơ khu vực lò chợ cơ giới khai thác vỉa dày ở một số mỏ than hầm lò Quảng Ninh*, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

3. Phạm Văn Chung, Phùng Mạnh Đắc, Vương Trọng Kha (2018), *Xây dựng mô hình địa cơ xác định mô đun đàn hồi cho bể than Quảng Ninh do ảnh hưởng lò chợ cơ giới khai thác vỉa dày*. Tạp chí Công nghiệp mỏ số 3 năm 2018, tr. 86 -90

4. TS. Phùng Mạnh Đắc (2004-2006), *Nghiên cứu lựa chọn các giải pháp kỹ thuật và công nghệ hợp lý để khai thác than ở các khu vực có di tích lịch sử, văn hóa, công trình công nghiệp và dân dụng. Phần "Xây dựng trạm quan trắc và quan trắc sụt lún bề mặt khu vực khai thác hầm lò vỉa 9b mỏ than Mạo Khê, Nam Mẫu, Hà Lầm, Mông Dương"*, Đề tài cấp nhà nước, Việt Nam

5. ThS Đặng Thanh Hải (2016), *Phát triển áp dụng cơ giới hóa đào lò và khai thác tại các mỏ hầm lò vùng than Quảng Ninh giai đoạn 2013 - 2015, lộ trình đến năm 2020*, Mã số: KC.01.Đ.01-13/08-10-15, Đề tài cấp tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam

6. Phạm Đại Hải (2011-2013), *Nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu địa cơ mỏ phục vụ nhu cầu phát triển cơ giới hóa, hiện đại hóa khai thác than ở Việt Nam*, Đề tài trọng điểm cấp Bộ Công Thương

7 Nguyễn Tam Sơn và nnc (2012), *Nghiên cứu xác định các thông số dịch chuyển, biến dạng đất đá khi khai thác vỉa dày bằng phương pháp hầm lò trên mô hình vật liệu tương đương.* Viện Khoa học Công nghệ Mỏ 2012.

8 Nguyễn Văn Sỹ, Trần Văn Thanh, Lê Tiến Dũng (2012), *Xác định các thông số dịch chuyển đất đá do ảnh hưởng của khai thác hầm lò đến bề mặt khoáng sản than Mông Dương-Khe Chàm trên mô hình tương đương*. Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học lần thứ 20, Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, 15/11/2012.

9 Nguyễn Anh Tuấn, Lê Đức Nguyên, Nguyễn Văn Sỹ (2011), *Đánh giá kết quả nghiên cứu*

*ảnh hưởng của dịch động trong sơ đồ khai thác hỗn hợp hầm lò-lộ thiên trên mô hình vật liệu tương đương.* Thông tin Khoa học công nghệ Mỏ số 12/2011.
10 Nguyễn Anh Tuấn, Lê Đức Nguyên, Lê Quang Phục (2011), *Nghiên cứu ảnh hưởng dịch động trong sơ đồ khai thác hỗn hợp hầm lò-lộ thiên bằng mô hình số*. Thông tin Khoa học công nghệ Mỏ số 11/2011.
11 Nguyễn Anh Tuấn, Đào Hồng Quảng, Lê Đức Nguyên (2012), *Nghiên cứu dịch chuyển biến dạng đất đá mỏ trong khai thác than hầm lò vùng Quảng Ninh trên mô hình vật liệu tương đương.* Thông tin khoa học công nghệ mỏ số 10/2012. Tr.18-23.
12 *Báo cáo địa chất mỏ than Nam Mẫu*
13. *Методические указания по определению процесса сдвижения горных пород, охране сооружений и горных выработок на месторождениях цветных металлов* [Текст]. Л.: ВНИМИ, 1971. - 66 с

## ABSTRACT

# APPLICATION OF GEO-MACHENICAL MODELS ON DETERMINING THE LAW OF DISPLACEMENT AND DEFORMATION OF STRATA AND MINING GROUND DUE TO EXCAVATING ACTIVITIES AT THE WORKING TUNNEL OF THE SEAM V7 IN NAM MAU COAL MINE, QUANG NINH

**Pham Van Chung[1], Vuong Trong Kha[1], Nguyen Viet Hung[1], Nguyen Tien Dung[1], Huynh Trung Hieu[1], Ngo Thanh Trung[2], Đang Anh Tuan[3]**

*[1] Hanoi University of Mining and Geology;*

*[2] Mining Geology Joint Stock Company - TKV;*

*[3] Military topography professional training center - Defense mapping agency - General; Staff of the Vietnam People's Army*

*Corresponding author: phamvanchung@humg.edu.vn*

This paper presents the usage of a geomechanical model to analyze, predict the displacement and deformation of strata and ground surface due to the machine - based exploitation at working tunnels of V7 seam in the Mong Duong underground coal mine. The model can be used to solve the problem of both homogeneity and isotropy rocks. The rule of strata's displacement and deformation determines the stress-strain distribution, the development of the hight and magnitude of damaged zones, the characters of structure, the organization of layers and the cross-section of mining structures, the deformation vector, the maximum subsidence, movement angels. In this paper, the Rockdata formula was used to identify elasticity modul (E), adherence bond (C), and internal friction angle. The result produced by Rocscience showed slope η = -1,150m, in the direction of η = -1,186m. Displacement angle $\beta 0 = 47^0$

*Key words:* Deformation, geomechanical model, elasticity modul

# LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY ASSESSMENT USING FREQUENCY RATIO: A CASE STUDY IN SONLA PROVINCE

**Lai Tuan Anh[1], Quang Thanh Bui[2]**

[1]*Facculty of Water Resources Engineering, Thuyloi University, Hanoi, Viet Nam*

[2]*Faculty of Geography, university of Science, Viet Nam National University,*

*Corresponding author: laituananhtlu@gmail.com*

Landslide susceptibility map is very important for engineers, geologists and land use planners for prevention and mitigation of landslide hazard in the area. Over the last few decades, many researchers have produced landslide susceptibility maps using different techniques including the probability method (frequency ratio), the analytical hierarchy process (AHP), bivariate, multivariate, logistics regression, fuzzy logic and artificial neural network (ANN). In this study, landslide susceptibility map of Son La province was carried out using GIS based frequency ratio (FR) method. Nine influential causative factors for landslide occurrence were used for this purpose including slope, aspect, elevation, land cover, rainfall, stream density, distances from fault, road and stream. The landslide inventory of total 1196 landslides was divided randomly such that 70% were used for training and remaining 30% for validating result by receiver operating characteristics curve analysis. The area under the curve (AUC) was found to be greater than 0.8 indicating an acceptable susceptibility map obtained using FR method in GIS for area. The landslide susceptibility map produced in the present study helps to aid decision makers in proper land use management and planning.

**Key words:** landslide, model, Frequency Ratio, risk, Son la

## 1. Introduction

Landslides are referred to as geological events involving the down-slope transport of soil or rock materials, and an assessing of their susceptibility constitutes is a major task for local authorities to plan land use and mitigation [1]. Landslide susceptibility mapping (LSM) has been known as an effective tool to understand landslides and predict landslide-prone areas [2] and it addresses the propensity of soil or rock to produce various types of landslides, with susceptibilities expressed cartographically in maps that highlight the spatial distribution of potential slope-failure susceptibility [3].

In literature, various methods have been carried out to assess landslide susceptibility with the aid of GIS, including statistical approaches, probabilistic approaches, data mining approaches, etc. For statistical approaches, it can be farther classified into logistic regression [10,14,16], bivariate statistical analysis [7,10], multiple linear regression [21] and discriminant analysis. Among them, bivariate statistical analysis has been most frequently used to landslide susceptibility assessment [11]. Bivariate statistical is quantitative technique, which mainly rely on evaluating the probability of sliding by analyzing the relationship between causative factors and landslide inventory [14]. Quantitative techniques for landslide susceptibility assessment,

include logistic regression model, weight of evidence model, frequency ratio, fuzzy logic and support vector machine [17-20]. Each of them has its own advantages and disadvantages. The results of qualitative analysis method highly depend on the expertise of researcher and any different criteria with the consent of the expert can easily be conceded to the assignment of weighted values [7]. Bivariate statistical analysis method can obtain the impact of each conditioning factor class on landslide occurrence, but it does not consider the relationship between these factors and landslide occurrence [19].

There are a lot of research [20] [22], [23], which accessed the landslide susceptibility in Vietnam but there are until now no research in landslide susceptibility assessment has been conducted before in Son La, where landslide occurs quite frequently. So, the aim of this study is to generate an LSM in Son La province using FR model.

The FR is a bivariate statistical method that is simple to implement with accurate results [3,10,12]. Statistical approaches are based on the relationships between each landslide-related factor and the distribution of past landslides, and this correlation can be quantitatively evaluated using the FR model [19]. The nine landslide-correlated factors were used to establish this relationship with landslide.

## 2. Materials and Method

### *2.1 Study area*

The study area located in Son La Province, North of Viet Nam (Figure 1), which lies within between 20°34' and 22°00' latitude, and 103°09' and 104°54' longitude, and covers an area of 14,055km2 with size 185.2 km in the east-west direction and 204.4 km in the south-north direction. The average altitude is from 600 to 700 m above sea level and slope angle values ranges from 0° to 87°, as well as steep slopes are very common.

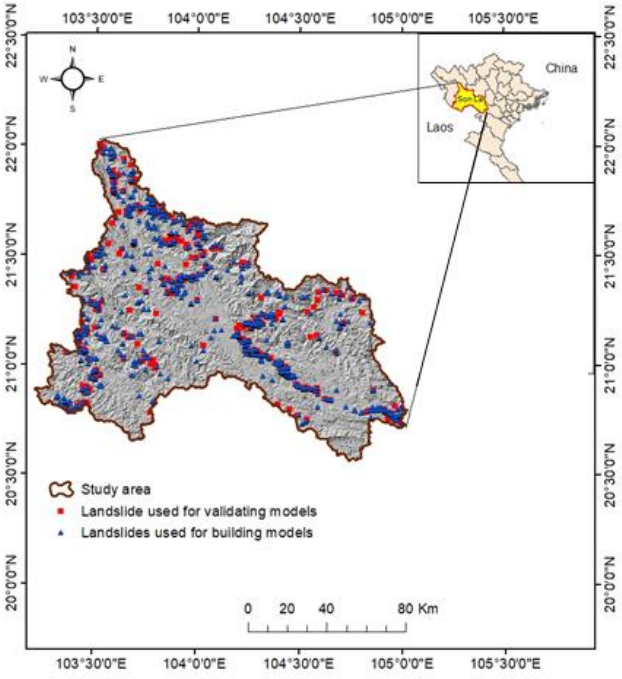



*Figure 1: Landslide inventory map and location of the study area*

### *2.2 Landslide inventory map*

The available employed data in this study include landslide inventory and landside causative factors (consist of environmental and triggering factors). Landslide inventory map was produced through various sources: earlier reports, historical records, Google earth images, and extensive field surveys in the study area. Figure 2 shows available images in Google Earth in 2014. A total of 1196 landslides (Figure 1) past and present landslides were identified and collected. Out of which, 837 (70%) landslides are randomly selected for modelling and the remaining 359 (30%) landslides were used for validating the model.




*Figure 2. An example of the landslides detected by Google Earth in the study area*

### *2.3. Landslide causative factors*

Spatial distribution and intensity of the landslides are significantly controlled by the surrounding topography, geology, tectonic features, weather conditions, landcover and anthropogenic factors.

Based on similar studies [5], [6], [9], [13], [15], [23], [24], [25] and relevance to landslide susceptibility, nine conditioning factors were selected representing mainly the primary local terrain conditions. Figure 3 shows the slope angle, slope aspect, elevation, distance from rivers, distance from faults, distance from the road, stream density, rainfall and landcover maps after processing and analyzing using ArcGIS software. Furthermore, the classes of individual conditioning factors are reported in Table 1.

Among them, slope angle, slope aspect, stream and altitude for the area were derived from ASTER Global DEM of 30m*30m resolution. Landcover was derived from LANDSAT8. The DEM and Landsat image can download from the website [26].

Distance to faults, distance to roads and distance to stream were created using a 1:25,000 scale topographic map, and rainfall map was created from the mean annual precipitation according to the local meteorological department.

### *2.4 Methodology*

2.4.1 Preparation of Training and Validation Datasets

For landslide susceptibility modeling, landslide locations should be divided into training and validation datasets: the first one is used for building models and the other for validating

models. In this study, the specific dates of each landslide occurrence are mostly unknown; therefore, we randomly split these landslide locations into two subsets with a 7:3 ratio. The first is used for model construction, whereas the second is for model validation.

2.4.2 Landslide Susceptibility Modeling

To explore the relationship between the training inventory dataset and the landslide causative factors, difference methods can be applied based on GIS. Especially in the last 20 years, many research papers were published in order to solve the deficiencies and difficulties in the assessment of susceptibility. However, it should be noted that the procedure of preparing landslide susceptibility maps must be simple and must have a high accuracy. The FR model is one type of statistics-based approach widely used in landslide susceptibility analysis [19]. In the FR model, input processes, calculations, and output processes are very simple and can be readily understood. Therefore, in this study, landslide susceptibility analyses were implemented using this method.

2.4.3 Frequency Ratio Method

In this method, the number of landslide pixels in each class has been evaluated and the frequency ratio for each factor class is found by dividing the landslide ratio by the area ratio denoted as:

$$FR_{i,j} = \frac{Npix(S_{i,j}) / \sum_j N_{pix}(S_{i,j})}{Npix(\mathrm{N}_{i,j}) / \sum_j N_{pix}(\mathrm{N}_{i,j})} \quad (1)$$

where FRi,j is the frequency ratio of class j in factor i; Npix(Si,j) is the number of pixels of landslide occurrence within class j in factor i; Npix Ni,j is the number of pixels of class j in factor i. In relation analyses, a value greater than 1.0 indicates a strong correlation between landslide occurrence and the factor's class, and a value lower than 1.0 means a weak correlation [17]. Once the frequency ratio of each landslide factor's class was obtained, the landslide susceptibility index (LSI) could be calculated by summation of each factor's frequency ratio values as folow:

$$LSI = \sum_{c=1}^{n} FR_c \quad (2)$$

A higher LSI means a higher susceptibility to landslides while a lower LSI indicates a lower susceptibility to landslides [20].

Using the conditional factor, FR were built using the training dataset. The procedure of combining the maps based on GIS spatial analysis tools and Microsoft Exel was used to calculate the weight of their relationship The pixels of each class of causel factors and landslide were arranged in spatial database and they were subsequently exported into Microsoft Exel format.

2.4.4 Validation by ROC method

Landslide susceptibility map without validation has no sense in the scientific world [29]. Therefore, validation of the landslide susceptibility model is very important to evaluate the degree of accuracy of modeling using different validation techniques [27]. For this purpose, the

landslide area classified based on time, space, and random partition [27]. In this case, the landslide in the study area classified into 70% (837) training landslide data sets and 30% (359) validation landslide data sets randomly keeping their spatial distribution. As stated by [27], [28], the area under the curve (AUC) value used to evaluate the performance of the model, and its value range from 0.5-1. When the AUC value in between the range of 0.9-1, the model has excellent performance; if an AUC value in between the range of 0.8-0.9, the model has very good performance. If the AUC value between the range of 0.7-0.8, the model has good performance. If the AUC value between the range of 0.6-0.7, the model has an average performance. However, if AUC values between the range of 0.5-0.6 and equal to 0.5 or less than 0.5, the model has poor performance [28].

In the present work, the landslide area randomly classified as 70% landslide for training and 30% landslide for model validation by keeping their spatial distribution into the account using the random partition technique [27]. After model development, the models validated by Receiver Operating Characteristics (ROC) curves.

## 3. Results and discussion

### *3.1 Landslide Causative factors Analysis*

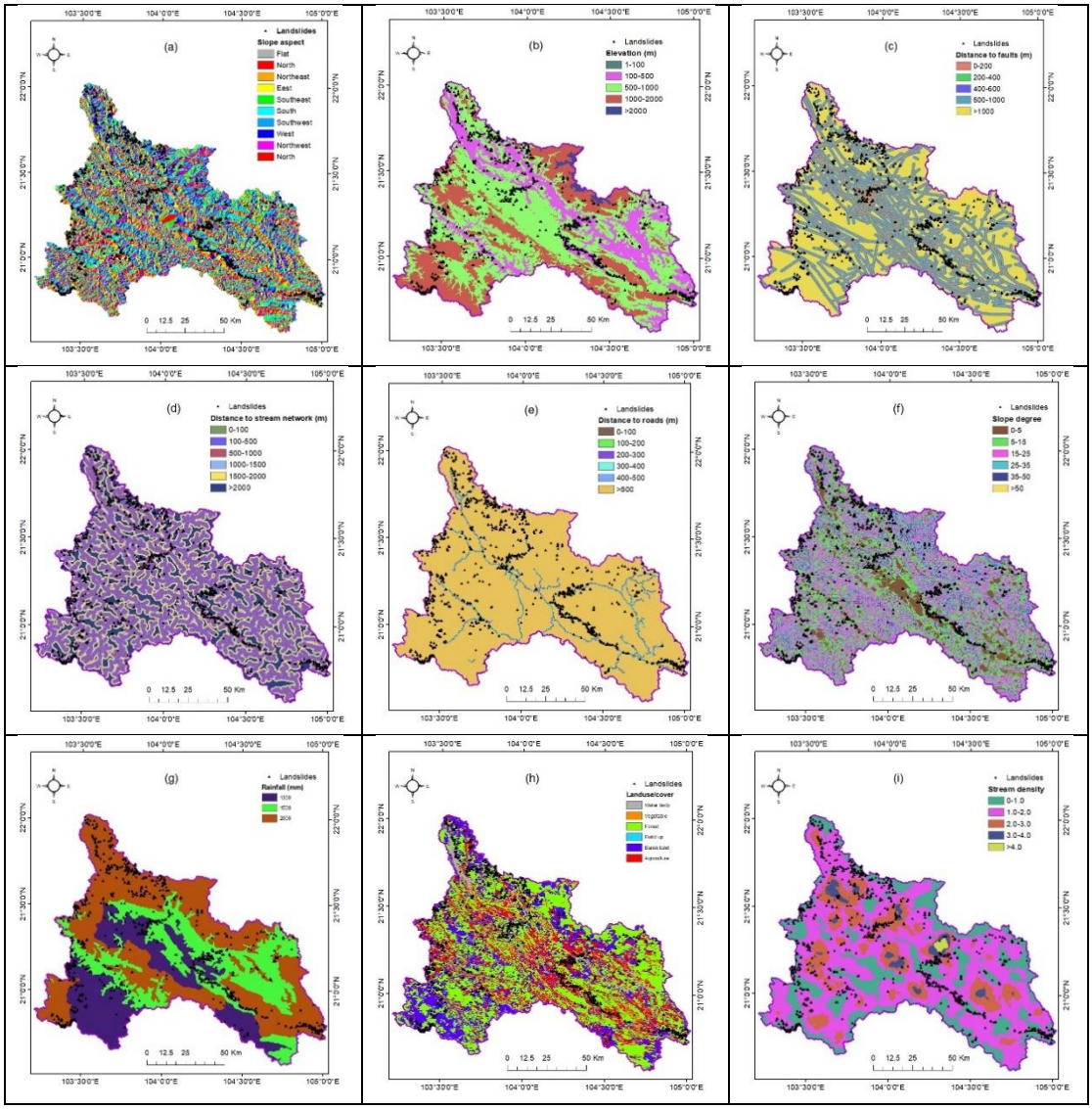
By applying the FR method, the correlation between the landslides and the causative factors was examined. The higher the $Fr_i$ of a class is (Table 1), the stronger the correlation between that class and the landslides would be, and vice versa. In the case of altitude, the middle classes of altitude (100-500 and 500-1000 m) with equal $Fr_i$s (2) were the most sensitive zones. But other classes of altitude were not susceptible ($Fr_i < 1$). Probably, the main reason for the higher weights of the middle altitude classes was the interaction effect of other important causative factors such as the high amount of precipitation, the potential slope degrees, and the existence of loose soils and stones that accompanied these classes.

In terms of slope degree, the areas with a slope degree from 15 to 35, which covered about 49% of the study area, were susceptible to landslides. On the contrary, the two classes of 5 to s15 degree and 35 to 50 degree (owing to their low shear stress) and the class 50 < degree (due to gradual fall of the unstable materials and hence existence of the weather-resistant rocks) comprised the low-risk regions. The slope aspect factor as a geomorphological attribute can influence the occurrence of landslides [16], however, similar to some other studies [13], [19], [20], in this study, the $Fr_i$s of the classes did not reveal any clear correlation between the slope aspects and occurrence of landslides. Nevertheless, the flat areas ($Fr_i = 0$) and the northeast and southeast aspects (with weights of well below one) showed an inverse correlation with the occurrence of landslides.

Concerning the land cover factor, the most susceptible class is built up area (1.33). Not surprisingly, the landslides in forest often happened very close to the roads, notably those constructed on the steep slopes and alongside the rivers. The above results reveal that landslides can be significantly affected by human activities such as deforestation for cultivation and

construction of roads in forests. The nearest buffer zone from roads (0-100 m) had the highest weights (about 7.5) which strongly supports the assumption about the profound influence of roads on landslides. The four next classes covering a distance of 100 to 500 m from roads were also very susceptible to landslides, all having a weight above one; the only stable buffer zone had more than 500 m from roads.

For rivers, like roads, the highest weights belonged to the classes with the closest distance to the network of rivers; the classes of 0 to 100 m and 100 to 200 m were much more liable to landslides. This confirms the significant influence rivers have on landslides; rivers can promote the occurrence of landslides, for example, by eroding the toe of slopes and affecting the groundwater.




***Figuge 3**: Thematic layers of the classified causesive factors: (a) Slope aspect; (b) elevation; (c) distance to fault; (d) distance to stream network; (e) distance to road; (f) slope degree; (g) rainfall; (h) landcover; (i) stream network*

Consecutively, the most susceptible rainfall classes are those with an annual average of 1300, 1500, and 2000 mm. The higher weight of the rainfall class with 1300 mm ($Fr_i$ = 0.87) in comparison to its two higher classes (with higher precipitation) indicated that, although water

plays important roles such as the lubrication effect in triggering landslides, the interaction between the causative factors still plays an influential role in the determination of the weights of classes.

In the case of distance to faults, however, no certain relationship can be seen between the distance of the classes and the landslides; except the classes of >1000 m and 400 to 500 m that was relatively stable. Other classes with different ranges of distance to faults were all similarly susceptibility to landslides with some differences in terms of weight.

*Table 1. Weighted values calculated for FR model.*

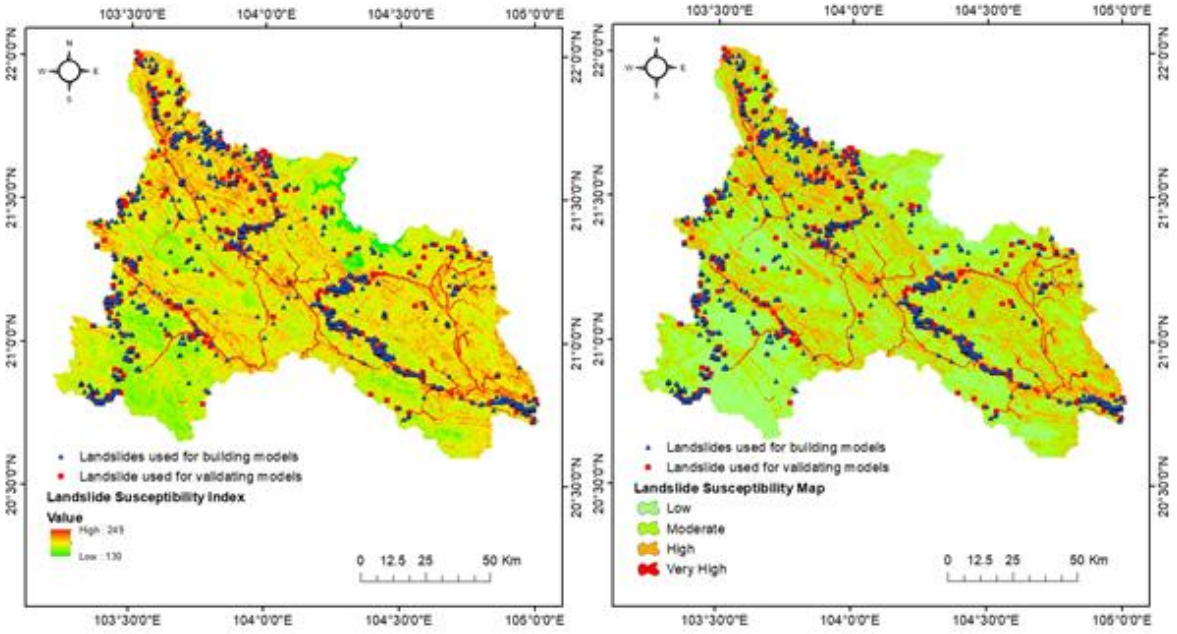
| Factor | Class | Npix (Ni,j) | Npix (Ni,j) % (a) | Npix (Si,j) | Npix (Si,j) % (b) | FR (b/a) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Slope aspect | Flat | 89112 | 0.57 | 8 | 0.96 | 1.68 |
| | N | 1191373 | 7.60 | 41 | 4.90 | 0.64 |
| | NE | 2148911 | 13.71 | 80 | 9.56 | 0.70 |
| | E | 1864394 | 11.89 | 107 | 12.78 | 1.07 |
| | SE | 1660889 | 10.60 | 84 | 10.04 | 0.95 |
| | S | 2195429 | 14.01 | 146 | 17.44 | 1.25 |
| | *SW* | 2082624 | 13.29 | 102 | 12.19 | 0.92 |
| | W | 1856558 | 11.84 | 108 | 12.90 | 1.09 |
| | NW | 1590174 | 10.14 | 84 | 10.04 | 0.99 |
| | N | 996148 | 6.35 | 77 | 9.20 | 1.45 |
| Elevation | < 100 | 4 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| | 100 - 500 | 3232838 | 20.62 | 214 | 25.57 | 1.24 |
| | 500 - 1000 | 7718761 | 49.24 | 431 | 51.49 | 1.05 |
| | 1000 - 2000 | 4554268 | 29.05 | 192 | 22.94 | 0.79 |
| | > 2000 | 0 | 1.08 | 0 | 0 | 0 |
| Distance to faults | 0 - 200 | 2303403 | 14.72 | 172 | 20.55 | 1.40 |
| | 200 - 400 | 2024596 | 12.94 | 116 | 13.86 | 1.07 |
| | 400 - 600 | 1827080 | 11.68 | 78 | 9.32 | 0.80 |
| | 600 - 1000 | 2759929 | 17.64 | 151 | 18.04 | 1.02 |
| | > 1000 | 6728350 | 43.01 | 320 | 38.23 | 0.89 |
| Distance to stream network | 0 - 100 | 847875 | 5.41 | 59 | 7.05 | 1.30 |
| | 100 -500 | 3063496 | 19.55 | 145 | 17.32 | 0.89 |
| | 500 - 1000 | 3490217 | 22.27 | 187 | 22.34 | 1.00 |
| | 1000-1500 | 3016707 | 19.25 | 167 | 19.95 | 1.04 |
| | 1500-2000 | 2434497 | 15.53 | 137 | 16.37 | 1.05 |
| | > 2000 | 2820080 | 17.99 | 142 | 16.97 | 0.94 |
| Distance to roads | 0 - 100 | 283985 | 1.81 | 114 | 13.62 | 7.52 |
| | 100 - 200 | 229883 | 1.47 | 47 | 5.62 | 3.83 |
| | 200 - 300 | 244253 | 1.56 | 32 | 3.82 | 2.45 |
| | 300 - 400 | 208785 | 1.33 | 16 | 1.91 | 1.44 |
| | 400 - 500 | 222623 | 1.42 | 12 | 1.43 | 1.01 |
| | > 500 | 14486083 | 92.41 | 616 | 73.60 | 0.80 |
| Slope degree | 0 - 5 | 1952233 | 12.45 | 132 | 15.77 | 1.27 |
| | 5 - 15 | 4749698 | 30.30 | 237 | 28.32 | 0.93 |
| | 15 - 25 | 5333677 | 34.03 | 293 | 35.01 | 1.03 |
| | 25 - 35 | 2480551 | 15.82 | 124 | 14.81 | 0.94 |
| | 35 - 50 | 1041957 | 6.65 | 46 | 5.50 | 0.83 |
| | > 50 | 117496 | 0.75 | 5 | 0.60 | 0.80 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Rainfall | 1300 | 3829142 | 24.42 | 177 | 21.15 | 0.87 |
| | 1500 | 4329560 | 27.62 | 220 | 26.28 | 0.95 |
| | 2000 | 7519225 | 47.96 | 440 | 52.57 | 1.10 |
| Landcover | Forest | 7314506 | 46.72 | 336 | 40.14 | 0.86 |
| | Agriculture | 3224765 | 20.60 | 210 | 25.09 | 1.22 |
| | Build up | 408277 | 2.61 | 29 | 3.46 | 1.33 |
| | Baren land | 4037357 | 25.79 | 232 | 27.72 | 1.07 |
| | Vegetable | 354020 | 2.26 | 22 | 2.63 | 1.16 |
| | Water body | 316076 | 2.02 | 8 | 0.96 | 0.47 |
| Stream density | 0 - 1.0 | 4314267 | 27.52 | 264 | 31.54 | 1.15 |
| | 1.0 - 2.0 | 8493698 | 54.18 | 426 | 50.90 | 0.94 |
| | 2.0 - 3.0 | 2417320 | 15.42 | 125 | 14.93 | 0.97 |
| | 3.0 - 4.0 | 392995 | 2.51 | 22 | 2.63 | 1.05 |
| | > 4.0 | 57325 | 0.37 | 0 | 0.00 | 0.00 |

### *3.2 Model Results and Analysis*

Landslide susceptibility map has been constructed by calculating and classifying landslide susceptibility indexes (LSI) for whole study area. LSI indicates the degree of susceptibility of area to landslide occurrences. Areas with smaller LSI indicate less susceptibility to landslide occurrence. LSI has been calculated based on the FR values that have been determined in the training process (Table 1). The calculation of LSI is shown in Equation (2). Many methods can be employed for classification of landslide susceptibility indexes such as the equal interval, the natural break and the standard deviation [15]. Out of these, the natural break method is the most widely used [16] thus it has been selected for classifying the landslide susceptibility indexes in this present study. Using this method, landslide susceptibility indexes were classified into 4 intervals with respective susceptible classes from low to very high as Figure 4.

The percentages of landslides susceptibility map are shown in Table 2. The ratio of each class of susceptibility was found by dividing the area of each class with the total area that area which falls in high to very high, moderate, and low comprises of 9,52%, 20.86%, 47.50 %, and 22.11% respectively. The landslide data for validation subsequently overlay on the LSM to calculate number of landslide pixels in each class of susceptibility. Table 2 showed that ratio is 51.12% in high to very high classes, 32.87% in moderate class, and 16.01% in low classes. It indicates that most of the landslide data for validation pixel fall into high to very high class of susceptibility. This study establishes two stages of validation. First, the AUC of ROC curve was used to measure the level of accuracy of the model and the probability result. The second stage is the ratio of landslide data for validation which laid on the LSM.




(a) (b)

***Figure 4***. *LSI (a) and (b) LSM using FR model*

*Table 2: The percentage of accurred landslide and the area of each zone*

| Susceptibility Table zones | Landslide (%) | Area (%) |
|---|---|---|
| **Low** | 16.01 | 22.11 |
| **Moderate** | 32.87 | 47.50 |
| **High** | 33.15 | 20.86 |
| **Very high** | 17.98 | 9.52 |

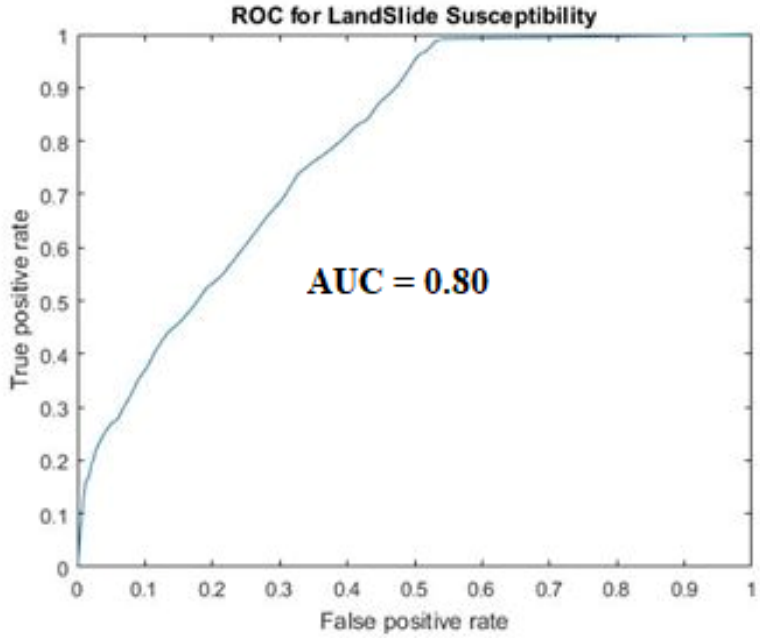



*Figure 5: The prediction rate AUC graph*

As the results of the analysis shown in Figure 5, the closer the ROC curve to the left of the top of the curve, indicating the higher the accuracy of the model. As indicated in Figure 5, the AUC value is closer to one, indicating the higher accuracy of the model. The AUC value for CF model in this study is 0.8 of the predicted rates. The result indicated that the FR model has successfully estimated the landslide susceptibility classes of the region, and this model has reasonable accuracy in predicting the landslide susceptibility classes of the study area

## 4. Conclusions

In the present study, the aim was to determine the landslide susceptibility map in Son La province. The methodology applied was based on FR with support of GIS. Altogether, nine landslide conditioning factors (slope degree, slope aspect, elevation, rainfall, landcover, distance to roads, distance to streams, distance to faults, and stream density), representing the local terrain conditions, were selected for the computation of landslide susceptibility map. The chosen conditioning factors were processed as rasters with the pixel size of 30*30m and their classes standardized to a uniform rating scale from 1 to 4 reflecting the susceptibility landslide from 4 - very high to 1 - low.

Landslide susceptibility maps can forecast/providing important information about where the landslides occur in a region. This is a function of the relationship between preexisting landslides and the environmental condition of the area. These maps also show the spatial distribution of predicted landslides where it will have occurred. Landslide susceptibility mapping can be used as a planning tool by prioritizing areas for controlling the landslide effects. However, the maps could not forecast the volume of material to displace, the time, and how often the landslide will occur. And during our study, we could not manage LIDAR and other latest techniques. We just applied statistical method to landslide susceptibility study. We strongly recommend to the future researchers to prepare LIDAR based DEM of resolution less than 5 × 5 and combining multiple models for greater reliability and can predict exactly the time and the volume of material displacement.

## References

1. Ba Q., Chen Y., Deng S., et al. (2017). *An Improved Information Value Model Based on Gray Clustering for Landslide Susceptibility Mapping*. IJGI, 6(1), 18.
2. Feizizadeh B., Shadman Roodposhti M., Jankowski P., et al. (2014). *A GIS-based extended fuzzy multi-criteria evaluation for landslide susceptibility mapping.* Comput Geosci, 73, 208-221.
3. Moghaddam R. (2013). *Landslide Susceptibility Mapping for the Urmia Lake basin, Iran: A multi- Criteria Evaluation Approach using GIS*. Int J Environ Res, 18.
4. Wang Q. and Li W. (2017). *A GIS-based comparative evaluation of analytical hierarchy process and frequency ratio models for landslide susceptibility mapping. Physical Geography*, 38(4), 318-337.
5. Tien Bui D., Shahabi H., Shirzadi A., et al. (2018). *Landslide Detection and Susceptibility*

*Mapping by AIRSAR Data Using Support Vector Machine and Index of Entropy Models in Cameron Highlands, Malaysia*. Remote Sensing, 10(10), 1527.

6. Nicu IC. (2018). *Application of analytic hierarchy process, frequency ratio, and statistical index to landslide susceptibility: an approach to endangered cultural heritage*. Environ Earth Sci. 77:79.
7. Pourghasemi H.R., Pradhan B., and Gokceoglu C. (2012). *Application of fuzzy logic and analytical hierarchy process (AHP) to landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran*. Natural Hazards, 63, 1-32.
8. Bui D.T., Lofman O., Revhaug I., et al. (2011). *Landslide susceptibility analysis in the Hoa Binh province of Vietnam using statistical index and logistic regression*. Nat Hazards, 59(3), 1413-1444.
9. Tien Bui D., Tuan T.A., Klempe H., et al. (2016). *Spatial prediction models for shallow landslide hazards: a comparative assessment of the efficacy of support vector machines, artificial neural networks, kernel logistic regression, and logistic model tree*. Landslides, 13(2), 361-378.
10. Park S., Choi C., Kim B., et al. (2013). *Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, analytic hierarchy process, logistic regression, and artificial neural network methods at the Inje area, Korea*. Environ Earth Sci, 68(5), 1443-1464.
11. Mohammady M., Pourghasemi H.R., and Pradhan B. (2012). *Landslide susceptibility mapping at Golestan Province, Iran: A comparison between frequency ratio, Dempster-Shafer, and weights-of-evidence models*. Journal of Asian Earth Sciences, 61, 221-236.
12. Choi J., Oh H.-J., Lee H.-J., et al. (2012). *Combining landslide susceptibility maps obtained from frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network models using ASTER images and GIS*. Engineering Geology, 124, 12-23.
13. Binh Thai Pham, Dieu Tien Bui, Prakash Indra, et al. (2015). *Landslide Susceptibility Assessment at a Part of Uttarakhand Himalaya, India using GIS - based Statistical Approach of Frequency Ratio Method*. IJERT, V4(11), IJERTV4IS110285.
14. Erener A., Mutlu A., and Sebnem Düzgün H. (2016). *A comparative study for landslide susceptibility mapping using GIS-based multi-criteria decision analysis (MCDA), logistic regression (LR) and association rule mining (ARM)*. Engineering Geology, 203, 45-55.
15. Hong H., Xu C., and Bui D.T. (2015). *Landslide Susceptibility Assessment at the Xiushui Area (China) Using Frequency Ratio Model*. Procedia Earth and Planetary Science, 15, 513-517.
16. Pradhan B. (2010). *Landslide susceptibility mapping of a catchment area using frequency ratio, fuzzy logic and multivariate logistic regression approaches*. J Indian Soc Remote Sens, 38(2), 301-320.
17. Chen W., Xie X., Peng J., et al. (2017). *GIS-based landslide susceptibility modelling: a comparative assessment of kernel logistic regression, Naïve-Bayes tree, and alternating decision tree models*. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 8(2), 950-973.
18. Yilmaz I. (2009). *Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: A case study from Kat*

*landslides (Tokat-Turkey)*. Comput Geosci, 35(6), 1125-1138.

19. Khan H., Shafique M., Khan M.A., et al. (2019). *Landslide susceptibility assessment using Frequency Ratio, a case study of northern Pakistan.* The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 22(1), 11-24.
20. Tien Bui D., Pradhan B., Lofman O., et al. (2012). *Spatial prediction of landslide hazards in Hoa Binh province (Vietnam): A comparative assessment of the efficacy of evidential belief functions and fuzzy logic models*. CATENA, 96, 28-40.
21. Onagh M., Kumra V.K., và Rai P.K. (2012). *Landslide Susceptibility mapping in a part of Uttarkashi district (INDIA) by muitiple linear regression method*. Int J Geol, 2, 20.
22. Tran Q.C., Minh D.D., Jaafari A. và cộng sự. (2020). *Novel Ensemble Landslide Predictive Models Based on the Hyperpipes Algorithm: A Case Study in the Nam Dam Commune, Vietnam*. Appl Sci, 10(11), 3710.
23. Thanh D.Q., Nguyen D.H., Prakash I. và cộng sự. (2020). *GIS based frequency ratio method for landslide susceptibility mapping at Da Lat City, Lam Dong province, Vietnam*. Vietnam J Earth Sci, 42(1), 55-66.
24. Skilodimou HD, Bathrellos GD, Chousianitis K và cộng sự. (2019). *Multi hazard assessment modeling via multi-criteria analysis and GIS: a case study*. Environ Earth Sci. 77:47
25. Abedini M. và Tulabi S. (2018). *Assessing LNRF, FR, and AHP models in landslide susceptibility mapping index: a comparative study of Nojian watershed in Lorestan province, Iran*. Environ Earth Sci, 77(11), 405.
26. https://earthexplorer.usgs.gov/
27. Chung C.-J.F. and Fabbri A.G. (2003). *Validation of Spatial Prediction Models for Landslide Hazard Mapping. Natural Hazards*, 30(3), 451-472
28. Yesilnacar E. và Topal T. (2005). *Landslide susceptibility mapping: A comparison of logistic regression and neural networks methods in a medium scale study, Hendek region (Turkey).* Eng Geol, 79, 251-266.
29. Wubalem A. và Meten M. (2020). *Landslide susceptibility mapping using information value and logistic regression models in Goncha Siso Eneses area, northwestern Ethiopia.* SN Appl Sci, 2(5), 807

# TÓM TẮT

## THÀNH LẬP BẢN ĐỒ NHẠY CẢM TRƯỢT LỞ ĐẤT BẰNG PHƯƠNG PHÁP TỶ SỐ TẦN XUẤT ÁP DỤNG CHO TỈNH SƠN LA, VIỆT NAM

**Lại Tuấn Anh[1], Bùi Quang Thành [2]**

*[1] Khoa Kỹ thuật Tài nguyên nước, Đại học Thủy Lợi, Hà Nội, Việt Nam*

*[2] Khoa Địa lý, Đại học Khoa học, Đại học Quốc gia Việt Nam*

*Tác giả liên hệ: laituananhtlu@gmail.com*

Bản đồ nhạy cảm trượt lở đất là tài liệu quan trọng đối với các kỹ sư, nhà địa chất và nhà quy hoạch sử dụng đất để phòng ngừa và giảm thiểu nguy cơ trượt lở đất trong khu vực. Trong vài thập kỷ qua, nhiều nghiên cứu đã cho ra các bản đồ nhạy cảm trượt lở đất bằng các phương pháp khác nhau như phương pháp xác suất (tỷ số tần suất), phương pháp phân tích thứ bậc (AHP), nhị biến, đa biến, hồi quy logistic, logic mờ và mạng nơ-ron nhân tạo (ANN). Trong nghiên cứu này, bản đồ nhạy cảm trượt lở đất được thực hiện bằng phương pháp GIS dựa trên tỷ số tần số (FR). Chín nhân tố có ảnh hưởng đến sự xuất hiện của trượt lở đất bao gồm độ dốc, hướng dôc, độ cao, lớp phủ mặt đất, lượng mưa, mật độ dòng chảy, khoảng cách đến đới đứt gãy, khoảng cách đến đường giao thông và khoảng cách đến sông suối được lựa chọn để tính toán. Trong tổng số 1196 điểm trượt lở được kiểm kê thì 70% số điểm được sử dụng cho đào tạo và 30% còn lại được dùng để kiểm chứng dựa trên phân tích đặc tính của đường cong ROC. Kết quả thu được diện tích dưới đường cong (AUC) tính toán bằng 0,8 cho thấy độ tin cậy trong tính toán là tương đối tốt. Bản đồ nhạy cảm trượt lở đất tỉnh Sơn La trong nghiên cứu này có thể được sử dụng để hỗ trợ các nhà ra quyết định trong việc lập kế hoạch và quản lý sử dụng đất hợp lý.

*Từ khóa:* trượt lở đất, mô hình, Tỷ lệ tần suất, rủi ro, Sơn La

# NATURAL DISASTER RISK EXPOSURE MAPPING BY USING GIS - A CASE STUDY IN THE CORE CITY OF CAN THO

**Tran Thi Mai Anh[1], Duong Anh Quan[2,*], Le Thi Nga[3], Nguyen Thanh Binh[4], Truong Xuan Quang[5], Truong Van Anh[5], Pham Van Hiep[2], Vu Thuy Duong[2,7], Hoang Van Huong[2,6]**

*[1] Faculty of Natural resource management, Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry*

*[2] Hanoi University of Mining and Geology*

*[3] Thanh Hoa Institute of Planning - Architecture*

*[4] Institute of Geography, Vietnam Academy of Science and Technology*

*[5] Hanoi University of Natural Resources and Environment*

*[2, 6] SAMCOM, Minsitry of Defence*

*[2, 7] HaNoi Capital Command*

*[*] Corresponding author: duonganhquan@humg.edu.vn*

**Abstract:** In Mekong Delta, residents have occasionally suffered the negative impacts of storms and floods in some particular ways. To mitigate the problem, the overall disaster risk assessment is crucially followed by a framework of three dimensions: hazard, vulnerability, and exposure. In this study, the GIS tool and Analytic Hierarchy Process (AHP) successfully determine the exposure risk assessment index weights based on the climate data, land management data, and socio-economic data of the core city of Can Tho. The result shows that the highly developed parts of the city are suffering more damages from flooding due to the larger population and the higher level of economic development than the other parts of the city.

**Keyword:** GIS, exposure, risk assessment, land use, AHP, Can Tho.

## 1. Introduction

The latest Special Report on the Ocean and Cryosphere from the United Nation's Intergovernmental Panel on Climate Change [1] (IPCC 2019) indicates that among the number of challenges we may face caused by climate change, flooding is one of the most devastating natural disasters as a consequence of storm surges and extreme rain. In Viet Nam, floods and storms are two kinds of disasters strongly impact the living life of the community and society. From 1990-2010, 74 times of storms were recorded in the South of Vietnam, causing extreme damages. In 1997, the Linda storm caused 3.000 death and missing, destroyed 100.000 houses and more than 300.000 ha of grain in the South of Viet Nam (Records from National flooding management [2]). In 2006, another storm led to 76 death and missing, 532 injured, and economic losses of about 677 million USD in the Center of Viet Nam [3] (Kreft et al., 2015). On the global scale, statistics revealed that flood accounts for 34% and 40% of all global natural

disasters in quantity and losses, respectively [4] (IPCC, 2019). Therefore, it is needed to study to mitigate the influence of storms and floods.

In recent years, a growing number of studies on risk assessment and analysis have been implemented in different regions and cities. However, these studies stood out of Can Tho.

In the mentioned methods, the index-based methods with intelligence techniques are more appropriate to consider the uncertainties of natural disasters, where AHP is one of the approaches widely employed. AHP can subdivide exposure level into particular factors suitable for zones with various characteristics, which imposes noticeable effects on practicability enhancement.

This paper applies the GIS spatial statistics technique in the exposure index analysis through the GIS spatial statistics technique and AHP.

## 2. Data and methodology

### *2.1. Study area and Data*

Can Tho city is located in the center of the Cuu Long River basin ($105^0$13’38’’ - $105^0$50’35’’ and $9^0$55’08’’ _ $10^0$19’38’’). With an estimated 2009 population of 1.188.435 distributed over about 1.401 sqm, Can Tho is the center of Can Tho province. The tropical climate is the typical characteristic of the city. The season has two distinguished rainfall and dry seasons. The rainfall season is from May to November. The dry season is from December to next April. The average temperature is about $27^0$. The average rainfall amount is in the range of 1.500-1.800 mm. The total hours are 2.300-2.500 hours. The humidity is about 83%.(“Địa Lý Cần Thơ” n.d.)

The core urban area of Can Tho spread in Ninh Kieu and Binh Thuy districts. In the research, those two districts are selected to assess the exposure level in natural disaster risk.

*Table 1. Data sources*

| Data name | Data type | Source |
|---|---|---|
| Administration boundary | SHP | Ministry of Natural resources and Environment (MONRE) |
| Hydrological system | SHP | MONRE |
| Transportation | SHP | MONRE |
| Socio-economic data | the population, GDP, economic sections, hospital condition, education system | Department of Statistics, Can Tho |

### *2.2. The methodology*

2.2.1. Analytical Hierarchy Process (AHP)

The AHP model for calculating the exposure index of Can Tho core city contains three categories: Economic, Human and Social. The first and second groups are able to quantify, tangible but the last group is non-tangible. Therefore, this research applies both quantitative and qualitative approaches.

Based on those exposures categories, this research defined the AHP tree as following figure (Fig. 1)

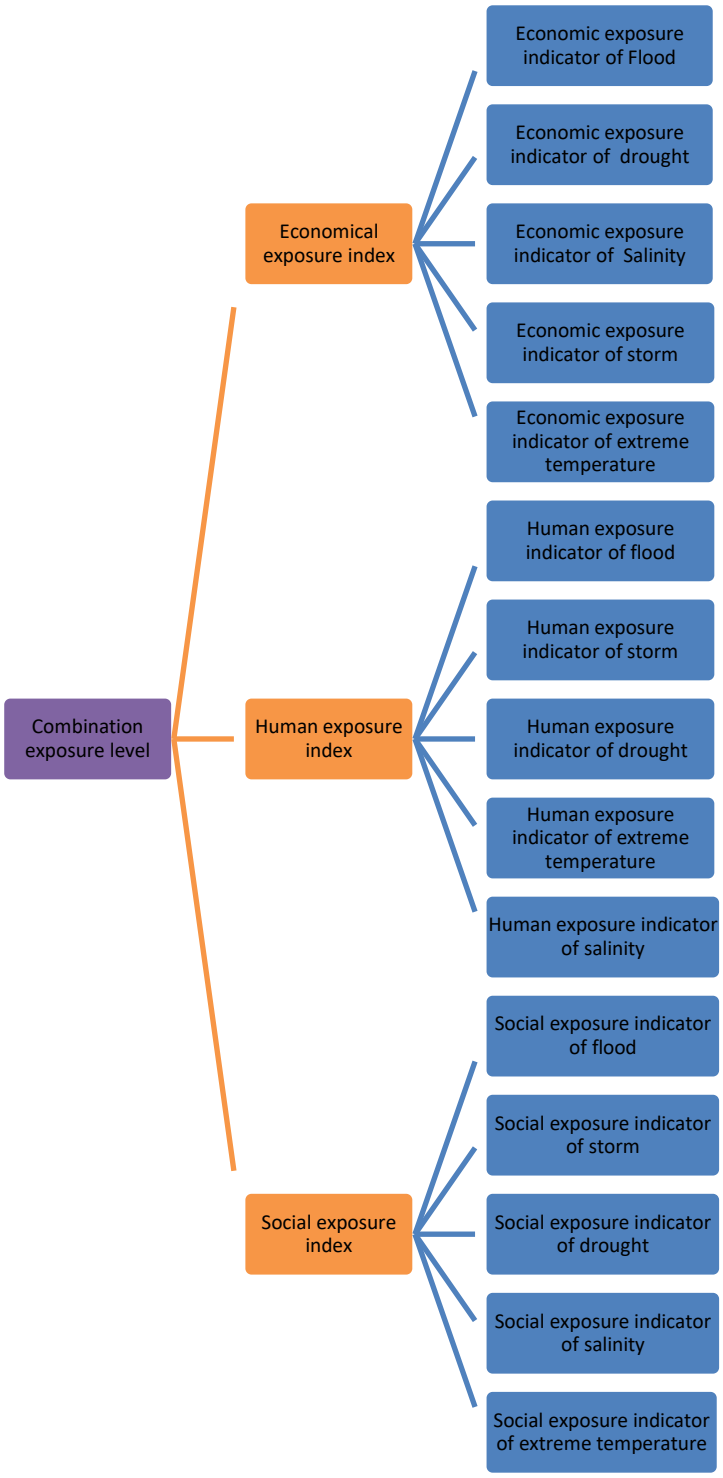



*Figure 1. AHP tree of exposure indexes*

Based on the hierarchy tree, those indexes are assessed and mapping.

2.2.2. Assessment index

The risk is defined as the combination of hazard, exposure, and vulnerability, according to the fifth appraisal report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Thus,

an exposure assessment model was established based on the principle of AHP, consisting of an object layer, an index layer, and a sub-index layer. There are diverse factors in each layer, weights of which were calculated using AHP, and then processed in GIS.

*2.2.2.1. Exposure index*

AHP model is built to measure the first index level. Simultaneously, the GIS tool using spatial data and non-spatial data to assess the second index level. They are afterward converted to get the index by formula 1, then be assessed overall, and finally create maps.

$$Ej= E_1xW_1 + E_2xW_2 + E_3xW_3 + E_4xW_4+E_5x\ W_5 \quad (Eq.1)$$

In there: Ej is the index by AHP (population, society, Economy); $E_1$ to $E_5$ are the index the second level (by GIS: Storms, flooding, drought, extremely high temperature, salinity); $W_1$ to $W_5$ are the index after converted and assessed.

These indexes afterward standardize to the range of 0-1 to input into the model by the formula 2.

$$Yi = \frac{(Xi-Xmin)}{(Xmax-Xmin)} \quad (Eq.2)$$

In there, Xi is the value that will be standardized, Yi is the standardized value, Xmax is the highest value, and Xmin is the lowest value.

Finally, the exposure index will be calculated by the formula:

$$E = E_{j1}xW_{j1} + E_{j2}xW_{j2} +E_{j3}xW_{j3} \text{ (E.q.3)}$$

Where E is the exposure index, $E_{j1}$, $E_{j2}$, $E_{j3}$ are the index of population, economy, and society. Wj is the index of the first level.

The model and formula create the index map divide into 2 levels:

$$Ei= ei*Ki \text{ (Eq.4)}$$

Ei is the value of criteria, ei is the index, and Ki is the influence index.

Among there, the economic ei is measured based on the land use map. The index is calculated by the loss every year and converted into the value. The social ei is based on the importance of living life by UNDP (2010). The human ei is measure by the equation:

$$ei = D*P \text{ (Eq.5)}$$

*2.2.2.2 AHP weight calibration*

AHP is calculated by PriEst 2.1 using a simple Pairwise comparison method. The Consistency index is less than 10%. The procedure is based on the Saaty(Saaty 1987) Pairwise comparison approach.

## 3. Results and discussion

### *3.1. The AHP weight index*

The results from running the software PriEst:

*Table 1. AHP weight index*

| Factor | The 1st level | Contribution factors | The 2nd level |
|---|---|---|---|
| **Social** | 0.238 | Storm | 0.568 |
| | | Flooding | 0.219 |
| | | Drought | 0.104 |
| | | Extreme temperature | 0.069 |
| | | Salinity | 0.04 |
| **Economic** | 0.136 | Storm | 0.509 |
| | | Flooding | 0.252 |
| | | Drought | 0.121 |
| | | Extreme temperature | 0.079 |
| | | Salinity | 0.039 |
| **Human** | 0.625 | Storm | 0.423 |
| | | Flooding | 0.307 |
| | | Drought | 0.174 |
| | | Extreme temperature | 0.039 |
| | | Salinity | 0.057 |

### *3.2. The exposure risk results*

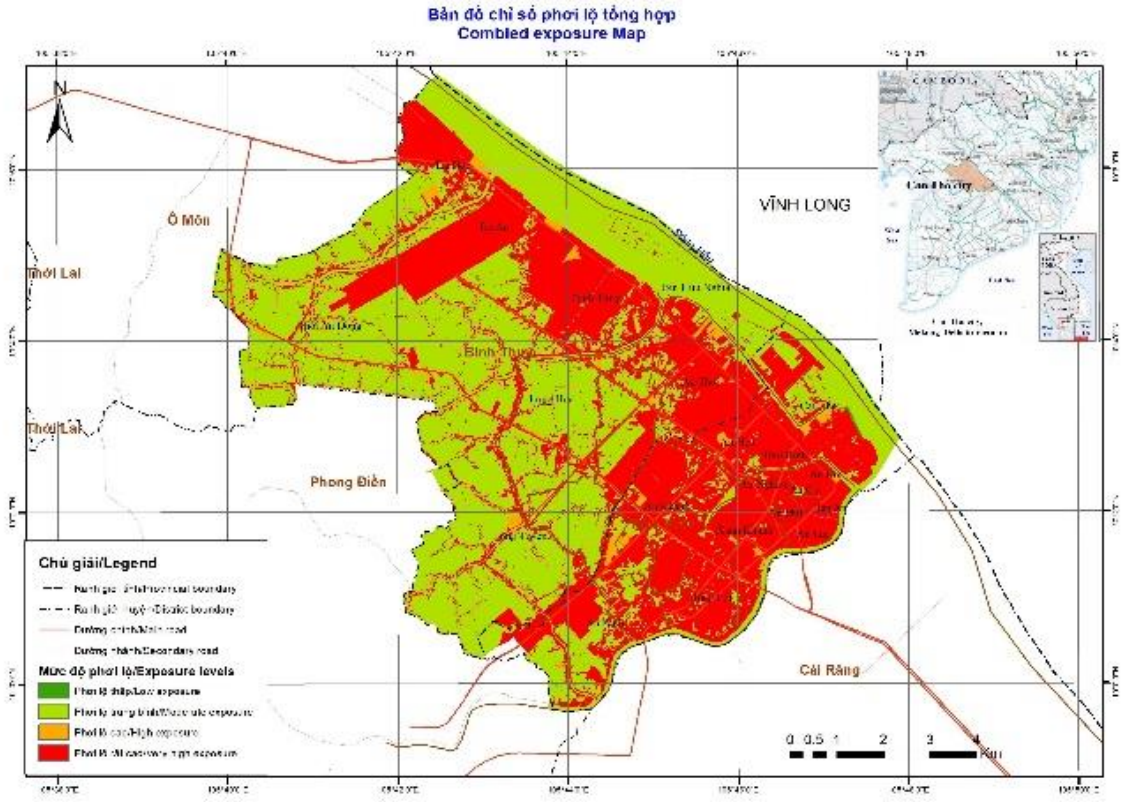



*Figure 2 a) Combined exposure map*

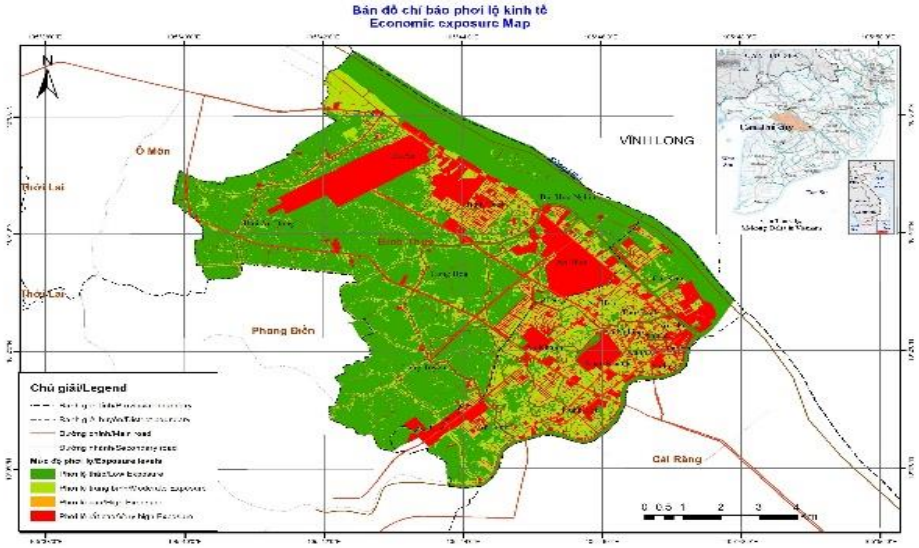



*Figure 2 b) Economic Exposure maps of Can Tho city*

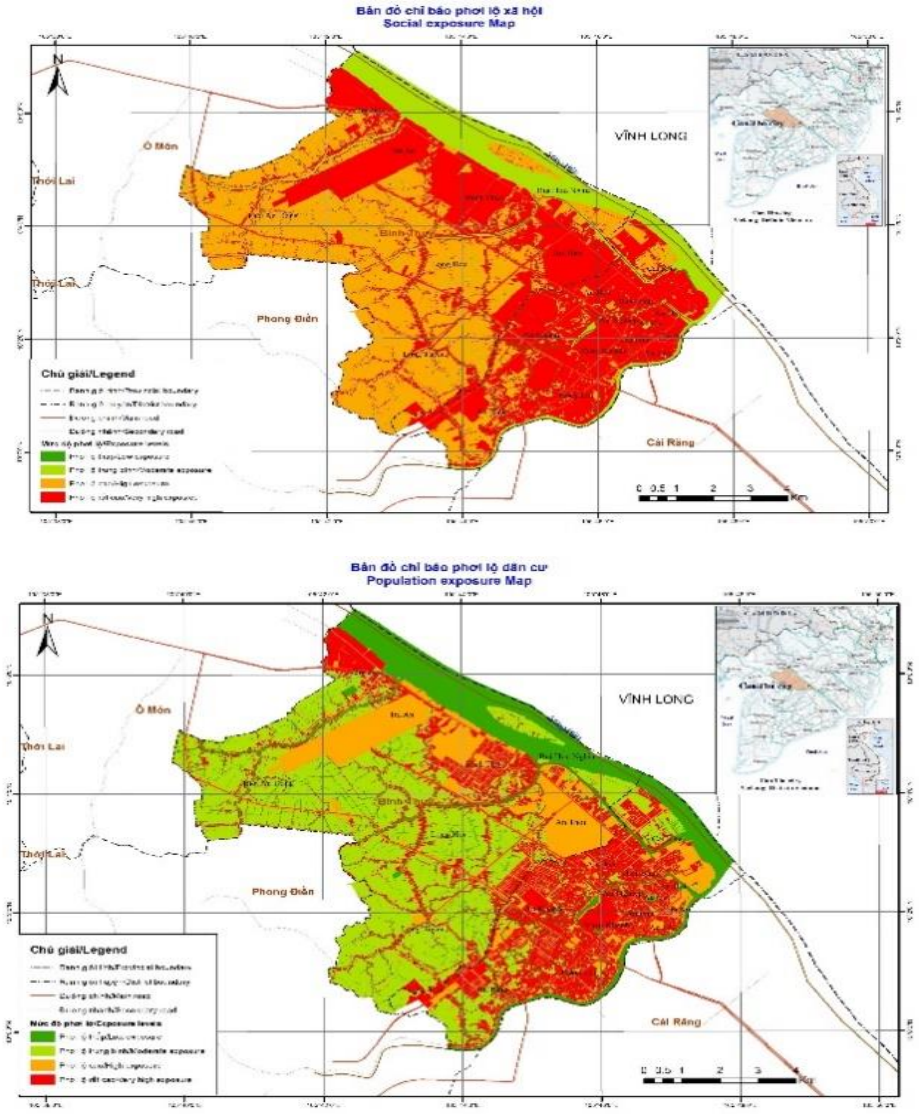



*Figure 2 c) Social, and d) Population Exposure maps of Can Tho city*

After the processing, the exposure maps shown in following table 2 and figures 2(a,b,c,d):

*Table 2. Exposure level*

| | Area of exposure(ha) | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Exposure level** | **Combine** | **Social** | **Population** | **Economic** |
| Low | 1673.95 | 3.73 | 1739.72 | 5671.37 |
| Moderate | 4020.37 | 1670.02 | 3958.4 | 2192.5 |
| High | 2241.66 | 4101.14 | 1913.36 | 0 |
| Very high | 2034.42 | 4195.31 | 2358.92 | 2106.53 |

The exposure indexes maps show the concentration of economic assets, population, and social value in the core city, especially in the urban area of Ninh Kieu District. The Southeast area is lower exposure mainly consist rural residents and agriculture areas. The results show that the highest exposure area is in the East and the South of the city as the social and population exposure indexes are high value. This area involves various districts, Tra An, Binh Thuy, An Thoi, An Hoa, Thoi Binh, An Hoi, An Nghiep, An Cu, An Phu, An Lac, Hung Loi, An Binh, and An Khanh. Among them, the economic exposure risk index gets the highest value in Tra An and An Thoi. In Xuan Khanh, An Khanh, and An Hoi, the exposure risk indexes have a lower value but remain much higher than the area in the West of the city.

In other parts of the city, the low density of population and the lack of factories making less exposure. It means the development of society needs to consider all of the factors, especially the contribution of infrastructure and transportation.

## 4. Conclusion

Based on the result of the research, we can have some conclusions as:

The Exposure index of the study area is driven mainly by the concentration of humans and assets in the hazard zone. In the core urban area of Can Tho, the higher urbanization, the higher the exposure index.

The GIS and AHP are beneficial when combining to assess complex indicators, including tangible and non-tangible values. The GIS procedure can be reusable with updating data for forecasting the exposure index in the future.

## References

1.“Địa Lý Cần Thơ.” n.d. Accessed July 22, 2021. http://cantho.edu.vn/gioi-thieu/dia-ly-can-tho.

2. IPCC. (2019). “Summary for Policymakers, IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate.” Hamish Pritchard.

3. Kreft, S, D Eckstein, L Junghans, C Kerestan, and U Hagen. *(2015)* n.d. *THINK TANK & RESEARCH GLOBAL CLIMATE RISK INDEX Who Suffers Most From Extreme Weather Events? Weather-Related Loss Events in 2013 and 1994 to 2013*. www.germanwatch.org.

4. Pörtner, Hans-Otto, and Debra C Roberts. (2019). “Technical Summary - IPCC Special

Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate." Anjal Prakash.
5. Saaty, R.W. (1987). "The Analytic Hierarchy Process—What It Is and How It Is Used." *Mathematical Modelling* 9 (3-5): 161-76. https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8.
6. Thắng, Nguyễn Văn, Mai Văn Khiêm, Nguyễn Trọng Hiệu, Vũ Văn Thăng, Nguyễn Đăng Mậu, and Lã Thị Tuyết. (2016). "Ảnh Hưởng Của Bão ở Việt Nam Thời Kỳ 1961-2014 Nguyễn," 210-16.

## TÓM TẮT

# ỨNG DỤNG GIS TRONG THÀNH LẬP BẢN ĐỒ PHƠI LỘ RỦI RO THIÊN TAI - NGHIÊN CỨU TẠI KHU VỰC LÕI ĐÔ THỊ THÀNH PHỐ CẦN THƠ

**Trần Thị Mai Anh[1], Dương Anh Quân[2,*], Lê Thị Nga[3],**
**Nguyễn Thanh Bình[4], Trương Xuân Quang[5], Trương Vân Anh[5],**
**Phạm Văn Hiệp[2], Vũ Thùy Dương[2,7], Hoàng Văn Hưởng[2,6].**
*[1] Khoa Quản lý tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên*
*[2] Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*[3] Viện Quy hoạch - Kiến trúc Thanh Hóa*
*[4] Viện Địa lý, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam*
*[5] Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội*
*[2, 6] SAMCOM, Bộ Quốc phòng*
*[2, 7] Bộ tư lệnh Thủ đô Hà Nội*
*[*] Tác giả liên hệ: duonganhquan@humg.edu.vn*

Tại Đồng bằng sông Cửu Long, người dân đôi khi phải chịu những tác động tiêu cực của bão và lũ lụt cũng như một số dạng thiên tai khác. Để giảm thiểu các tác động này, đánh giá rủi ro thiên tai tổng thể chủ yếu phải tuân theo một khuôn khổ gồm ba khía cạnh: nguy cơ, tính dễ bị tổn thương và phơi nhiễm. Trong nghiên cứu này, công cụ GIS và Quy trình phân tích (AHP) xác định thành công trọng số chỉ số đánh giá rủi ro phơi lộ dựa trên, dữ liệu quản lý đất đai và dữ liệu kinh tế xã hội của khu vực lõi đô thị thành phố Cần Thơ. Kết quả cho thấy các khu vực phát triển cao của thành phố có thể sẽ chịu nhiều thiệt hại hơn do thiên tai do dân số đông hơn và trình độ phát triển kinh tế cao hơn các khu vực khác của thành phố.

*Từ khóa:* GIS, exposure, risk assessment, land use, AHP, Can Tho.

# ỨNG DỤNG VIỄN THÁM PHÁT HIỆN VÀ PHÂN TÍCH THAY ĐỔI DIỆN TÍCH SỬ DỤNG ĐẤT/LỚP PHỦ ĐẤT TỈNH HÀ NAM GIAI ĐOẠN 2000-2020

**Nguyễn Văn Thái[1], Lê Văn Ninh[1], Nguyễn Thành Đô[1,*], Nguyễn Văn Dũng[1], Phạm Văn Giang[1], Nguyễn Thanh Hùng[1], Lại Tuấn Hiệp[1], Nguyễn Quốc Khuể[1], Hà Văn Thạch[1], Đỗ Đình Thắng[1], Nguyễn Văn Thanh[1], Bùi Thị Huyền Trang[1], Nguyễn Anh Tuấn[1], Phạm Văn Sơn[1], Trần Thanh Hà[2]**

*[1] Sở tài Nguyên và Môi trường Hà Nam*

*[2] Trường Đại học Mỏ Địa Chất*

*[*] Tác giả liên hệ: thanhdo.stnmthn@gmail.com*

**Tóm tắt:** Mục tiêu của bài báo được tiến hành nhằm xác định sự thay đổi sử dụng đất/lớp phủ đất của tỉnh Hà Nam trong 3 năm 2000, 2010, 2020, từ tư liệu vệ tinh Landsact 7_ETM+ 2000, L5_TM 2010, L8_OLI 2020 độ phân giải 30m. Dựa vào khảo sát thực địa và các tư liệu bổ trợ, 5 loại hình sử dụng đất được sử dụng để phân loại ảnh theo phương pháp phân loại có giám sát, bao gồm: dân cư, đất trống, rừng, nông nghiệp, mặt nước. Kết quả cho thấy diện tích đất nông nghiệp giảm 13699.26 ha, diện tích dân cư tăng 8968.59 ha, rừng tăng 969.57 ha, đất trống tăng 2838.51 ha, mặt nước tăng 922.59 ha. Nguyên nhân chính dẫn tới đất nông nghiệp giảm một phần do lợi ích kinh tế từ việc trồng rừng, nuôi trồng thủy sản và xản xuất công nghiệp mang lại, một phần do mở rộng các khu đô thị mới.

**Từ khóa:** Viễn thám, sử dụng đất, lớp phủ đất.

## 1. Đặt vấn đề

Kết quả của phát triển kinh tế - xã hôi là sự thay đổi sử dụng đất theo thời gian và không gian. Trong đó, sự gia tăng dân số đòi hỏi các hoạt động của con người phải tăng lên ảnh hưởng đến thay đổi sử dụng đất và lớp phủ đất (LULC) (Lambin và cộng sự, 2003 ). Thay đổi sử dụng đất và lớp phủ đất là một yếu tố quan trọng liên quan đến quản lý tài nguyên thiên nhiên, giám sát biến động môi trường và phát triển kinh tế xã hội trên quy mô toàn cầu và địa phương (Sewnet, 2015). Xác định được thông tin về sử dụng đất/lớp phủ đất và tiềm năng sử dụng là rất cần thiết cho việc lựa chọn, quy hoạch, quản lý tài nguyên đất bền vững để đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của con người và xã hội.

Phát hiện sự thay đổi là quá trình xác định độ suy giảm trong trạng thái của một đối tượng hoặc hiện tượng bằng cách quan sát nó ở những thời điểm khác nhau (Singh.A, 1989). Có nhiều nghiên cứu phát hiện thay đổi sử dụng đất/lớp phủ đất (LULC) như: Canh tác, mở rộng đô thị và thay đổi cảnh quan (Hegazy & Kaloop, 2015; Solaimani và cộng sự, 2010 ); Suy thoái đất và sa mạc hóa (Shalaby, A & Tateishi, R, 2007).

Ở Việt Nam, thay đổi về LULC diễn ra ở rất nhiều các địa phương do xu hướng phát triển kinh tế - xã hội (Chuong Huynh Van, 2016), đã làm tăng việc khai thác và chuyển đổi mục đích sử

dụng đất ở cả quy mô không gian và thời gian. Các yếu tố như gia tăng dân số, đô thị hóa và mở rộng các khu công nghiệp là động lực chính dẫn đến thay đổi LULC ở Hà Nam.

Với nguồn dữ liệu đa dạng và khả năng chụp lặp liên tục, dữ liệu viễn thám đã và đang thể hiện những ưu thế trong xác định và phát hiện những thay đổi của LULC (Chen và cộng sự, 2005 ). Vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là ứng dụng viễn thám nhằm phát hiện những thay đổi sử dụng đất/lớp phủ đất tỉnh Hà Nam.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### *2.1. Dữ liệu nghiên cứu*

Dữ liệu mà vệ tinh Landsat thu nhận được cung cấp những thông tin quan trọng trong nhiều lĩnh vực như quản lý năng lượng và nước, theo dõi rừng, quy hoạch đô thị, trong lĩnh vực nông nghiệp,…Trong nghiên cứu này ảnh vệ tinh Lansat của khu vực nghiên cứu thu được trong các năm 2000, 2010, 2020.

*Bảng 1 Đặc điểm của ảnh vệ tinh Landsat được sử dụng*

| Loại ảnh | Phiên hiệu | Ngày chụp | Số kênh phổ | Độ phân giải không gian (m) |
|---|---|---|---|---|
| Landsat 7 ETM+ | 127046 | 04/11/2000 | 8 | 30 |
| Landsat 5 TM | 127046 | 17/06/2010 | 7 | 30 |
| Landsat 8 OLI/TIRS | 127046 | 28/06/2010 | 11 | 30 |

### *2.2. Phương pháp nghiên cứu*

Đối với nghiên cứu này, việc chọn mẫu được tiến hành dựa trên kiến thức về khu thực nghiệm, khảo sát thực địa và các thông tin từ bản đồ quy hoạch sử dụng đất, là cơ sở để xác định các lớp LULC. Theo đó, 5 lớp LULC bao gồm: đất nông nghiệp (NN), dân cư tập trung (DC), đất trống (DT), rừng (RU), mặt nước (MN) được xác định để phân loại ảnh khu vực nghiên cứu. Quá trình phân loại ảnh được thực hiện trên phần mềm ENVI, bằng phương pháp phân loại có giám sát

*Bảng 2 Định nghĩa các loại sử dụng đất/lớp phủ đất (LULC) được sử dụng trong phân loại*

| STT | Đối tượng | Viết tắt | Mô tả đối tượng |
|---|---|---|---|
| 1 | Đất nông nghiệp | NN | Là khu vực trồng lúa và hoa màu |
| 2 | Dân cư tập trung | DC | Là khu vực có tập trung dân cư, bao gồm các khu vực thành phố, thị trấn, thị xã, làng xã,… |
| 3 | Đất trống | DT | Là các khu vực: bãi bồi, khu vực khai thác, bãi đất trống xây khu công nghiệp,… |
| 4 | Rừng | RU | Là khu vực đồi núi phía tây khu vực nghiên cứu |
| 5 | Mặt nước | MN | Là các đối tượng như sông, suối, ao, hồ,… |

Độ chính xác trong nghiên cứu được đánh giá bằng cách so sánh với bản đồ độ phân giải cao trên Google Earth. Kỹ thuật lấy mẫu ngẫu nhiên được sử dụng để kiểm tra sự tương đồng giữa các điểm cơ sở dựa trên mật độ và sự phân bố của từng lớp LULC. Độ chính xác của phân loại được đánh giá bằng cách sử dụng độ chính xác chung và hệ số kappa. Giá trị độ chính xác lớn 70%  và

hệ số kappa lớn hơn 0,75 có thể chấp nhận được (Lillesand, T.M. 2008).

Phân tích phát hiện thay đổi LULC là xác định loại đất sử dụng nào đang bị chuyển đổi mục đích sử dụng và pham vi không gian của chúng

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

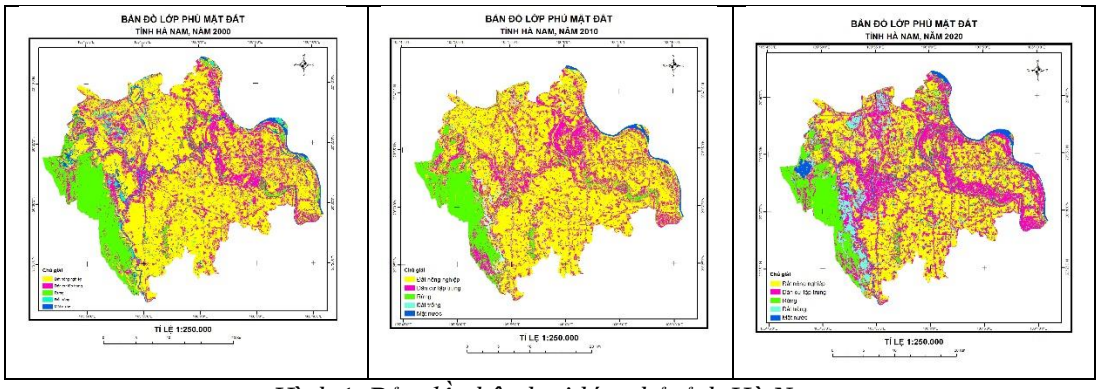
### *3.1 Đánh giá độ chính xác và thành lập bản đồ lớp phủ*

Việc xử lý và phân loại có giám sát ảnh vê tinh Landsat 7_ETM+ 2000, L5_TM 2010, L8_OLI 2020 đã tạo ra 3 bản đồ phân loại LULC. Ma trân sai số được sử dụng để đánh giá độ chính xác, trong đó bao gồm, độ chính xác, hệ số kapa, sai số hệ thống trung bình và bỏ sót trung bình

*Bảng 3. Đánh giá độ chính xác sau phân*

| Thời điểm | Độ chính xác | Hệ số Kappa | Sai số hệ thống trung bình (%) | Sai số bỏ sót trung bình (%) |
|---|---|---|---|---|
| 2000 | 82.92 | 0.75 | 19.44 | 11.79 |
| 2010 | 82.16 | 0.75 | 19.79 | 10.75 |
| 2020 | 93.89 | 0.92 | 5.73 | 5.41 |

Kết quả cho thấy loại độ chính xác chung của các năm lần lượt là 82.92%, 82.16% và 93.89%., hệ số kappa đều > 0.75, sai số hệ thống trung bình < 20%, sai số bỏ sót trung bình < 12%, theo thang phân loại được đưa ra bởi (Moriasi và cộng sự, 2007 ) độ chính xác phân loại đạt yêu cầu.

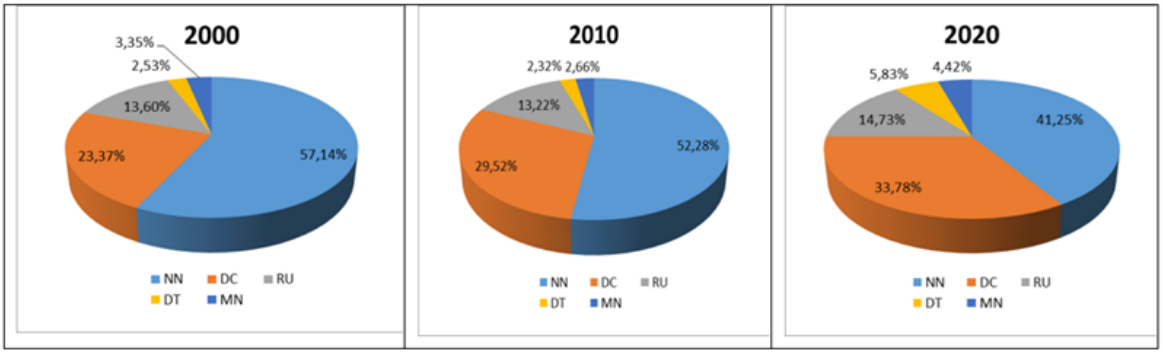



*Hình 1. Bản đồ phân loại lớp phủ tỉnh Hà Nam*

### *3.2 Phát hiện thay đổi*

Phát hiện thay đổi LULC của khu vực nghiên cứu cho thấy, từ năm 2000 đến năm 2020 diện tích đất nông nghiệp giảm là 27,81%, còn dân cư tăng 2,23%, rừng tăng 0,41%, đất trống 6,5%, mặt nước 1,6%. Điều này cho thấy nhiều dự án sử dụng đất vào mục đích phi nông nghiệp được thực hiện, tạo nên những biến động về đất đai. Cụ thể từ năm 2000 đến năm 2020 diện tích đất nông nghiệp giảm 4,68% và diện tích này đã chuyển sang diện tích đất dân cư, diện tích 3 nhóm còn lại hầu như không thay đổi. Nhưng từ năm 2010 đến 2020 diện tích đất nông nghiệp giảm 11.03%, các nhóm còn lại diện tích đều tăng. Trong đó, nước mặt tăng 1.76%, do tỉnh thực hiện chủ trương phát triển nuôi trồng thủy sản trên đất trồng lúa và đầu tư nâng cấp, xây dựng các công trình thủy lợi, hồ chứa nước ngọt. Diện tích đất trống tăng 3.51%, chủ yếu là đất quy hoạch cho các khu công nghiệp. Kết hợp với các chính sách giao đất, giao rừng cho các hộ

nông dân và tập thể quản lý, cùng sự hỗ trợ của dự án, chương trình phủ xanh đất trống đồi núi trọc, Hà Nam tham gia thực hiện dự án trồng 5 triệu ha rừng hàng năm nên diện tích đất rừng tăng 1.51%. Dưới áp lực gia tăng và dân số, tỉnh chủ trương xây dựng các khu dân cư mới đồng bộ về hạ tầng kỹ thuật và hạ tầng xã hội, vì vậy diện tích đất dân cư tăng 4.26%.




*Hình 2. Biểu đồ thể hiện tỉ lệ phần trăm diện tích của các lớp*

*Bảng 4. So sánh biến động diện tích (ha) của các đối tượng giữa năm 2000-2020*

| Đối tượng | 2000 | 2020 | Biến động (diện tích) | Biến động (% diện tích) | TB biến động (ha/năm) | TB biến động (% diện tích) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NN | 49251.69 | 35552.43 | -13699.26 | -27.81% | -684.963 | -1.39% |
| DC | 20143.26 | 29111.85 | 8968.59 | 44.52% | 448.4295 | 2.23% |
| RU | 11726.1 | 12695.67 | 969.57 | 8.27% | 48.4785 | 0.41% |
| DT | 2184.21 | 5022.72 | 2838.51 | 129.96% | 141.9255 | 6.50% |
| MN | 2884.68 | 3807.27 | 922.59 | 31.98% | 46.1295 | 1.60% |
| **Tổng diện tích** | **86189.94** | **86189.94** | | | | |

## 4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, phát hiện thay đổi LULC trong suốt hai thập kỷ được phân tích, kết quả cho thấy có sự thay đổi đáng kể về sử dụng đất/ lớp phủ đất. Với diện tích đất nông nghiệp giảm 15.89%, trong khi diện tích đất dân cư, đất trống, rừng, mặt nước tăng lần lượt là 10.41%, 3.30%, 1.13% và 1.07%. Những thay đổi này xảy ra chủ yếu trên diện tích đất trồng lúa, nguyên nhân một phần do mở rộng các khu đô thị mới và các khu công nghiệp ra vùng đồng ruộng, phần còn lại chuyển sang nước mặt là do hiệu quả của trồng lúa thấp, không mang lại thu nhập hấp dẫn như nuôi tôm, thủy sản nước ngọt.

Với khả năng cung cấp thông tin hữu ích một cách nhanh chóng và chính xác, viễn thám đã khẳng định là một công cụ hữu hiệu để phát hiện thay đổi sử dụng đất/lớp phủ đất và thành lập bản đồ tài nguyên thiên nhiên.

**Tài liệu tham khảo**

1. Chuong Huynh Van. (2016). Ứng dụng GIS và viễn thám nghiên cứu xu hướng biến động đất lâm nghiệp khu vực phía tây nam tỉnh Quảng Bình giai đoạn 2005-2015. Hue University Journal of science agriculture and runal deverlopmet 124
2. A.Singh. (1989). Review Article Digital change detection techniques using remotely-sensed data. J Indian Soc Remote 10: 989- 1003.
3. Adel Shalaby & Ryutaro Tateishi. (2007). Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land -use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. Applide Geography, 27(1), 28-41.
4. Amare Sewnet. (2015). Land use/cover change at infraz Watershed, Northwestren Ethiopia. *Journal of Landscape Ecology*, 8(1), 69-83.
5. Eric F. Lambin, Helmut J. Geist, & Erika Lepers. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 28, 205-241.
6. Gashaw G Chakilu & Mamaru A Moges. (2017). Assessing the land use/cover dynamics and its impact on the low flow of Gumara Watershed, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Hydrol Current Res*, 7, 2
7. Ibrahim Rizk Hegazy & Mosbeh Rashed Kaloop. (2015). Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate Egypt. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4(1), 117-124.
8. Ji Han; Yoshitsugu Hayashi; Xin Cao; and Hidefumi Imura (2009). Evaluating land-use change in rapidly urbanizing China: Case study of Shanghai. *Journal of Urban Planning and Development*, 135(4), 166-171.
9. Karim Solaimani, Maliheh Arekhi, Tamartash, R., & Miryaghobzadeh, M. (2010).Land use/cover change detection based on remote sensing data (A case study; Neka Basin). *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(6), 1148-1157.
10. M.T.Lillesand, R. Kiefer, J. Chipman. (2008). Remote Sensing and Image Interpretation, 6th ed.; John Wiley & Sons: New York, NJ, USA.
11. X. Chen, Lee Vierling, and D. Deering .(2005). A simple and effective radiometric correction method to improve landscape change detection across sensors and across time. *Remote Sensing of Environment*, 98(1), 63-79.
12. D.N. Moriasi., J.G.Arnold, M.W. Van Liew, R.L. Bingner, R.D. Harmel & T.L. Veith, (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Transactions of the ASABE, 50(3), 885-900.

# ABSTRACT

## APPLICATION OF REMOTE SENSING IN CHANGE DETECTING AND ANALYZING LAND USE/LAND COVER IN HA NAM PROVINCE 2000-2020

**Nguyen Van Thai[1], Le Van Ninh[1], Nguyen Thanh Do[1], Nguyen Van Dung[1], Pham Van Giang[1], Nguyen Thanh Hung[1], Lai Tuan Hiep[1], Nguyen Quoc Khue[1], Ha Van Thach[1], Do Dinh Thang[1], Nguyen Van Thanh[1], Bui Thi Huyen Trang[1], Nguyen Anh Tuan[1], Pham Van Sơn[1], Tran Thanh Ha[2]**

[(1)] *Department of Natural Resources and Environment in Ha Nam Province*

[(2)] Hanoi University of mining and geology

*Corresponding author: thanhdo.stnmthn@gmail.com*

This paper is representing land use/land cover changes in Ha Nam province in three years 2000, 2010, and 2020 based on remotely sensed data including Landsat 7 ETM (2000), Landsat 5 TM (2010), and Landsat 8 OLI (2020) with 30m spatial resolution. Based on reference data and surveys, 5 different types of land use were classified on images using a supervised classification method, which includes: urban, bare land, forest, agriculture, and open water. Results have shown that: area of agriculture reduced 13699.26 ha while urban area increased 8968.59 ha; forest area increased 969.57ha; bare land increased 2838.51ha; and open water increased 922.59ha. The decrease of agriculture was mainly caused by changes in local economic purposes which focused more on forest, aquaculture, industrial manufacture, and urbanization.

*Keywords*: Remote sensing, land use, land cover

# XU THẾ PHÂN BỐ NHIỆT ĐỘ NƯỚC BIỂN TẦNG MẶT VÙNG BIỂN ĐÔNG TỪ DỮ LIỆU VIỄN THÁM

**Nguyễn Ngọc Tuấn[1], Đỗ Thị Phương Thảo[2], Ninh Thị Kim Anh[3], Trần Thị Hương[3]**

*[1] Viện Nghiên cứu Hải sản,*
*[2] Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*[3] Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội*
*Tác giả liên hệ: nntuan@rimf.org.vn*

**Tóm tắt:** Trên cơ sở tổng hợp và phân tích số liệu 120 tháng vùng Biển Đông (1/2011 - 12/2020) về trường nhiệt độ nước biển tầng mặt từ dữ liệu viễn thám MODIS, kết quả nghiên cứu cho thấy nhiệt độ nước biển tầng mặt có sự biến động mạnh theo thời gian (sự khác biệt giữa hai mùa gió) và không gian (nhiệt độ tăng dần từ bắc vào nam, từ ven bờ ra ngoài khơi), tuân theo quy luật chu kỳ mùa và liên mùa. Vào mùa gió đông bắc, nhiệt độ nước biển tầng mặt phân bố ở ngưỡng nhiệt rộng, tập trung chủ yếu ở khoảng giá trị từ 26$^o$C đến 30$^o$C, nhiệt độ nhỏ hơn 23$^o$C phân bố chủ yếu ven bờ phía bắc Biển Đông đến vĩ tuyến 20$^o$N, chênh lệch giá trị nhiệt độ giữa vùng vịnh Bắc Bộ và Tây Nam Bộ khoảng 9$^o$C. Vào mùa gió tây nam, nhiệt độ nước biển tầng mặt phân bố ở ngưỡng nhiệt hẹp hơn và ít bị biến đổi theo không gian, tập trung chủ yếu ở khoảng giá trị từ 29$^o$C đến 31$^o$C. Một số khu vực ven bờ mang tính chất địa đới, như ven bờ Ninh Thuận - Bình Thuận tồn tại một khu vực nước trồi với nền nhiệt thấp (khoảng 26$^o$C) hoạt động mạnh từ tháng 6 đến tháng 8. Hoạt động của nước trồi rất thích hợp cho sự phát triển của sinh vật.

**Từ khoá**: ENSO, dữ liệu MODIS, nhiệt độ nước biển tầng mặt, vùng Biển Đông, viễn thám

## 1. Đặt vấn đề

Nhiệt độ nước biển là một thông số vật lý cơ bản nhất chi phối mọi quá trình thủy nhiệt động lực biển, đồng thời đảm bảo tồn tại và phát triển đời sống sinh vật trong biển. Nhiệt độ nước biển tầng mặt (Sea Surface Temperature - SST) có vai trò quan trọng trong hệ thống khí hậu của Trái Đất và nó được xem là thông số quan trọng nhất trong hải dương học [7,8]. Ngoài nghiên cứu trao đổi hơi nước, nhiệt giữa bề mặt nước và khí quyển, nhiệt độ nước biển tầng mặt còn cung cấp những thông tin hữu ích khác cho các nghiên cứu biển và đại dương. Tuy nhiên việc thu thập số liệu nhiệt độ nước biển tầng mặt trực tiếp từ các chuyến điều tra khảo sát bằng tàu biển, trạm phao cũng như lưu trữ nhiệt độ nước biển tầng mặt rất ít và không liên tục.

Biển Đông là một khu vực có tầm quan trọng đặc biệt đối với kinh tế biển Việt Nam, thường xuất hiện hiện tượng nước trồi trong mùa gió tây nam tại một số khu vực [4]. Khi nước trồi hoạt động, các lớp nước lạnh ở tầng sâu di chuyển thẳng đứng lên trên bề mặt mang theo nhiều chất dinh dưỡng tạo điều kiện tối ưu cho quá trình quang hợp của thực vật nổi. Các nghiên cứu nhiệt độ nước biển tầng mặt tại vùng biển liên quan đến biến đổi khí hậu, bão, front nhiệt,

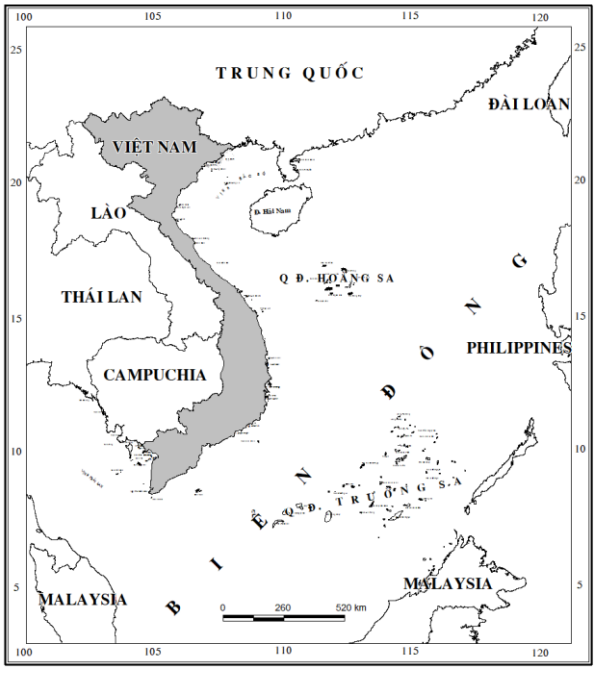
hay tìm kiếm ngư trường cá tiềm năng cho thấy nhiệt độ nước biển tầng mặt có vai trò rất quan trọng trong nghiên cứu biển và đại dương [1], [3], [5]. Do đó việc sử dụng nguồn dữ liệu viễn thám để giám sát phân bố, biến động nhiệt độ nước biển tầng mặt vùng Biển Đông với không gian rộng và thời gian liên tục là vấn đề thiết thực cần thực hiện.

Trong nghiên cứu này sử dụng số liệu nhiệt độ nước biển tầng mặt được trích lọc từ dữ liệu viễn thám MODIS để thành lập bản đồ phân bố không gian vùng Biển Đông trong giai đoạn từ 1/2011 đến 12/2020 nhằm đánh giá xu thế biến động trường nhiệt độ tầng mặt.

## 2. Tài liệu và phương pháp nghiên cứu

### *2.1. Nguồn số liệu và phạm vi nghiên cứu*

Bài báo sử dụng nguồn dữ liệu viễn thám do Cục quản trị Hàng không và Vũ trụ Hoa Kỳ (NASA) chụp, xử lý. Nguồn dữ liệu này được công bố công khai và chia sẻ miễn phí trên website OceanColor Web: http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/. Đây là các file ảnh MODIS của vệ tinh Aqua ở cấp độ 3 (ảnh đã được xử lý và giải đoán), mô tả các giá trị trung bình tháng nhiệt độ nước biển tầng mặt. Dữ liệu được thu thập dưới định dạng file netCDF - Network Common Data Form (phần tập tin mở rộng có dạng *.nc) với độ phân giải 0,25$^o$ x 0,25$^o$ trong khoảng thời gian tròn 10 năm (từ tháng 1 năm 2011 đến tháng 12 năm 2020). Định dạng netCDF được xuất hiện lần đầu tiên vào cuối những năm 1980 bởi Unidata Program Center với mục đích là xây dựng một định dạng tệp cho phép chia sẻ dữ liệu giữa các nhà khoa học trong lĩnh vực khí quyển, đại dương. Các số liệu nhiệt độ nước biển tầng mặt sau khi trích lọc được tổng hợp thành thư mục riêng, file riêng lưu trữ dưới dạng file *xlsx. Sau khi loại bỏ các số liệu nhiệt độ nước biển tầng mặt nằm ngoài khoảng (10-35$^o$C) theo tiêu chuẩn cơ sở dữ liệu biển thế giới - NODC năm 2009 [9] thì toàn bộ số liệu được tổng hợp vào phần mềm Excel để xử lý, phân tích.




*Hình 1. Phạm vi nghiên cứu vùng Biển Đông*

Phạm vi nghiên cứu là vùng Biển Đông, theo quy định công ước Liên hợp quốc về Luật biển năm 1982, Biển Đông được giới hạn trong phạm vi từ vĩ tuyến 3°N đến vĩ tuyến 26°N và từ kinh tuyến 100°E đến kinh tuyến 121°E tiếp giáp với 9 nước: Trung Quốc, Philippines, Indonesia, Brunei, Malaysia, Singapore, Thái Lan, Campuchia, Đài Loan và lãnh thổ Việt Nam (Hình 1). Vùng biển Việt Nam bao gồm vùng nội thuỷ, lãnh hải, vùng tiếp giáp lãnh hải, vùng đặc quyền kinh tế về thềm lục địa với diện tích khoảng 3,6 triệu $km^2$. Đường bờ biển (Việt Nam) dài khoảng 3260km trải dọc Bắc vào Nam - từ Móng Cái (Quảng Ninh) đến Hà Tiên (Kiên Giang) với 28 tỉnh, thành phố trực thuộc trung ương ven biển và 12 huyện đảo lớn nhỏ. Thời gian nghiên cứu là 10 năm: từ tháng 1 năm 2011 đến tháng 12 năm 2020.

### *2.2. Phương pháp nghiên cứu*

Mặt dù dữ liệu MODIS đã có những thành quả nhất định, nhưng bộ số liệu này có những hạn chế nhất định như có sự sai lệch trong tính toán nhiệt độ mặt nước biển tại các khu vực bị tác động bởi các nhiễu động khí quyển mạnh. Tuy nhiên tại vùng biển Việt Nam, nhiệt độ nước biển tầng mặt đã được Nguyễn Ngọc Tuấn kiểm chứng với 1407 điểm thực đo tại khắp vùng biển Việt Nam từ Quảng Ninh đến Kiên Giang trong suốt giai đoạn 2015 - 2020. Kết quả kiểm chứng cho thấy hệ số tương quan R từ 0,9 trở lên, sai số trung bình tuyệt đối MAE là 0,08°C, sai số bình phương trung bình quân phương RMSE là 0,67°C. Vì vậy số liệu nhiệt độ nước biển tầng mặt trích xuất từ dữ liệu viễn thám MODIS đảm bảo độ tin cậy để sử dụng nghiên cứu này.

Bài báo sử dụng phương pháp thống kê thông thường trong toán học để tính toán, xác định các giá trị đặc trưng cơ bản của chuỗi số liệu như các giá trị lớn nhất, nhỏ nhất và trung bình. Các giá trị đặc trưng này được xác định cho các chuỗi số liệu tháng, mùa, năm và nhiều năm. Các số liệu trung bình nhiều năm được tính theo phương pháp thống kê toán học thông thường, từ chuỗi số liệu liên tục trong các tháng và tính theo theo biểu thức [6].

$$\overline{SST} = \frac{\sum_{i=1}^{n} SST_i}{n} \quad (1)$$

Trong đó:

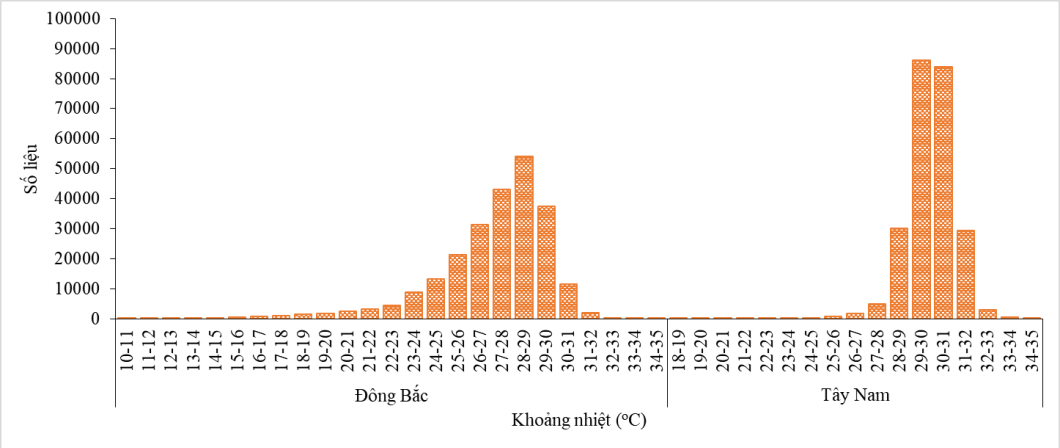
- $SST_i$: là các giá trị nhiệt độ bề mặt biển trung bình từng tháng trong một mùa, từng tháng trong một năm.
- $\overline{SST}$: là giá trị nhiệt độ bề mặt biển trung bình (theo tháng, mùa, năm và nhiều năm)
- n là số lượng các tháng trong một mùa, các tháng trong một năm, nhiều năm.

Các số liệu trung bình được xử lý tiến hành xây dựng biến trình theo thời gian và không gian các đặc trưng thống kê của yếu tố nhiệt độ nước biển tầng mặt. Các kết quả được trình bày dưới dạng biểu đồ, đồ thị, bản đồ cho việc phân tích đánh giá kết quả. Các file *.xlsx nhiệt độ nước biển tầng mặt trung bình mùa gió nhiều năm được đưa vào phần mềm bản đồ (Surfer) để vecto hoá, biên tập thành bản đồ phân bố không gian trường nhiệt. Để biểu thị rõ xu thế đặc trưng nhiệt độ nước biển tầng mặt khu vực nghiên cứu giữa hai mùa gió đông bắc và tây nam, trước tiên các bản đồ nhiệt độ nước biển trung bình cho từng mùa gió được tính toán xây dựng theo

công thức (1) dựa trên chuỗi số liệu 10 năm trong giai đoạn 2011 - 2020. Các bản đồ là kết quả về nền nhiệt độ trung bình theo mùa gió được thể hiện thành các đường đẳng nhiệt với khoảng chia đều là 0,5$^{o}$C.

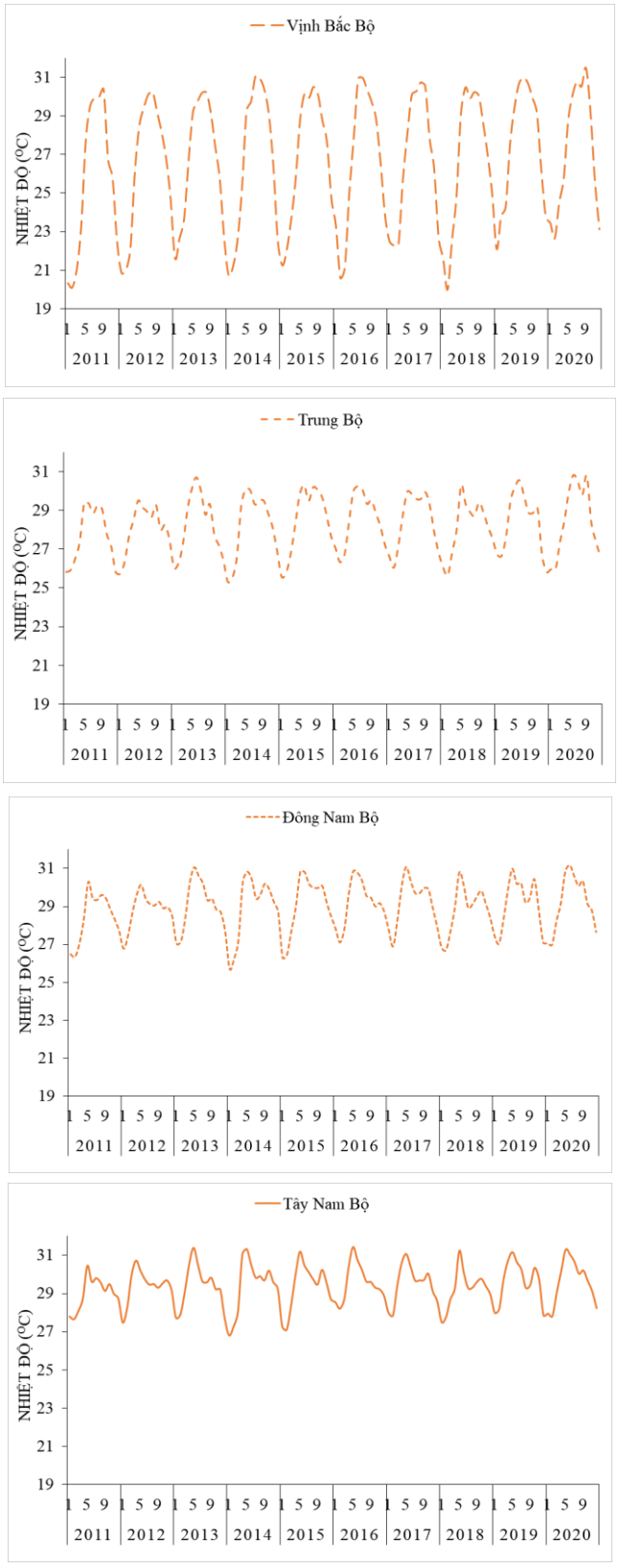
**3. Kết quả nghiên cứu**

Việt Nam nằm trong vành đai nội chí tuyến, quanh năm không khí có nhiệt độ cao và độ ẩm lớn, vào mùa hè nóng lực, mùa đông lạnh giá. Kết quả phân bố số liệu nhiệt độ nước biển tầng mặt như mô tả trong Hình 2 có thể thấy rằng sự phân bố nhiệt độ nước biển tầng mặt theo khoảng giá trị vùng Biển Đông có sự khác nhau rõ rệt theo mùa. Số liệu nhiệt độ nước biển tầng mặt vào mùa gió đông bắc (từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau) vùng Biển Đông dao động trong khoảng giá trị từ 10$^{o}$C đến 35$^{o}$C nhưng phần lớn giá trị tập trung ở ngưỡng nhiệt từ 26$^{o}$C đến 29$^{o}$C, ngưỡng nhiệt nhỏ hơn 23$^{o}$C tập trung hầu hết ở khu vực ven bờ lục địa phía bắc Biển Đông đến vĩ tuyến 20$^{o}$N. Vào mùa gió tây nam (từ tháng 5 đến tháng 9) nhiệt độ nước biển tầng mặt vùng Biển Đông dao động ở ngưỡng nhiệt hẹp hơn với giá trị từ 18$^{o}$C đến 35$^{o}$C, nhưng phần lớn giá trị tập trung ở ngưỡng nhiệt 28$^{o}$C đến 32$^{o}$C, giá trị tập trung cao nhất ở ngưỡng nhiệt 29-31$^{o}$C (Hình 2).




*Hình 2. Biểu đồ phân bố số liệu nhiệt độ nước biển tầng mặt ($^{o}$C) theo các khoảng giá trị*

Biểu đồ giá trị nhiệt độ nước biển tầng mặt trung bình tháng nhiều năm vùng Biển Đông cho thấy, nhiệt độ nước biển tầng mặt vùng Biển Đông tuân theo quy luật mùa, nhiệt độ thấp vào mùa gió đông bắc và cao vào mùa gió tây nam. Tuy nhiên tại mỗi vùng biển trong từng khu vực, nhiệt độ nước biển tầng mặt có sự biến động theo chu kỳ mùa khác nhau. Cụ thể vùng biển vịnh Bắc Bộ (từ vĩ tuyến 17$^{o}$N trở lên và kinh tuyến 110$^{o}$E trở vào đất liền), trong giai đoạn 10 năm từ năm 2011 đến năm 2020 có sự biến động theo chu kỳ mùa mạnh nhất. Giá trị nhiệt độ nước biển tầng mặt trung bình tháng tại vùng biển này dao động trong khoảng giá trị 19,97$^{o}$C-31,49 $^{o}$C, giá trị trung bình là 26,65 $^{o}$C. Giá trị trung bình tháng thấp nhất (cực tiểu) vào tháng 2 năm 2018, giá trị trung bình tháng cao nhất (cực đại) vào tháng 9 năm 2020. Như vậy vùng biển vịnh Bắc Bộ giữa các tháng trong các năm có sự dao động lớn, chêch lệch giá trị giữa cực đại và cực tiểu là 11,52$^{o}$C.



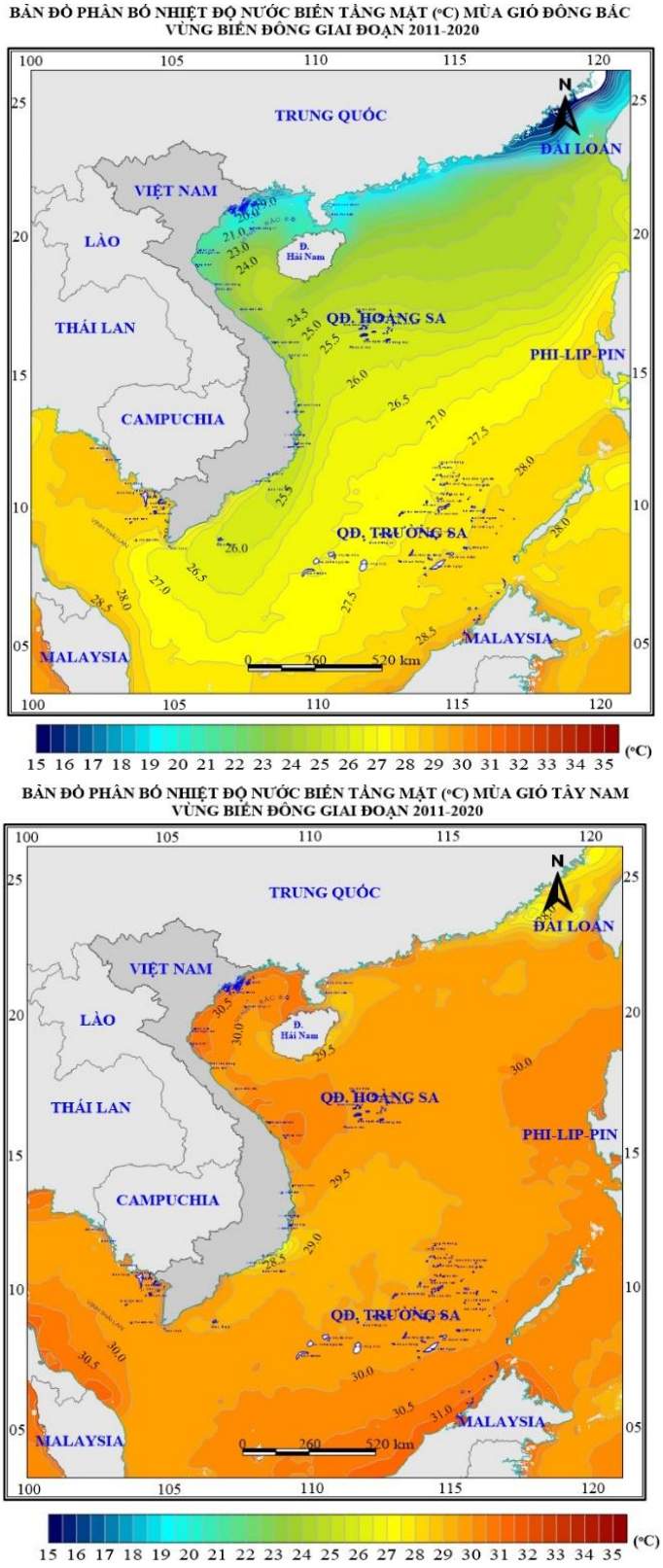

*Hình 3. Biến động nhiệt độ nước biển tầng mặt (SST) trong từng vùng biển*

Vùng biển Trung Bộ (từ vĩ tuyến 10,5°N-17°N, kinh tuyến 117°E trở vào đất liền) trong giai đoạn 2011-2020, giá trị nhiệt độ nước biển tầng mặt trung bình tháng nhỏ nhất là 25,3°C vào tháng 1 năm 2014, cao nhất là 30,84 °C vào tháng 6 năm 2020, giá trị trung bình toàn giai

đoạn là 28,3 $^{o}$C. Vùng biển Đông Nam Bộ (từ vĩ tuyến 5$^{o}$N-10,5$^{o}$N, kinh tuyến 105$^{o}$E-117$^{o}$E) có giá trị trung bình toàn giai đoạn là 28,98 $^{o}$C, giá trị nhỏ nhất vào tháng 1 năm 2014 là 25,7 $^{o}$C, giá trị cao nhất vào tháng 6 năm 2020 là 31,17 $^{o}$C. Vùng biển Tây Nam bộ và lân cận (từ vĩ tuyến 5$^{o}$N đổ lên, kinh tuyến 102$^{o}$E-105$^{o}$E) nhiệt độ nước biển tầng mặt trung bình tháng thấp nhất vào tháng 1 năm 2014 là 26,3 $^{o}$C, cao nhất là 31,4 $^{o}$C vào tháng 5 năm 2016, trung bình toàn giai đoạn là 29,4 $^{o}$C. Như vậy qua những biểu đồ Hình 3 có thể thấy trong các năm từ 2011 đến 2020 nhiệt độ nước biển tầng mặt luôn có giá trị cực đại vào các tháng chính mùa tây nam (tháng 6, 7) và giá trị cực tiểu vào chính mùa đông bắc (tháng 12, 1). Giá trị nhiệt độ nước biển tầng mặt vùng Biển Đông biến đổi giữa các năm phụ thuộc vào cường độ, thời gian hoạt động của hệ thống gió mùa đông bắc và gió mùa tây nam. Sự chênh lệch này cũng thể hiện rõ giữa vùng ven bờ và vùng biển ngoài khơi. Trong đó, vào mùa đông, khu vực ven bờ (nhất là phía bắc) nhiệt độ đều thấp hơn và giá trị biến đổi giữa các năm lớn hơn so với khu vực ngoài khơi. Trong mùa hè còn thấy sự khác biệt rất lớn ở khu vực nước trồi hoạt động. Tóm lại, nhiệt độ nước biển tầng mặt vùng Biển Đông không chỉ tuân theo chu kỳ mùa, liên mùa, năm, nhiều năm, thập kỷ mà còn chịu sự tác động của biến đổi khí hậu, hiện tượng ENSO (nóng, lạnh). Xu hướng nhiệt độ nước biển tầng mặt vùng Biển Đông ấm dần lên.

Bản đồ phân bố nhiệt độ nước biển tầng mặt vùng Biển Đông theo mùa gió (đông bắc, tây nam) giai đoạn 2011-2020 được trình bày ở Hình 4. Sự biến đổi nhiệt độ nước biển tầng mặt trong giai đoạn chịu sự chi phối rất lớn bởi sự hoạt động của chế độ gió mùa thịnh hành.

Mùa gió đông bắc hoạt động từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau, các khối khí xuất phát từ cao áp Xibia di chuyển về nước ta với tính chất lạnh khô và gây nên một mùa đông lạnh giá với nền nhiệt thấp ở vùng biển phía bắc. Do sự hoạt động mạnh mẽ của hệ thống gió mùa đông bắc đã đẩy các khối nước lạnh ép sát bờ, các khối nước lạnh này từ phía bắc Thái Bình Dương dọc theo ven bờ lục địa di chuyển về Biển Đông qua khe biển Phúc Kiến (Trung Quốc) và Đài Loan. Các khối nước lạnh này áp sát ven bờ lục địa hình thành "lưỡi" lạnh kéo dài đẩy dần xuống phía nam. Lưỡi nước lạnh này có quy mô khác nhau và ngày càng rõ rệt khi vào chính mùa gió đông bắc làm cho nhiệt độ nước biển bề mặt ven bờ phía bắc và phía tây Biển Đông từ Quảng Ninh, Hải Phòng (vịnh Bắc Bộ) đến Bạc Liêu, Cà Mau (Đông Nam Bộ) có dải nhiệt thấp hơn khu vực ngoài khơi và có xu hướng tăng dần khi về gần xích đạo. Điều này được thể hiện qua các đường đẳng nhiệt có xu hướng thu hẹp và gần nhau hơn. Cụ thể nhiệt độ nước biển tầng mặt trung bình mùa gió đông bắc giai đoạn 2011-2020 vùng Biển Đông dao động trong khoảng từ 18$^{o}$C đến 29$^{o}$C, khu vực từ ven bờ phía bắc Biển Đông và một phần vùng biển Quảng Ninh có nền nhiệt thấp nhất ở khoảng từ 18$^{o}$C đến 20$^{o}$C. Khu vực giữa vịnh Bắc Bộ và ven bờ Trung Bộ (từ Nghệ An đến Sóc Trăng, Bạc Liêu) do ảnh hưởng của "lưỡi" nước lạnh nhiệt độ ở khoảng 23$^{o}$C đến 26$^{o}$C. Khu vực phía tây nam Việt Nam và vịnh Thái Lan nhiệt độ cao nhất so với toàn vùng biển, nhiệt độ ở khoảng 27$^{o}$C đến 28$^{o}$C do ít bị ảnh hưởng bởi "lưỡi" nước lạnh từ Biển Đông, nơi có nền nhiệt ổn định và ít biến đổi. Khu vực xa bờ miền Trung và giữa Biển Đông nhiệt độ từ 26$^{o}$C đến 28$^{o}$C và có xu hướng tăng dần từ vị trí quần đảo Hoàng Sa đến quần đảo Trường Sa (Hình 4). Giá trị nhiệt độ nước biển tầng mặt chênh lệch từ vùng biển vịnh Bắc Bộ so với vùng biển Tây Nam Bộ ở mùa gió này là 9$^{o}$C.




*Hình 4. Phân bố nhiệt độ nước biển tầng mặt ($^oC$) theo mùa giai đoạn 2011-2020*

Mùa gió Tây Nam (hay còn gọi là gió Tây Nam hoặc gió mùa hè), là một đợt gió mùa hình thành từ trung tâm áp thấp Ấn Độ - Myanmar, hút gió từ Bắc Ấn Độ Dương qua vịnh Bengan vào Việt Nam, thường xuất hiện bắt đầu vào tháng 4, hoạt động từ tháng 5 đến tháng

9, hoạt động mạnh khoảng tháng 7, tháng 8. Gió mùa tây nam xuất phát từ cao áp cận chí tuyến bán cầu nam hoạt động mạnh. Khi vượt qua vùng biển xích đạo, khối khí này trở nên nóng ẩm. Vào thời gian này nhiệt độ nước biển tầng mặt ít bị thay đổi theo không gian, bao phủ toàn bộ vùng Biển Đông ở khoảng nhiệt từ 29 $^oC$ đến 31$^oC$. So với mùa gió đông bắc, nhiệt độ nước biển tầng mặt ở mùa gió này cao hơn từ 1$^oC$ đến 10$^oC$, biến đổi mạnh nhất là khu vực vịnh Bắc Bộ. Ở một số vị trí gần bờ và ven lục địa, nhiệt độ nước biển tầng mặt mang tính chất địa đới. Điển hình tại vị trí ven bờ Ninh Thuận - Bình Thuận tồn tại một khu vực nước trồi hoạt động mạnh từ khoảng tháng 6 đến tháng 8 với nền nhiệt ở tâm nước trồi khoảng 26$^oC$ hoặc có thể thấp hơn (Hình 4). Hiện tượng nước trồi ở đây được gây lên bởi gió mùa tây nam đưa nước lạnh ở dưới tầng sâu lên trên tầng mặt làm cho nhiệt độ nước ở khu vực này thấp hơn các vùng xung quanh. Hiện tượng nước trồi rất quan trọng với hoạt động nghề cá, tại đây nguồn năng suất sơ cấp thường rất cao do sự xáo trộn lớn giữa các lớp nước, các hợp chất vô cơ, hữu cơ được đưa từ tầng đáy lên lớp bề mặt, do đó đây chính là nơi tập trung cao ngư trường của một số loài cá nổi.

## 4. Kết luận

Nhiệt độ nước biển tầng mặt vùng Biển Đông thay đổi theo quy luật chu kỳ mùa, liên mùa. Tuy nhiên sự biến động giá trị nhiệt độ nước biển tầng mặt tại vùng biển biến đổi giữa các năm phụ thuộc vào cường độ, thời gian hoạt động của hệ thống gió mùa đông bắc và gió mùa tây nam.

Vào mùa gió đông bắc, phần lớn nhiệt độ nước biển tầng mặt tập trung trong khoảng giá trị từ 23$^oC$ đến 29$^oC$, nhiệt độ nhỏ hơn 23$^oC$ phân bố chủ yếu ven bờ lục địa phía bắc Biển Đông khoảng từ vĩ tuyến 20$^oN$ trở lên. Bản đồ phân bố không gian trung bình nhiều năm theo mùa, nhiệt độ nước biển tầng mặt dao động trong khoảng từ 18$^oC$ đến 29$^oC$, khu vực ven bờ phía bắc Biển Đông có nền nhiệt thấp, xu hướng phân bố tăng dần từ bắc vào nam, từ ven bờ ra ngoài khơi. Chênh lệch giá trị nhiệt độ nước biển tầng mặt trung bình ở vịnh Bắc Bộ và Tây Nam Bộ khoảng 9$^oC$.

Vào mùa gió tây nam, nhiệt độ nước biển tầng mặt phân bố với khoảng giá trị hẹp hơn, ít bị biến đổi theo không gian, phần lớn giá trị tập trung trong khoảng từ 29$^oC$ đến 31$^oC$ bao phủ toàn vùng Biển Đông. Ở một số khu vực gần bờ mang tính chất địa đới, như ven bờ Ninh Thuận - Bình Thuận tồn tại một khu vực nước trồi hoạt động mạnh từ tháng 6 đến tháng 8, hiện tượng nước trồi là do sự xáo trộn giữa các lớp nước nên đã đẩy lớp nước tầng sâu lên mặt, do đó là nơi có điều kiện thuận lợi để phát triển sinh vật.

## Tài liệu tham khảo

1. Lê Quốc Huy và nnk (2017), *Ảnh hưởng của dao động nội mùa quy mô tựa hai tuần đến trường gió và trường nhiệt độ bề mặt nước biển khu vực biển ven bờ Việt Nam trong mùa Hè*, Tạp chí Khí tượng Thủy văn, số 7, tr 19-26.

2. Bùi Thanh Hùng, Nguyễn Ngọc Tuấn và nnk (2019), *Nghiên cứu phân bố và biến động các khu vực nước trồi và ảnh hưởng của chúng tới nguồn lợi cá nổi nhỏ vùng biển ven bờ Việt Nam*, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn - Chuyên đề nghiên cứu nghề cá biển, năm thứ 19, số ISSN 1859-4581, tr 232-238.
3. Nguyễn Văn Hướng và nnk (2020), *Nghiên cứu phân bố front nhiệt độ nước biển tầng mặt ở biển Việt Nam phục vụ dự báo ngư trường khai thác hải sản*, Tạp chí khí tượng thủy văn, 2020(719), tr 66-75. https://doi.org/10.36335/VNJHM.2020(719).66
4. Bùi Hồng Long (2009), *Hiện tượng nước trồi trong vùng biển Việt Nam*, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
5. Nguyễn Duy Thành, Nguyễn Văn Hướng và Nguyễn Hoàng Minh (2017), *Ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS trong công tác dự báo ngư trường khai thác cá ngừ đại dương ở vùng biển Việt Nam*, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, tháng 12, tr 16-20.
6. Nguyễn Thế Tưởng (2006), *Điều tra tổng hợp điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên và môi trường vịnh Bắc Bộ*, Trong báo cáo tổng kết đề tài, Bộ Khoa học công nghệ.
7. Minnett, P. J., Chin, T. M., Corlett, G. K., Gentemann, C. L., Karagali, I., Li, X., Marsouin, A., Marullo, S., Maturi, E., Santoleri, R., Picart, S. S., Steele, M., & Vazquez-cuervo, J (2019). *Half a century of satellite remote sensing of sea-surface temperature*, Remote Sensing of Environment, Vol 233(September), 49p.
8. Robles-tamayo, C. M., Valdez-holgu, E., Garc, R., Figueroa-preciado, G., Herrera-cervantes, H., Juana, L., & Fernando, L (2018), *Sea Surface Temperature ( SST ) Variability of the Eastern Coastal Zone of the Gulf of California*, Remote Sensing, Vol 10, No 1434, pp 1-23.
9. Timothy P. Boyer, John I. Antonov et al (2009), *World Ocean Database 2009*, NOAA Atlas NESDIS 66, Sydney Levitus, Ed., pp 1-217.

## ABSTRACT

# THE TREND OF SEA SURFACE TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE EAST SEA FROM REMOTE SENSING DATA

**Nguyen Ngoc Tuan[1], Do Thi Phuong Thao[2], Ninh Thi Kim Anh[3], Tran Thi Huong[3]**

*[1] Research Institute for Marine Fisheries*

*[2] Hanoi University of Mining and Geolog*

*[3] Hanoi University of Natural Resources and Environment*

*Corresponding author: nntuan@rimf.org.vn*

On the basis of synthesizing and analyzing 120 months of data in the East Sea (January 2011 - December 2020) on the surface sea temperature field from MODIS remote sensing data, the research results show that the stratosphere seawater temperature The surface has strong

fluctuations in time (difference between two wind seasons) and space (temperature gradually increases from north to south, from coastal to offshore), obeying the law of seasonal and inter-seasonal cycles. In the northeast monsoon season, the surface sea temperature is distributed at a wide temperature range, mainly in the range from 26$^{o}$C to 30$^{o}$C, the temperature is less than 23$^{o}$C, distributed mainly along the northern coast of the East Sea to the latitude 20$^{o}$N, the temperature difference between the Gulf of Tonkin and the Southwest is about 9$^{o}$C. In the southwest monsoon season, the surface sea temperature is distributed at a narrower temperature range and is less variable in space, concentrating mainly in the range from 29$^{o}$C to 31$^{o}$C. Some coastal areas are of tropical nature, such as Ninh Thuan - Binh Thuan shoreline, there is an upwelling area with low temperature (about 26$^{o}$C) that is active from June to August. The activity of rising water is very suitable for the development of marine life.

*Keywords:* ENSO, MODIS Data, Sea Surface Temperature, Bien Dong Sea, Remote Sensing

# ỨNG DỤNG TỔNG HỢP CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐỊA KỸ THUẬT TRONG ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ SẠT LỞ NÚI ĐÁ VÔI

**Lê Văn Cảnh, Cao Xuân Cường,**
**Kiều Duy Thông, Phan Văn Bình, Nguyễn Quốc Long**
*Trường đại học Mỏ - Địa chất*
*Tác giả liên hệ: levancanh@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Núi đá vôi thường bị phong hóa, tạo thành các khối nên có thể tiềm ẩn nguy cơ gây mất an toàn cho các hộ dân sinh sống sát dưới chân núi và vùng lân cận. Do tính chất cơ lý đất đá phức tạp, địa hình hiểm trở, sườn núi có độ dốc lớn, thậm chí dốc đứng và có hàm ếch, nên việc xác định nguyên nhân, đánh giá nguy cơ sạt lở của núi đá vôi rất kho khăn, cần phải kết hợp nhiều ngành kỹ thuật để xử lý. Nghiên cứu này đã sử dụng tổ hợp các phương pháp địa kỹ thuật thuộc lĩnh vực kỹ thuật Trắc địa, Địa chất và Địa vật lý để xác định nguy cơ sạt lở cho Núi Vườn Già thuộc xã Trường Yên, huyện Hoa Lư, tỉnh Ninh Bình. Công nghệ bay không người lái, máy toàn đạc điện tử và GNSS/RTK được ứng dụng kết hợp để xây dựng mô hình DSM, DEM và thành lập bản đồ hiện trạng tỷ lệ 1:500; ứng dụng kỹ thuật đo địa chấn khúc xạ để xác định mặt trượt; dùng kỹ thuật địa chất để xác định các nguyên nhân và đánh giá nguy cơ sạt lở. Kết quả đã xác định được nguyên nhân gây ra hiện tượng sạt lở, khối lượng đất đá có nguy cơ sạt lở và khoanh vùng ảnh hưởng do sạt lở đất đá gây ra tại khu vực Núi Vườn Già. Kết quả của nghiên cứu này đã được chính quyền địa phương sử dụng làm cơ sở để di rời ngay lập tức các hộ dân bị ảnh hưởng và lập phương án xử lý khi sạt lở xảy ra.

**Từ khóa:** Núi Vườn Già, Sạt lở, Địa kỹ thuật, DSM

## 1. Mở đầu

Sạt lở đất đá là một thảm họa xảy ra phổ biến tại các khu vực vùng núi, đá rơi thường là ngẫu nhiên, sức tàn phá lớn và quĩ đạo di chuyển khó có thể xác định được chính xác [1]. Thảm họa do sạt lở đất đá gây ra là rất nghiêm trọng, tổn thất to lớn về tài sản và thậm chí là cả về con người. Các yếu tố gây ra dịch chuyển biến dạng bao gồm tính chất cơ lý đất đá; các tác động ngoại lực bên ngoài và sự phong hóa đất đá theo thời gian [2]. Thông thường đất đá  sạt lở luôn có biểu hiện đặc trưng là xảy ra trong một gian dài biến dạng, tốc độ của quá trình dình chuyển và biến dạng có thể xác định bằng các số liệu quan trắc đa thời gian [3]. Tuy nhiên, với núi đá vôi, địa hình có độ dốc lớn, tính chất cơ lý đá và điều kiện địa chất phức tạp, dẫn tới sự dịch chuyển đất đá thường đột ngột, khó có thể xác định được bằng phương pháp quan trắc thông thường.

Việc nghiên cứu về nguyên nhân, tính chất, mô phỏng hướng đá rơi và dự báo vùng ảnh hưởng do sạt lở đất đá gây ra đã được thực hiện bởi nhiều nhà khoa học với các nhiều cách tiếp cận khác nhau như: nghiên cứu theo hướng lý thuyết [4]; phân tích thống kê các số liệu thí nghiệm [5]; điều tra và khảo sát thực địa [6], ứng dụng công nghệ hiện đại sử dụng mạng neuron nhân tạo và

thuật toán tối ưu để lập mô hình dự báo khả năng và xác định vùng ảnh hưởng của đá rơi [1]. Các nghiên cứu trên đều cho thấy nguồn dữ liệu nghiên cứu phong phú, thu thập từ nhiều phương pháp khác nhau, đặc điểm dịch chuyển và sạt trượt đất đã không giống nhau cho cùng đối tượng.

Núi Vườn Già thuộc huyện Hoa Lư, tỉnh Ninh Bình là núi đá vôi địa hình có cấu trúc phức tạp, đá phong hóa tạo thành nhiều kẽ nứt, hang Krast. Khu vực sườn đông của núi Vườn Già xuất hiện hiện tượng trượt lở đất đá tạo thành hàm ếch có nguy cơ sạt lở, ảnh hưởng tới cuộc sống của nhiều hộ dân dưới chân núi. Việc nghiên cứu đánh giá, dự báo và khoanh vùng có nguy cơ ảnh hưởng do sạt lở đá trên núi gây ra là thực sự cần thiết và cấp bách. Tuy nhiên, Núi vườn già thuộc vùng lõi bảo vệ di tích Cố đô Hoa Lư, nên cần đưa ra biện pháp kỹ thuật hợp lý để không ảnh hưởng tới cảnh quan môi trường khu di tích.

## 2. Khu vực nghiên cứu

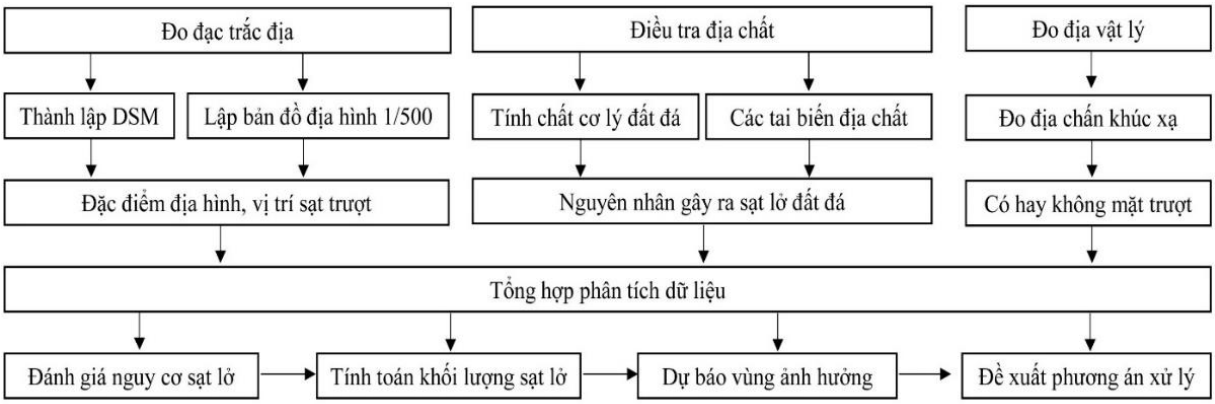



*Hình 1. Khu vực nghiên cứu Núi Vườn Già, xã Trường Yên, Hoa Lư, Ninh Bình*

Núi Vườn Giá có diện tích khoảng 1ha, địa hình núi đá vôi có độ dốc lớn, chênh cao lớn nhất khoảng 40m, đất đá có cấu tạo phân lớp, có nhiều khe nứt, đứt gãy và các hang Karst. Địa hình có cây cối che phủ, dưới chân núi có nhiều hộ dân sinh sống (hình 1). Sườn đông của Núi xuất hiện khu vực có nguy cơ sạt lở xuống nhà dân.

## 3. Phương pháp nghiên cứu

Các phương pháp địa kỹ thuật đã được sử dụng trong xác định nguy cơ sạt trượt của Núi Vườn Già bao gồm: Kỹ thuật trắc địa, Kỹ thuật địa chất và kỹ thuật địa vật lý. Chi tiết áp dụng của từng phương pháp tuân theo qui trình trong hình 2.




*Hình 2. Qui trình xác định nguy cơ sạt lở tại Núi Vườn Già*

## 4. Thực nghiệm

### *4.1 Thành lập mô hình DSM và bản đồ địa hình*

Sử dụng thiết bị bay không người lái UAV inspire 2 (camera 24MXP) thu nhận ảnh khu vực nghiên cứu, với phương pháp bay chụp theo dạng mắt lưới (dải hai chiều vuông góc), chiều cao bay chụp 80m, độ phủ trùm ảnh dọc và ngang 85% độ phân giải ảnh mặt đất đạt 2cm. Để nắn ảnh và kiểm tra độc chính xác mô hình 16 điểm khống chế ảnh mặt đất (GCP) được thành lập trên khu vực đo vẽ. Kết quả xử lý ảnh và đánh giá độ chính xác mô hình DSM, điểm kiểm tra có sai số lớn nhất tọa mặt bằng và độ cao là 2.5 cm và 5.2 cm. Đạt độ chính xác phục phụ thành lập bản đồ tỷ lệ 1/500. Mô hình DSM được thành lập thể hiện trên hình 3.



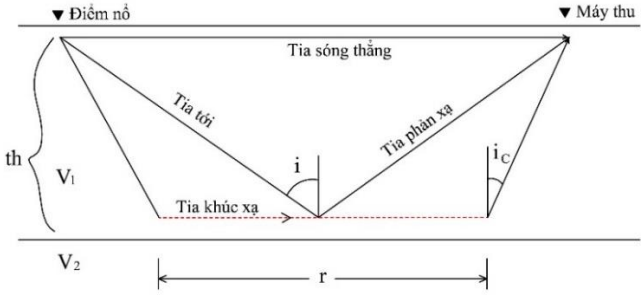
*Hình 3. Mô hình DSM khu vực Núi Vườn Già*

Do địa hình núi hiểm trở, cây cối che phủ nhiều, mặc dù dữ liệu UAV đã bay với độ phù trùm lớn (85%), dải bay được thiết kế dạng lưới (hai chiều bay vuông góc) nhưng vẫn tồn tại các vị trí không xác định được chính xác địa vật và độ cao bề mặt địa hình. Do vậy, máy toàn đạc điện tử và máy đo GNSS/RTK đã được sử dụng kết hợp để đo bổ sung độ cao địa hình và các địa vật, khu vực núi bị che khuất. Kết quả kết hợp dữ liệu từ UAV, Toàn đạc điện tử và GNSS/RTK đã cho phép thành lập được bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500, khoảng cao đều 0.5m, đảm bảo độ chính xác theo tiêu chuẩn hiện hành [7].

### *4.2 Xác định mặt trượt bằng phương pháp địa chấn khúc xạ*

Sóng địa chấn lan truyền trong lòng đất gặp các bề mặt ranh giới giữa các lớp sẽ phản xạ, khúc xạ và quay trở lại mặt đất (hình 4). Tia sóng đi vào môi trường có vận tốc sóng V1, khi gặp mặt ranh giới phân chia hai môi trường có sự khác biệt về trở sóng âm học, thì một phần sóng sẽ phản xạ lại và một phần sẽ truyền qua mặt ranh giới và đi vào môi trường thứ 2. Trong trường hợp vận tốc sóng của lớp thứ 2 lớn hơn lớp thứ nhất, góc tới i (Hình 4) đạt góc tới hạn, sóng sẽ trượt dọc mặt ranh giới và tạo thành các sóng khúc xạ quay trở về mặt đất. Đây là cơ sở để sử dụng phương pháp địa chấn khúc xạ xác định các mặt ranh giới giữa phần trên (đá phong hóa) có vận tóc sóng thấp và phần dưới (đá gốc) có vận tốc sóng cao hơn. Phương pháp địa chấn khúc xạ đã được ứng dụng rất phổ biến ở Việt Nam và trên thế giới [9, 10]. Kết quả

đo địa chấn khúc xạ xác định các mặt trượt cho kết quả tương đồng với kết quả tính toán từ dữ liệu khoan địa chất [11].

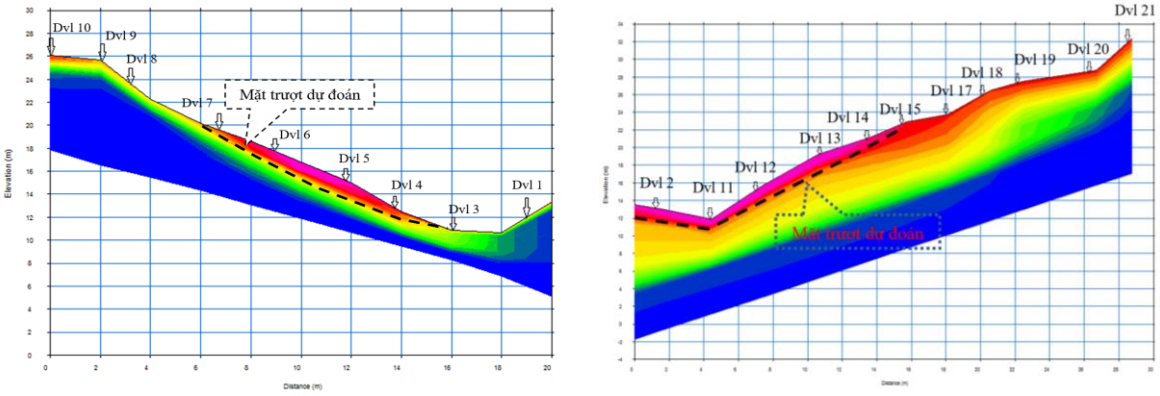



*Hình 4. Nguyên lý đo địa chấn khúc xạ [8]*

Áp dụng nguyên lý trên, 02 tuyến đo địa chấn khục xạ $T_1$ và $T_2$ với tổng số 20 điểm nổ (điểm gắn cảm biến sóng địa chấn) đã được bố trí để xác định mặt trượt tại sườn Đông, Núi Vườn Già (hình 5)




*Hình 5. Vị trí tuyến đo địa chấn xác định mặt trượt tại Núi Vườn Già*




*Hình 6. Mặt cắt sóng địa chấn khúc xạ xác định mặt trượt a. Tuyến do T1, b. Tuyến đo T2*

Kết quả phân tích cho thấy có thể chia cấu trúc đá vôi dọc theo tuyến đo thành 2 phần: Phần trên từ bề mặt đến độ sâu khoảng 2m đến 3m là lớp vận tốc thấp hơn đại diện cho đá vôi nứt nẻ, một số chỗ có hốc, dập vỡ, có khe nứt. Phần bên dưới là đá vôi có vận tốc truyền sóng cao dạng khối rắn chắc. Tại vị trí điểm đo DVL3 đến DVL7 trên tuyến $T_1$ và DCL2, DVL11-đến DVL15 xuất hiện cấu trúc đới có vận tốc thấp liên quan tới mặt trượt dưới khối đất đá (hình 6)

***4.3 Xác định nguyên nhân trượt lở***



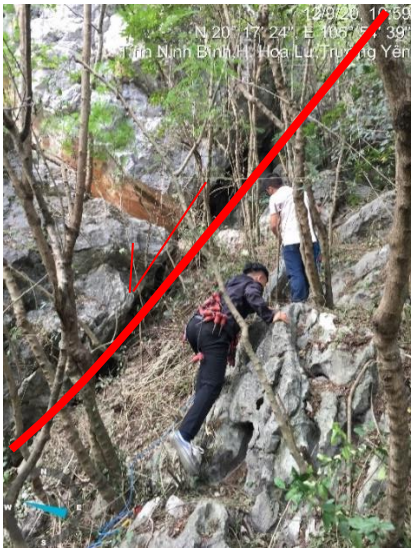

***a***. *Đứt gãy thuận tại*




***b.*** *Vị trí xuất hiện mặt trượt*



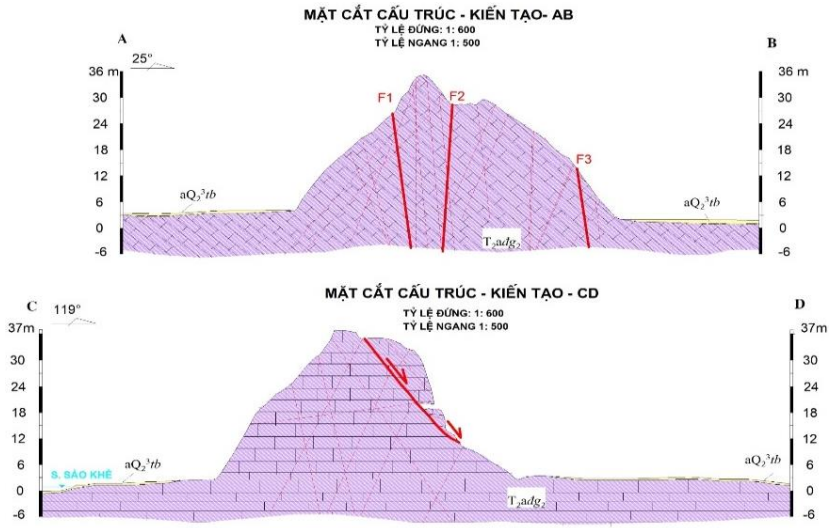

***c.*** *Đứt gãy thuận F1 tại vị trí VG021*



***d.*** *Đứt gãy thuận F2 tại vị trí sát VG027*

*Hình 7. Vết lộ mặt trượt và các đứt ngãy tại khu vực có nguy cơ sạt lở cao tại Núi Vườn Già*

Tổng hợp các dữ liệu thăm dò, địa chất cho thấy nguyên nhân chính dẫn đết sự trượt lở đất đá tại Núi Vườn Già là do có các đứt gãy, tạo thành mặt trượt, thể hiện trên sơ đồ cấu trúc triến tạo hình 8.




*Hình 8. Mặt cắt cấu trúc địa chất AB và CD*

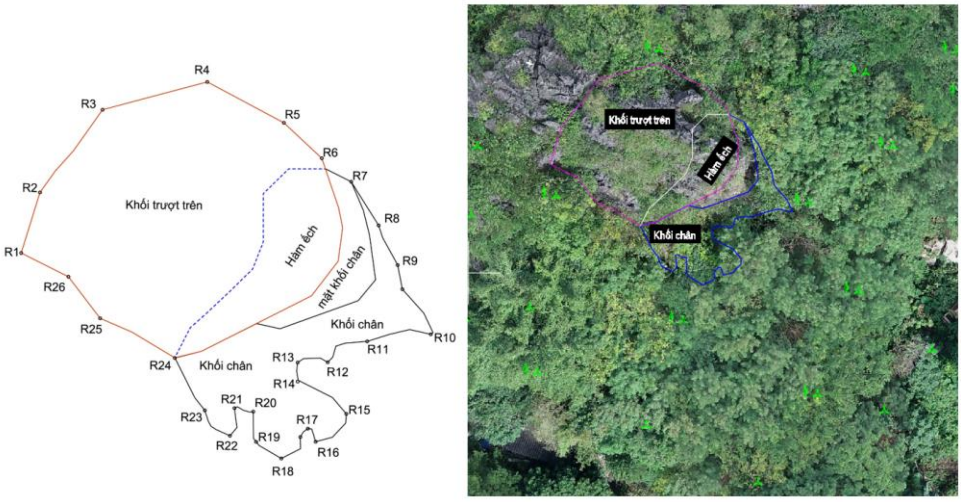
Sự dịch chuyển của khối đá không chỉ phụ thuộc vào các yếu tố như góc dốc địa hình lớn

và các yếu tố ngoại sinh (lớp phủ thực vật, mùn và lớp vỏ phong hóa) mà yếu tố quyết định tới trượt lở đó chính là cac đứt gãy và khe nứt trong đá, chính các yếu tố này làm cho đá bị dập vỡ mất tính đồng nhất, khi được tổng hợp đủ các yếu tố đó sẽ dẫn tới bị trượt lở.

Các đứt gãy và khe nứt được xác định trong quá trình khảo sát thực địa tại Núi Vườn Già, sử dụng các phương pháp đo thế nằm của mặt trượt khe nứt và đứt gãy đã xác định được các đứt gãy chính là F1, F2, F3 chủ yếu theo phương Tây Bắc- Đông Nam, kết quả trên hình 7.

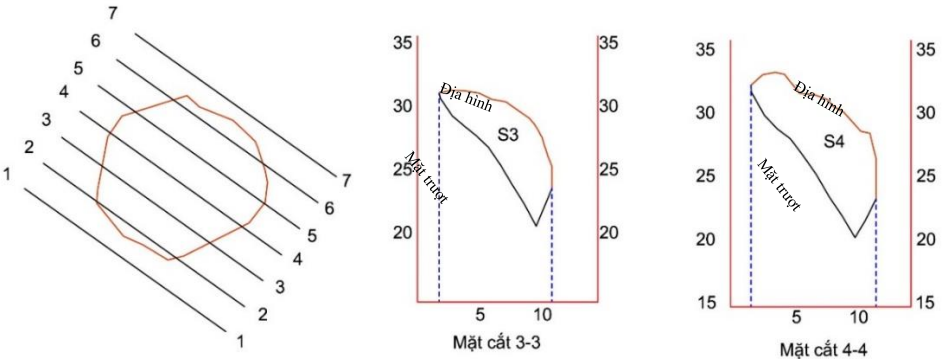
***4.4 Tính khối lượng đất đá có nguy cơ trượt lở***

Dữ liệu tính khối lượng bao gồm 3 yếu tố: Ranh giới tính, giới hạn trên bởi bề mặt địa hình thực, giới hạn dưới mặt trượt. Ranh giới tính khối lượng được lấy chính là ranh giới khối khượt, xác định từ sơ đồ cấu trúc địa chất, các vết lộ đứt gãy và được đo tọa độ bằng máy toàn đạc điện tử (các điểm đo như hình 9). Ranh giới trên là bề mặt địa hình lấy từ bản đồ 1/500 đã thành lập, ranh giới dưới là mặt trượt đã xác định được từ kết quả đo địa chấn khúc xạ.




*Hình 8. Ranh giới khối đất đá có nguy cơ sạt lở tại sườn đông Núi Vườn Già*

Khối lượng đất đá có nguy cơ sạt lở được tính toán theo phương pháp mặt cắt đứng song song. Tính toán khối lượng được chia làm hai khối tính: Khối trượt trên và khối chân với ranh giới như hình 8.




*Hình 9. Mặt cắt đứng song song tính khối lượng*

$$V = \sum_{1}^{n} V_i = \ell.(\frac{S_1+S_n}{2} + S_2 + \ldots + S_{n-1}) \qquad (1)$$

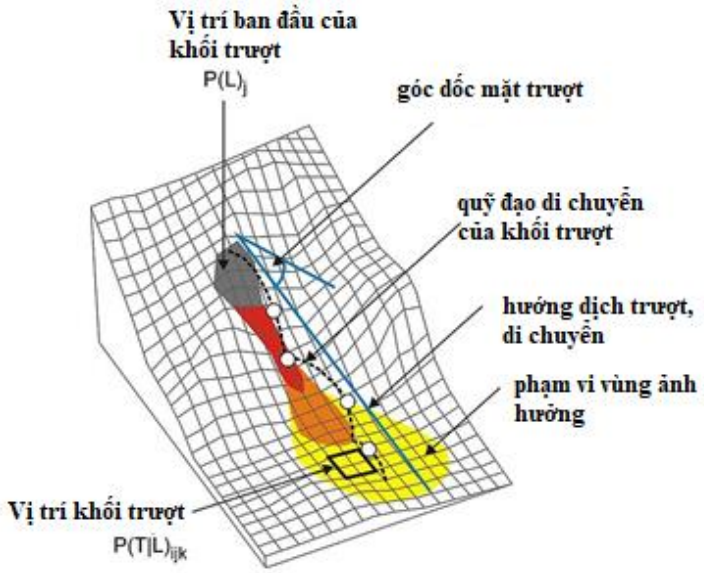
Trong đó: $S_i$ - là diện tích các mặt cắt; $\ell$ - Khoảng cách giữa 2 mặt cắt.

*Bảng 1. kết quả tính khối lượng đất đá có nguy cơ sạt lở*

| STT | Khối tính toán | Thể tích ($m^3$) |
|---|---|---|
| 1 | Khối trượt trên | 834.12 |
| 2 | Khối chân | 184.70 |

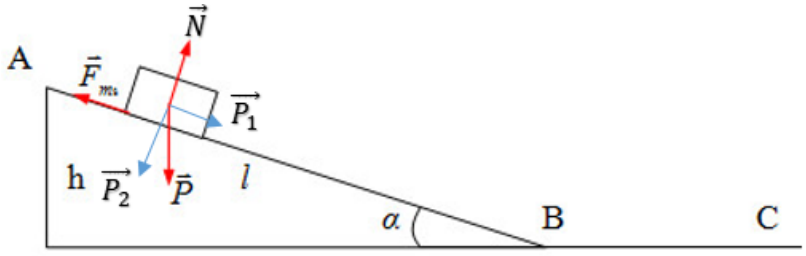
***4.5 Khoanh vùng ảnh hưởng do sạt trượt***

Mặt cắt cấu trúc kiến tạo cắt qua khu vực có khối trượt lở đang xảy ra được xây dựng dựa trên các kết quả đo vẽ địa hình, kiến tạo, thế nằm mặt trượt của khối trượt, đặc điểm của đá tại khu vực nghiên cứu. Từ đó xác định được hướng dịch chuyển của khối trượt và xác định được phạm vi ảnh hưởng.




*Hình 9. Sơ đồ nguyên lý xác định phạm vi ảnh hưởng do sạt lở [12]*

Từ mô hình DSM (hình 3) bản đồ địa hình, kết quả khảo sát thực tế về địa chất (hình 8) và kết quả đo địa vật lý, xác định được góc dốc mặt trượt tại khu vực có nguy cơ sạt lở là 55$^o$ và trượt theo phương 119$^o$. Bằng các công thức tính vật lý chuyển động của khối đá trên mặt phẳng nghiêng, nhóm tác giả đã phần nào khoanh được phạm vi ảnh hưởng của khối đá khi xảy ra trượt lở. Cụ thể như sau:




*Hình 10. Nguyên lý xác định quãng đường trượt của khối đất đá*

Áp dụng định luật II Newton và chiếu lên mặt phẳng nằm nghiêng: $P_1$ - Fms = ma

+ Khi đó, vật trượt xuống với gia tốc:

$$a = \frac{P_1 - F_{ms}}{m} = \frac{m.g.sin\alpha - \mu.m.g.co\alpha}{m} = g\ (sin\alpha\ - \mu.cos\alpha) \quad (1)$$

+ Vận tốc của vật ở chân mặt phẳng nghiêng tại vị trí B:

$$V_B = \sqrt{2.a.s} \quad (2)$$

+ Gia tốc của vật trên mặt phẳng ngang ($a$ =$0^0$) :

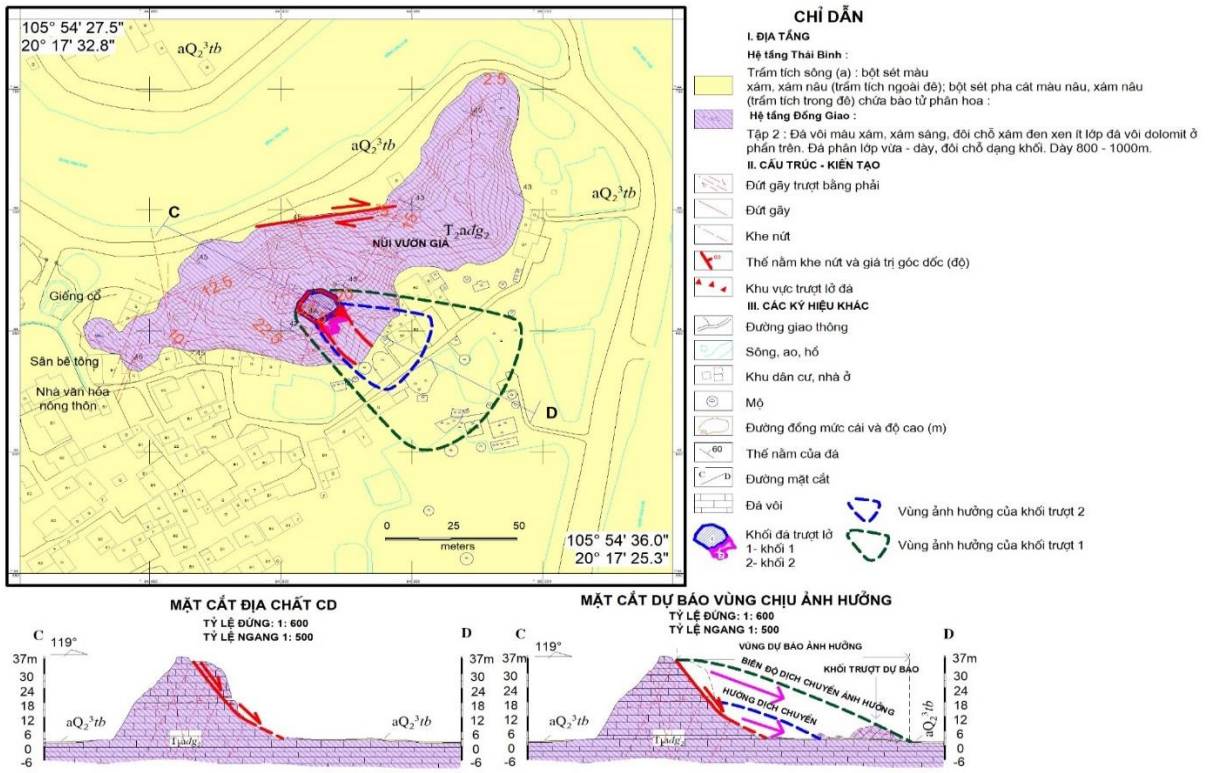
$$a' = \frac{-F_{ms}}{m} = -\mu.g \quad (3)$$

+ Quãng đường BC được tính theo công thức:

$$S_{BC} = \frac{v_C^2 - v_B^2}{2.a'} \quad (4)$$

Trong đó: hệ số ma sát $\mu$ = 0.5; gia tốc trọng trường g = 9.8 m/s$^2$ (được lấy từ kết quả phân tích 03 mẫu thí nghiệm cơ lý đất đá tại khu vực thực nghiệm). Góc dốc địa hình α = $55^0$; chiều dài mặt nằm nghiêng AB chính là bề mặt của mặt trượt tại khu vực đã xác định $S_{AB}$= 47.24 m.

Thay các thông số vào công thức (1-4) được các kết quả như sau: a = 6.34 m/s$^2$; $V_B$= 22.2 m/s; a' = -4.9 m/s$^2$ và $S_{BC}$ = 50.3 m. Đây là cơ sở đáng tin cậy để khoanh được phạm vi ảnh hưởng của khối đá trượt khu vực núi Vườn Già. Sơ đồ khoanh vùng phạm vi dự báo vùng ảnh hưởng trong trường hợp khối đá trượt xuống thể hiện trên nền bản đồ địa hình 1/500 và nền cấu trúc địa chất (hình 11).




*Hình 11. Sơ đồ và mặt cắt dự báo vùng ảnh hưởng do sạt lở đất đá tại khu vực sườn Đông Núi Vườn Già*

Từ kết quả trên hình 11, có thể thấy rằng vùng ảnh hưởng dự báo được chia làm hai vùng: vùng 1 (đường màu xanh nước biển) là vùng ảnh hưởng nếu khối đất đá chân (khối 1) sạt lở có ít nhất 03 hộ dân bị ảnh hưởng và phải di dời ngay lập tức; vùng 2 (đường màu xanh lá cây) là

vùng ảnh hưởng do cả khối sạt lở, có nhất 05 hộ dân bị ảnh hưởng và cần di dời ngay lập tức.

**5. Kết luận**

Kết hợp các phương pháp địa kỹ thuật: Trắc địa, địa chất và đo địa vật lý đã các định được nguy cơ sạt lở tại khu vực Núi Vườn Già, kết quả cho thấy:

+ Các phương pháp địa kỹ thuật đã áp dụng đã bổ sung cho nhau để xác định được nguy cơ sạt trượt núi đá vôi, nếu áp dụng riêng lẻ từng phương pháp sẽ không thực hiện được;

+ Việc áp dụng thiết bị bay không người lái kết hợp với, đo toàn đạc điện tử và GNSS/RTK giúp giảm thời gian và công sức lao động trong quá tình đo đạc thành lập bản đồ tỷ lệ 1/500 khu vực Nghiên cứu;

+ Mô hình 3D DSM cung cấp dữ liệu trực quan cho các thiết kế, nghiên cứu về địa chất và địa vật lý;

+ Phương pháp đo địa chấn khúc xạ áp dụng để xác định mặt trượt bằng tại khu vực nghiên cứu là hoàn toàn phù hợp và cho độ chính xác đảm bảo yêu cầu.

**Tài liệu tham khảo**

1. Xiaohui Liao, et al., *Engineering Application and Prediction of the Influence Area of the Rockfall Hazards.* Mathematical Problems in Engineering, 2020. 2020: p. 1067215.
2. Eberhardt, E., D. Stead, and J.S. Coggan, *Numerical analysis of initiation and progressive failure in natural rock slopes—the 1991 Randa rockslide.* International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2004. 41(1): p. 69-87.
3. Hormes, A., et al., *Innovative methods to monitor rock and mountain slope deformation.* Geomechanics and Tunnelling, 2020. 13(1): p. 88-102.
4. Dorren, L., *A review of rockfall mechanics and modelling approaches.* Organic Geochemistry - ORG GEOCHEM, 2003. 27.
5. Zhang, N., et al., *Investigation of a large ground collapse and countermeasures during mountain tunnelling in Hangzhou: a case study.* Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 2019. 78(2): p. 991-1003.
6. Zhang, Y., Z. Hu, and X. Zhijia, *A new method of assessing the collapse sensitivity of loess.* Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 2018. 77.
7. Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, *TCVN 10673:2015*. Vol. 1. 2015: Bộ khoa học và Công nghệ.
8. Mai Thanh Tân, *Thăm dò địa chấn*. 2011, Việt Nam: Giao thông vận tải.
9. Đinh Văn Toàn and nnk, *Đánh giá, dự báo diễn biến và đề xuất một số giải pháp giảm nhẹ thiệt hại do hiện tượng nứt trượt đất khu đồi Ông Tượng - thị xã Hòa Bình*. 2000.
10. Pazzi, V., S. Morelli, and R. Fanti, *A Review of the Advantages and Limitations of Geophysical Investigations in Landslide Studies.* International Journal of Geophysics, 2019. 2019: p. 27.
11. Đinh Văn Toàn and nnk, *Khảo sát nghiên cứu chi tiết hiện tượng trượt lở, nứt đất khu vực*

*đồi Ông Tượng, thành phố Hòa Bình, tỉnh Hòa Bình. Báo cáo tổng kết đề tài khoa học và công nghệ cấp tỉnh Hòa Bình*. 2016.

12. Volkwein, A., et al., *Rockfall characterisation and structural protection - a review.* Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2011. 11(9): p. 2617-2651.

## ABSTRACT

## APPLICATION OF GEOTECHNICAL METHODS IN ASSESING THE RISK OF LINESTONE LANDSLIDES

**Le Van Canh, Cao Xuan Cuong**
**Kieu Duy Thong, Phan Van Binh, Nguyen Quoc Long**
*Hanoi University of Mining and Geology*
*Corresponding author: levancanh@humg.edu.vn*

Limestone mountains are often weathered, forming blocks, so there is a risk of insecurity for households living close to the foot of the mountain and the surrounding area. Due to the complex nature of the soil, rugged terrain, mountain slopes with a large slope, even steep and jawy frogs, the identification of the cause, assessing the risk of landslides of limestone mountains is very difficult, it is necessary to combine many technical disciplines to handle. This study used a combination of geotechnical methods in the field of Geodesy, Geology and Geophysical Engineering to determine the risk of landslides for Vuon Gia mountain in Truong Yen commune, Hoa Lu district, Ninh Binh province. Unmanned aerial vehicle, Total station and GNSS/RTK are applied in combination to build DSM and DEM models and establish a large scale map 1:500; application of refractive seismic measurement techniques to identify sliding sides; Use geological techniques to identify the causes and assess the risk of landslides. The results have identified the cause of the landslide, the volume of rock at risk of landslides and the zoning affected by landslides in the area of Vuon Gia mountain. The results of this study have been used by local authorities as a basis for immediately relocating affected households and making a plan to deal with landslides.

*Key words: Vuon Gia Mountain, landslides, Geotechnic, DSM*

# TIỀM NĂNG VÀ ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN DU LỊCH SINH THÁI TÂM LINH GIAI ĐOẠN 2020-2030 TẠI HUYỆN GIA BÌNH, TỈNH BẮC NINH

**Trần Xuân Miễn, Nguyễn Thị Huyền Trang, Đặng Thị Hoàng Nga**
*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*Tác giả liên hệ: mienxuantran@gmail.com*

**Tóm tắt:** Du lịch đã trở thành nhu cầu thiết yếu của đời sống văn minh, hiện đại. Phát triển du lịch sinh thái tâm linh gắn với bảo tồn và phát huy giá trị di sản văn hóa dân tộc, tài nguyên thiên nhiên, khai thác lợi thế và tăng cường liên kết vùng đang là hướng đi mới bền vững của nhiều địa phương. Bằng cách sử dụng phương pháp SWOT, bài báo này đi sâu phân tích, đánh giá tiềm năng, hạn chế, cơ hội và thách thức trong phát triển du lịch sinh thái tâm linh tại huyện Gia Bình, tỉnh Bắc Ninh. Đây là vùng đất địa linh nhân kiệt, có nhiều danh lam, cổ tự đẹp, cùng với rất nhiều di tích lịch sử, di tích cách mạng nổi tiếng như: đền thờ Thái sư, trạng nguyên khai khoa Lê Văn Thịnh; khu di tích Lệ Chi Viên; cụm di tích Cao Lỗ Vương; bến Bình Than - đền Tam Phủ,... Kết quả nghiên cứu cũng kiến nghị cần phải thực hiện đồng bộ nhiều giải pháp trong thời gian tới như: giải pháp về quy hoạch; giải pháp về đầu tư; giải pháp về bảo tồn di sản văn hóa; giải pháp về xúc tiến, tuyên truyền quảng bá.

**Từ khóa**: phát triển du lịch; du lịch sinh thái; du lịch tâm linh; huyện Gia Bình

## 1. Đặt vấn đề

Chiến lược phát triển du lịch Việt Nam đến năm 2030 đã xác định du lịch trở thành ngành kinh tế mũi nhọn, tạo động lực thúc đẩy sự phát triển các ngành và lĩnh vực khác, góp phần quan trọng hình thành cơ cấu kinh tế hiện đại. Trong đó, phát triển du lịch cộng đồng; du lịch nông nghiệp và nông thôn; phát triển du lịch sinh thái (DLST) tâm linh gắn với bảo tồn và phát huy giá trị di sản văn hóa dân tộc, tài nguyên thiên nhiên, khai thác lợi thế và tăng cường liên kết vùng đã và đang là hướng đi mới bền vững của nhiều địa phương trên cả nước.

Các nghiên cứu về DLST ở Việt Nam mới chỉ bắt đầu từ giữa thập kỷ 90 của thế kỷ 20. Tuy nhiên, những năm gần đã xuất hiện nhiều hơn các nghiên cứu về DLST nhân văn, DLST tâm linh, cho thấy sự cần thiết và mức độ quan tâm về vấn đề này ngày càng lớn. Nguyễn Văn Thuật (2016) cho rằng các di tích lịch sử, di tích văn hóa hoặc di tích lịch sử cách mạng cũng là đối tượng của DLST. DLST được thể hiện dưới nhiều hình thức như: Du lịch đặc thù; Du lịch thám hiểm; Du lịch xanh; Du lịch nông thôn (Phạm Trung Lương, 2002, 2015; Đoàn Thị Mỹ Hạnh và Bùi Thị Quỳnh Ngọc, 2012; Đào Thị Hoàng Mai, 2015; La Nữ Ánh Vân, 2016). Còn theo Võ Thanh Thảo (2015) thì DLST nhân văn, với nội dung chính là việc tìm hiểu môi trường xã hội, những đặc điểm về văn hóa, sự hòa nhập với lối sống đời thường của một vùng với những phong tục tập quán riêng.

Gia Bình nằm trong phân vùng kinh tế khu vực Nam Sông Đuống là vùng nông nghiệp, dịch vụ có nhiều điểm du lịch văn hóa, lịch sử, nhiều làng nghề truyền thống; có hành lang sinh

thái, hành lang bảo tồn thiên nhiên; có trung tâm dịch vụ, nông nghiệp công nghệ cao của khu vực phía Nam Sông Đuống. Với những tiềm năng đã có trên địa bàn huyện, bài viết đưa ra những phân tích, đánh giá tiềm năng phát triển DLST tâm linh, đưa ra các định hướng và giải pháp làm cơ sở cho việc xây dựng và phát triển hiệu quả hơn loại hình du lịch này trong tương lai tại huyện Gia Bình, tỉnh Bắc Ninh.

**2. Phương pháp nghiên cứu**

- *Phương pháp điều tra số liệu thứ cấp:* Các tài liệu, số liệu được điều tra, thu thập tại các phòng, ban chuyên môn, Huyện ủy, uỷ ban nhân dân (UBND) huyện Gia Bình, UBND các xã và Ban quản lý các khu du tích…

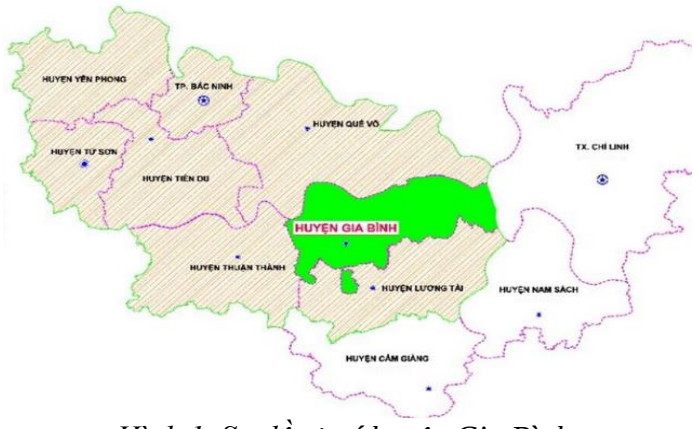
- *Phương pháp tổng hợp, xử lý và phân tích:* Tổng hợp và phân tích những kết quả điều tra thu thập được, từ đó nhận định những tồn tại và nguyên nhân; phân tích, nhận định các xu hướng phát triển du lịch trong hoàn cảnh mới từ đó đề xuất các định hướng và giải pháp phát triển DLST tâm linh cho huyện Gia Bình phù hợp với thực tiễn và tiềm năng của huyện.

- *Phương pháp chuyên gia:* tham khảo ý kiến các chuyên gia, người am hiểu về lĩnh vực du lịch, văn hóa, di tích lịch sử trên địa bàn huyện (như lãnh đạo huyện; cán bộ, cựu cán bộ phòng Văn hóa Thông tin; cán bộ văn hóa xã, trưởng ban di tích…) thông qua phỏng vấn, ghi âm/ghi chép lời.

- *Phương pháp phân tích SWOT:* được dùng để phân tích, đánh giá điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội và thách thức của quá trình phát triển du lịch sinh thái tâm linh, từ đó đề xuất một số giải pháp thực hiện trong thời gian tới.

**3. Kết quả và thảo luận**

3.1. Tổng quan vị trí địa lý và mối quan hệ vùng: Huyện Gia Bình là một huyện thuộc vùng đồng bằng Bắc Bộ, cách thủ đô Hà Nội 45 km về phía Tây Nam, cách trung tâm thành phố Bắc Ninh 25 km về phía Tây Bắc. Gia Bình có vị trí rất thuận lợi cho phát triển kinh tế và giao lưu văn hóa - xã hội với các huyện khác trong tỉnh, cũng như các thị trường lớn như Hà Nội, Hải Dương, Quảng Ninh. Trên địa bàn huyện có các trục giao thông huyết mạch như: QL17, tỉnh lộ 280, 284, 285, hệ thống giao thông cơ bản đã được nâng cấp và xây dựng mới, góp phần tích cực vào việc mở rộng giao lưu kinh tế - văn hóa, khơi thông tiềm năng phát triển du lịch của của huyện.




*Hình 1. Sơ đồ vị trí huyện Gia Bình.*

3.2. Tiềm năng phát triển du lịch sinh thái tâm linh của huyện Gia Bình

*a) Gia Bình là một vùng đất cổ, địa linh nhân kiệt, ngàn năm văn hiến*

Gia Bình là vùng đất cổ phù sa màu mỡ bên sông Đuống, nên từ ngàn xưa đã có cư dân Việt cổ về đây sinh cơ lập nghiệp và để lại dấu ấn cư trú như rìu, búa, giáo, mác thuộc văn hóa

Đông Sơn (cách ngày nay khoảng 4000 năm).

Trong sự nghiệp "dựng nước và giữ nước" hàng nghìn năm qua của dân tộc Việt Nam, vùng đất Gia Bình địa linh đã sinh thành nhiều nhân kiệt, cống hiến trọn đời trong sự nghiệp xây dựng và bảo vệ đất nước trên mọi lĩnh vực như: kinh tế, chính trị, văn hoá, giáo dục, ngoại giao, quân sự …góp phần tạo dựng non sông gấm vóc và cuộc sống yên bình cho quê hương, đất nước như: tướng Cao Lỗ Vương; Trạng nguyên, Thái Sư Lê Văn Thịnh; Trạng nguyên, Thiền sư Huyền Quang; cùng rất nhiều tiến sĩ khoa bảng Hán học (Huyện ủy - HĐND - UBND huyện Gia Bình, 2020).

Âm vang chiến thắng của quân nhà Trần còn để lại dấu ấn bằng Hội nghị Bình Than với lời thề "sát thát" trên cửa Đại Than thuộc xã Cao Đức như một "biểu tượng" của sức mạnh Đại Việt và là trang sử vàng sáng ngời của non sông đất nước Việt Nam.

*b) Thực trạng và giá trị một số di tích lịch sử văn hóa tâm linh của huyện Gia Bình*

Bên cạnh dòng sông Đuống, dòng sông Thiên Đức hài hòa cùng sự khoáng đạt của đất trời được điểm xuyết một vài mái đình cổ kính, ngôi chùa thâm nghiêm có niên đại hàng nghìn năm và đền thờ các bậc danh nhân, anh hùng, hào kiệt của dân tộc ẩn chứa trong đó bao nỗi thăng trầm và cả những nỗi oan khuất trong những kỳ án trải hàng nghìn năm vẫn huyễn hoặc, mờ ảo dưới lớp bụi thời gian (Ủy ban nhân dân huyện Gia Bình, 2020).

+ Đền thờ Trạng nguyên, Thái sư Lê Văn Thịnh: Tọa lạc tại phía Nam núi Thiên Thai thuộc thôn Bảo Tháp, xã Đông Cứu là nơi thờ vị danh nhân khoa bảng nổi tiếng, bậc hiền tài của quê hương Kinh Bắc. Ông bị nịnh thần hãm hại vu oan "hóa hổ giết vua" tại hồ Dâm Đàn. Năm 1991, trong khuôn viên của đền đã phát hiện được Rồng đá có thân mình dài hàng chục mét, nặng hàng trăm tấn, uốn thành nhiều khúc, trên đầu có 2 tai nhưng "tai câm, tai điếc", miệng há rộng ngoạm cắn vào thân mình, tương truyền phản ánh về nỗi oan nghiệt của ông.



*Hình 3. Đăng Đỉnh Bảo tháp-nơi đặt xá lị của Tam tổ Huyền Quang.*

+ Khu di tích đền Lệ Chi Viên: Giáp đê Đại Hà, phía Tây của thôn Đại Lai. Nơi đây từng là hành cung từ thời Lý đến thời Hậu Lê, là nơi gắn với vụ án oan của anh hùng dân tộc Nguyễn Trãi và Lễ nghi học sĩ Nguyễn Thị Lộ (ngày 16/18/1442), thảm án chu di cửu tộc. Cố thủ tướng Phạm Văn Đồng nói về "Vụ án": "Tội ác này lá rừng Việt không đủ để ghi. Vết nhơ đó nước biển Đông không đủ để rửa". Sau này, Nguyễn Trãi được minh oan, theo đó sự sáng trong của mảnh đất này cũng được tỏ tường.

+ Chùa Đại Bi, đền Tam tổ: Khu di tích tọa lạc trên bãi bồi, nay thuộc thôn Vạn Ty, xã Thái Bảo. Đây là nơi lưu niệm sâu sắc về thiền phái Trúc Lâm đệ tam tổ Huyền Quang, một nhà sư và cũng là một nhà thơ lớn thời Trần. Tương truyền, khi tu ở chùa Hoa Yên, núi Yên Tử ông bị nghi oan là có gian tình với Điểm Bích, sau này nhờ có bà lão xin thuốc kể lại sự tình, ông được giải oan và cùng với vua Trần Nhân Tông, thiền sư Pháp Loa sáng lập ra thiền phái

Trúc Lâm

+ Khu di tích Cao Lỗ Vương: Đền thờ của ông ở thôn Đại Trung, xã Cao Đức. Tương truyền, ông là người chế ra nỏ thần liên châu để đánh đuổi quân xâm lược. Nhưng sau đó, Triệu Đà đã lập xảo kế thông gia, An Dương Vương không nghe lời lời khuyên của ông mà nghe lời gièm pha của Lạc Hầu. Sau này, Triệu Đà mang quân sang đánh Âu Lạc, ông đón đường chặn đánh quân Triệu Đà cho vua chạy thoát nhưng cuối cùng cả hai đã tử trận. Hồ tha xác của ông về đến xã Vạn Ninh thì được người dân phát hiện, sau đó mai táng, lập lăng mộ cho ông tại đây. Và lập đền thờ nơi ông sinh ra tại xã Cao Đức.



*Hình 4. Khuôn viên đền thờ Cao Lỗ Vương.*

+ Đền Tam Phủ - Bãi Nguyệt Bàn: Thuộc khu vực Lục Đầu Giang, là điểm gặp của 6 dòng sông, đồng thời cũng là vùng giáp ranh của 03 tỉnh Bắc Giang, Bắc Ninh và Hải Dương. Đây là nơi diễn ra Hội nghị bến Bình Than để bàn kế sách đánh giặc Nguyên Mông bảo vệ đất nước, là di tích gắn liền với điển tích về Mẫu Liễu Hạnh, một biểu tượng trong "Tứ bất tử" thuộc tín ngưỡng dân gian Việt Nam. Một trong những nơi nổi tiếng với nghi lễ chầu văn - hầu đồng, một nghi thức tín ngưỡng tiêu biểu nhất của đạo Mẫu, Di sản Thực hành Tín ngưỡng thờ mẫu Tam phủ của người Việt.

+ Lễ hội Thập đình: Lễ hội Thập Đình mang ý nghĩa nhân văn vô cùng sâu sắc thể hiện tình đoàn kết cộng đồng của một vùng cư dân rộng lớn thờ tướng Doãn Công và Thái sư Lê Văn Thịnh. Được mở vào ngày mồng 6 đến mồng 10 tháng 02 (âm lịch) vào các năm Thân, Tý, Thìn. Mười làng cùng tham gia tổ chức. Cùng với các nghi thức lễ nghi điển hình của một lễ hội truyền thống là phần hội với nhiều tục trò chơi dân gian vui chơi giải trí: đốt cây bông, đu vật, tuồng, chèo, cờ người,…

+ Môn Vật truyền thống: Môn vật có truyền thống lịch sử hàng ngàn năm ở huyện Gia Bình, nơi đây đã sản sinh và tôi luyện rất nhiều đô vật nổi tiếng cả nước. Nơi đây được coi là một điểm sáng trong công tác đào tạo, huấn luyện, có nhiều vận động viên đã trở thành những kiện tướng cấp quốc gia và đạt nhiều huy chương trong các giải thi đấu quốc tế.

Các di tích lịch sử - văn hóa kết hợp với cảnh quan làng quê bình dị đã và đang thu hút được khách du lịch đến với Gia Bình. Tuy nhiên, những sản phẩm du lịch này chưa tương xứng với tiềm năng sẵn có của huyện. Cần có định hướng đúng đắn với các kế hoạch rõ ràng, chi tiết mới có thể tạo ra nhiều sản phẩm du lịch độc đáo, đa dạng, thu hút khách du lịch. Du lịch tâm linh huyện Gia Bình trở thành "địa chỉ đỏ" cho một hành trình lịch sử, văn hóa mang ý nghĩa nhân văn sâu sắc, giáo dục giá trị văn hóa, lịch sử truyền thống cho thế hệ tương lai. Các lễ hội văn hóa không chỉ gìn giữ bản sắc của địa phương mà còn là một thành tố văn hóa đặc biệt có giá trị du lịch rất lớn, bởi lễ hội được coi như một bảo tàng văn hóa dân gian, nơi chứa đựng,

lưu giữ nhiều hình thức sinh hoạt văn hóa do các thế hệ tiền nhân để lại.

*c) Tiềm năng phát triển du lịch sinh thái từ các mô hình sản xuất nông nghiệp tiêu biểu của huyện*

Thực hiện Đề án "Phát triển sản xuất nông nghiệp ứng dụng công nghệ cao tỉnh Bắc ninh", cùng với các lợi thế về điều kiện thổ nhưỡng, khí hậu, thuỷ văn, huyện Gia Bình đã từng bước hình thành nhiều mô hình sản xuất nông nghiệp ứng dụng công nghệ cao trong chế biến, sản xuất, trồng trọt, chăn nuôi, điển hình như các mô hình: "rượu nếp cái hoa vàng"; các sản phẩm từ dược liệu có nguồn gốc tự nhiên (tinh dầu tía tô, tinh dầu hương thảo, cao bồ kết,…); tỏi đen một nhánh; trồng rau thủy canh; bưởi da xanh hữu cơ; cá lồng,…

Với những mô hình sản xuất nông nghiệp tiêu biểu của huyện Gia Bình không chỉ là một bước đột phá trong lối đi của ngành nông nghiệp mà còn là một mô hình mang lại hiệu quả tích cực, vừa quảng bá, vừa tạo thêm đầu ra tại chỗ cho sản phẩm nông nghiệp nếu gắn những mô hình này với du lịch sinh thái. Thực tế, nhiều địa phương đã đề ra chương trình, kế hoạch cụ thể để gắn kết liên ngành, tạo ra hướng đi mới và thu được những kết quả nhất định.

*d) Tiềm năng phát triển du lịch làng nghề truyền thống của huyện*

+ Làng nghề gò đúc đồng, xã Đại Bái: Nơi đây từ xa xưa đã nổi tiếng với nghề gò dát đồng, một nghề thủ công độc đáo, giữ vị trí quan trọng trong hoạt động kinh tế ở địa phương. Khoảng hơn một trăm năm trở lại đây, cùng sự phối hợp với nghề hoàn kim đã tạo ra các sản phẩm đồng mỹ nghệ mang lại hiệu quả kinh tế rất cao, đời sống của người dân nơi đây ngày càng được nâng lên.



*Hình 5. Nghệ nhân điêu khắc đồng mỹ nghệ, xã Đại Bái.*

+ Làng nghề mây tre trúc, xã Xuân Lai: Theo các bậc cao niên trong làng, nghề tre trúc không có tổ nghề, chỉ biết rằng nghề tre trúc đã có hàng trăm năm. Với công nghệ tre hun khói tự nhiên tạo nên một thương hiệu đặc trưng riêng cho nghề tre trúc ở nơi đây, giúp gìn giữ và bảo tồn làng nghề cho tới ngày nay. Không dừng lại ở các sản phẩm tre trúc truyền thống, những bậc cao niên trong làng đã tìm hướng đi mới đưa tranh dân gian lên chất liệu tre hun khói truyền thống. Sản phẩm tranh tre ra đời đã tạo nên một diện mạo hoàn toàn mới cho sản phẩm truyền thống, chắp cánh cho làng nghề tre Xuân Lai.




*Hình 6. Sản phẩm tranh tre, xã Xuân Lai.*

Các làng nghề truyền thống ở Gia Bình được sinh ra để phục vụ cho cộng đồng nhỏ trong làng, xã. Sau đó sản phẩm làng nghề được trao đổi, mua bán và sử dụng rộng rãi đến các vùng

lân cận, các địa phương trong cả nước và một số nước trên thế giới. Tuy nhiên, trong xu thế hội nhập, bên cạnh những hình thức mua bán cũ thì hiện nay, loại hình "xuất khẩu tại chỗ" thông qua các hoạt động du lịch cũng đã và đang rất phát triển. Những hoạt động này đồng thời cũng là một hình thức quảng bá sản phẩm thủ công hiệu quả khi lượng khách đến các làng nghề ngày một nhiều.

*3.3. Đánh giá tiềm năng phát triển du lịch sinh thái tâm linh tại huyện Gia Bình theo mô hình SWOT*

*a) Điểm mạnh*

Huyện Gia Bình có hệ thống giao thông thuận lợi, QL.17 đi qua kết nối với các huyện phía Bắc hành lang kinh tế dọc QL.18 từ Nam Ninh (Trung Quốc) - Lạng Sơn - Hà Nội - Quảng Ninh; là cửa ngõ kết nối với thành phố Chí Linh (tỉnh Hải Dương);

Huyện Gia Bình có quỹ đất để xây dựng, cảnh quan tự nhiên bình dị cùng những giá trị văn hoá vật thể, phi vật thể đa dạng, là tiền đề du lịch huyện Gia Bình phát triển, phù hợp với định hướng phát triển của tỉnh Bắc Ninh.

Trên địa bàn huyện có nhiều di tích lịch sử văn hoá, nhiều làng nghề truyền thống. Đây là những tiềm năng để phát triển du lịch nói riêng, phát triển kinh tế xã hội nói chung theo hướng tích cực và bền vững.

Định hướng phát triển DLST, tâm linh đã được huyện Gia Bình quan tâm chỉ đạo và kêu gọi nguồn lực đầu tư từ nhiều năm nay; đồng thời có nguồn nhân lực dồi dào, trong đó, tỷ lệ lao động qua đào tạo từng bước được nâng lên.

*b) Điểm yếu*

Sản phẩm du lịch đa dạng nhưng chưa có tính đặc trưng, khả năng khai thác tài nguyên du lịch còn hạn chế; chất lượng phục vụ còn thấp, chưa đạt yêu cầu đặt ra; hoạt động du lịch vẫn mang tính chất mùa vụ.

Cơ sở vật chất phục vụ (lưu trú, nhà hàng, cơ sở vui chơi giải trí,…) chưa đáp ứng được về số lượng, chất lượng dịch vụ còn thấp.

Đầu tư xây dựng và phát triển tại các khu, điểm du lịch còn nhiều hạn chế, manh mún và thiếu đồng bộ. Hệ thống giao thông, phương tiện giao thông vận chuyển hành khách chưa đáp ứng được nhu cầu đi lại của du khách.

Các doanh nghiệp lữ hành tại huyện Gia Bình chưa được hình thành; các doanh nghiệp chưa có sự liên kết với nhau; do vậy sẽ rất khó để phát triển du lịch.

*c) Cơ hội*

Phát triển du lịch được định hướng trở thành một trong những ngành kinh tế mũi nhọn trong phát triển kinh tế của cả nước. Cùng với Luật du lịch sửa đổi đã được Quốc hội thông qua, sẽ tạo hành lang pháp lý thuận lợi cho ngành du lịch nói chung và du lịch huyện Gia Bình nói riêng trong giai đoạn hiện nay.

Du lịch sinh thái, du lịch về nguồn đang trở thành xu thế chung du lịch hiện nay. Trong khi nhu cầu du lịch của xã hội ngày càng tăng; tăng các ngày nghỉ lễ, tết; thời gian nghỉ lễ kéo dài hơn, … nhu cầu nghỉ

dưỡng ngày càng tăng của người dân vào các ngày nghỉ cuối tuần, dịp nghỉ hè,…

Tỉnh Bắc Ninh đang trong giai đoạn được Chính phủ quan tâm, hỗ trợ trong việc phát triển đô thị, nâng cấp hạ tầng du lịch và tôn tạo các điểm di tích danh thắng. Bắc Ninh đang đầu tư rất lớn về kết cấu hạ tầng để chuẩn bị nâng cấp thành đô thị trực thuộc Trung Ương. Đây là những điều kiện thuận lợi về thu hút đầu tư, quảng bá hình ảnh và thu hút khách đến với Bắc Ninh nói chung và Gia Bình nói riêng.

Hiện nhiều tuyến du lịch đã và đang hình thành đến các khu/điểm du lịch khu vực lân cận. Trong khi đó, kết cấu hạ tầng kết nối đang hoàn thiện là cơ hội để Gia Bình kêu gọi đầu tư, cũng như quảng bá hình ảnh du lịch của huyện.

*d) Thách thức*

Khai thác du lịch phải đi đôi với gìn giữ bản sắc văn hóa truyền thống, phát triển dựa trên quy hoạch tổng thể có định hướng, có chiến lược.

Trình độ phát triển kinh tế, khoa học kỹ thuật và công nghệ còn thấp, đời sống của người dân còn khó khăn so với các khu vực nên ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ, cũng như việc tổ chức xúc tiến quảng bá các sản phẩm du lịch đối với thị trường du lịch.

Nguồn vốn đầu tư còn hạn chế, nhất là nguồn vốn để xây dựng kết cấu hạ tầng và sản phẩm du lịch; chưa thu hút được dự án du lịch của các nhà đầu tư nước ngoài. Vì vậy vấn đề huy động vốn và thu hút đầu tư các dự án cho du lịch là một thách thức lớn. .

*3.4. Định hướng phát triển các sản phẩm chủ yếu*

Với những lợi thế về tiềm năng du lịch đề xuất định hướng phát triển những sản phẩm chủ yếu sau:

*(1) Du lịch tham quan, tìm hiểu và trải nghiệm tại các di tích lịch sử văn hóa:* Du lịch văn hóa chủ yếu dựa vào những sản phẩm văn hóa, lễ hội truyền thống, phong tục tín ngưỡng để tạo sức hút với du khách. Định hướng xây dựng các tour du lịch "về nguồn" dọc sông Đuống bằng đường thủy và đường bộ; các khóa tu mùa hè cho học sinh, sinh viên; tham gia lễ nghi Phật giáo,… đây sẽ là một mô hình du lịch đặc thù của Gia Bình trong tương lai. Định hướng lựa chọn các điểm: Đền thờ Thái sư, Trạng nguyên Lê Văn Thịnh; Đình Bảo Tháp; Chùa Thiên Thư; Khu di tích Lệ Chi Viên; Cụm di tích xã Cao Đức, Vạn Ninh thuộc khu vực Lục Đầu Giang; lễ hội Vật cổ truyền; lễ hội Thập đình, …

*(2) Du lịch nghỉ dưỡng, tham quan, khám phá và trải nghiệm làng quê kết hợp vui chơi giải trí:* Phát huy ưu thế về cảnh quan, định hướng đầu tư, xây dựng mới một số điểm để phát triển sản phẩm này như: Khu DLST Thiên Thai; Khu trung tâm thương mại, vui chơi giải trí Vạn Ninh; Các điểm trung tâm thương mại kết hợp dịch vụ lưu trú tại xã Đông Cứu, Nhân Thắng với chức năng là khu dừng nghỉ, nhà hàng, nhà nghỉ, khu trưng bày sản phẩm làng nghề, sản phẩm nông nghiệp tiêu biểu,..; Mô hình trải nghiệm làng quê được đầu tư xây dựng tại xã Cao Đức.

*(3) Du lịch tham quan, tìm hiểu và trải nghiệm tại các làng nghề truyền thống và mô hình sản xuất nông nghiệp tiêu biểu* như: mô hình tỏi một nhánh (xã Xuân Lai); mô hình trồng rau thủy canh (xã Bình Dương); mô hình nuôi cá lồng (xã Song Giang, xã Cao Đức); mô hình rượu

nếp (xã Nhân Thắng); mô hình rượu Cuốc lủi (xã Quỳnh Phú); mô hình các sản phẩm dược liệu của công ty Việt Kết (xã Thái Bảo)… Dự kiến quy mô xây dựng khu trưng bày sản phẩm nông nghiệp khoảng 1-3 ha/điểm.

Tuy nhiên, để khai thác hiệu quả loại hình du lịch này cần có các khu sản xuất tập trung, khu trưng bày, giới thiệu sản phẩm, các sản phẩm lưu niệm cần phải sáng tạo và vấn đề môi trường cần được xử lý triệt để để các làng nghề thật sự trở thành điểm đến hấp dẫn đối với khách du lịch cả trong và ngoài nước.

*3.5. Đề xuất một số giải pháp thực hiện trong thời gian tới*

*Một là: Chú trọng công tác lập quy hoạch gắn với định hướng phát triển du lịch sinh thái, tâm linh.* (i) Chú trọng việc xây dựng các quy hoạch mạng lưới, đặc biệt là quy hoạch giao thông kết nối đến các khu, điểm du lịch trọng điểm; (ii) Rà soát, điều chỉnh, lập mới quy hoạch chi tiết các phân khu chức năng và các dự án thành phần của các khu/điểm DLST trên địa bàn. Đồng thời, cập nhật, bổ sung và cụ thể hóa các nội dung của đề án vào đồ án quy hoạch chung xây dựng của mỗi xã, quy hoạch sử dụng đất của huyện; (iii) Công khai cho người dân biết các khu vực phát triển du lịch, các khu vực được phép xây dựng và phát triển sản phẩm du lịch như cơ sở lưu trú, dịch vụ với giải trí, điểm tham quan....

*Hai là: Có các giải pháp ưu tiên đầu tư cho các sản phẩm du lịch và kết cấu hạ tầng phát triển du lịch.* Tranh thủ nguồn vốn ngân sách đầu tư kết cấu hạ tầng, hỗ trợ tu bổ, nâng cấp, mở rộng, khôi phục các di tích lịch sử, cách mạng. Đồng thời tăng cường thu hút các nguồn lực xã hội đầu tư phát triển cơ sở vật chất kỹ thuật du lịch. Khuyến khích các nhà đầu tư có năng lực đầu tư xây dựng các dự án du lịch trọng điểm trên địa bàn huyện.

*Ba là: Chú trọng các giải pháp về bảo tồn di sản văn hóa, bảo vệ môi trường cảnh quan tự nhiên.* Bảo tồn cảnh quan truyền thống của làng xóm và cánh đồng, vườn tược trong khu quy hoạch. Bảo tồn và phát huy truyền thống văn hóa khu vực: Sự kiện, lễ hội truyền thống, sinh hoạt truyền thống, phong tục, tập quán, văn hóa ẩm thực…

*Bốn là: Đẩy mạnh công tác tuyên truyền, quảng bá du lịch.* Thiết kế nội dung tuyên truyền bằng tờ rơi, sách, cẩm nang du lịch,… và các thông tin điểm, tuyến du lịch trên website của huyện. Tích cực tham gia các hội thảo về du lịch để tăng cường quảng bá du lịch. Khuyến khích doanh nghiệp du lịch đặt văn phòng đại diện ở địa phương. Phát huy vai trò của người dân quê hương ở trong nước và nước ngoài trong hoạt động xúc tiến quảng bá du lịch.

*Năm là: Giải pháp về cơ chế, chính sách.* Phân chia trách nhiệm đồng bộ giữa chính quyền, các đơn vị, tổ chức đoàn thể địa phương. Xây dựng nội quy, quy định của từng khu/điểm du lịch. Chính quyền địa phương các cấp trong tổ chức triển khai, quản lý hoạt động DLST. Tạo môi trường thuận lợi cho doanh nghiệp và cộng đồng phát triển kinh doanh du lịch.

*Sáu là: Tăng cường sự lãnh đạo, chỉ đạo của các cấp ủy Đảng, chính quyền, phát huy vai trò của Mặt trận Tổ quốc và các tổ chức chính trị xã hội trong công tác tuyên truyền, phổ biến nhằm nâng cao nhận thức cho đảng viên và nhân dân về phát triển DLST, tâm linh.*

*Bảy là: Chú trọng phát triển nguồn nhân lực du lịch.* Tăng cường đào tạo, bồi dưỡng,

phát triển nhân lực, đặc biệt tập trung vào đội ngũ quản lý, lao động nghiệp vụ; đồng thời hỗ trợ đào tạo chuyển đổi từ lao động nông nghiệp sang làm dịch vụ du lịch. Có các giải pháp cụ thể để phát triển nhân lực hướng dẫn viên tại chỗ, nhất là những người am hiểm về các di tích lịch sử, văn hóa, làng nghề và địa danh huyện Gia Bình.

**4. Kết luận**

Huyện Gia Bình có nhiều tiềm năng, thế mạnh để phát triển DLST, tâm linh. Mặc dù Huyện đã và đang thực hiện đầu tư tu bổ, tôn tạo hầu hết các di tích lịch sử nằm trong tour DLST tâm linh ven sông Đuống. Tuy nhiên tiến độ thực hiện còn rất chậm và chưa có các giải pháp cụ thể, đồng bộ, lâu dài để phát huy lợi thế về DLST, tâm linh của huyện trong tổng thể phát triển du lịch của tỉnh Bắc Ninh.

Định hướng phát triển DLST, tâm linh là hướng đi mới, góp phần vào việc gìn giữ cảnh quan môi trường sinh thái, nhất là sinh thái nông nghiệp trong bối cảnh đô thị hóa đang diễn ra mạnh mẽ ở tỉnh Bắc Ninh. Đồng thời tạo động lực để đẩy nhanh quá trình chuyển đổi cơ cấu cây trồng theo hướng nông nghiệp ứng dụng công nghệ cao, nông nghiệp sạch trên địa bàn huyện, đây là cơ sở để tạo thêm công ăn việc làm, gia tăng thu nhập cho người dân, hướng đến phát triển bền vững trong thời gian tới.

**Tài liệu tham khảo**

1. Bộ văn hóa, thể thao và du lịch (2016). Quyết định số 2714/QĐ-BVHTTDL ngày 03/08/2016, về việc phê duyệt Đề án "Chiến lược phát triển sản phẩm du lịch Việt Nam đến năm 2025, định hướng đến năm 2030.

2. Chính phủ (2020). Quyết định số 147/QĐ-TTg, ngày 22/01/2020 phê duyệt Chiến lược phát triển du lịch Việt Nam đến năm 2030.

3. Đào Thị Hoàng Mai (2015), Du lịch nông thôn từ lý luận đến thực tiễn, NXB Khoa học xã hội, Hà Nội.

4. Đoàn Thị Mỹ Hạnh và Bùi Thị Quỳnh Ngọc (2012). Phát triển du lịch nông thôn ở vùng đồng bằng sông Cửu Long: Đường đến cơ cấu kinh tế dịch vụ - nông - công nghiệp. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Kinh tế và kinh doanh 28 (2012), 261-268.

5. Huyện ủy - HĐND - UBND huyện Gia Bình (2020), Di tích lịch sử - văn hóa huyện Gia Bình, tỉnh Bắc Ninh.

6. La Nữ Ánh Vân (2016). Du lịch nông thôn Việt Nam - Tiềm năng và thách thức.

7. Nguyễn Văn Thuật (2016). Ý kiến mới về du lịch sinh thái. Tạp chí khoa học - Đại học Đồng Nai, số 01-2016.

8. Phạm Trung Lương (2002). Du lịch sinh thái, những vấn đề về lý luận và thực tiễn phát triển ở Việt Nam, NXB Giáo dục, Hà Nội.

9. Phạm Trung Lương (2015). Phát triển du lịch sinh thái ở Việt Nam trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Hội thảo "Môi trường và phát triển bền vững trong bối cảnh biến đổi khí hậu". Hà Nội, ngày 12/11/2015.

10. Quốc Hội (2017). Luật số 09/2017/QH14, Luật Du lịch, ban hành ngày 19/6/2017.
11. Ủy ban nhân dân huyện Gia Bình (2020). Đề án phát triển du lịch sinh thái, tâm linh giai đoạn 2020-2030 huyện Gia Bình, tỉnh Bắc Ninh.
12. Ủy ban nhân dân tỉnh Bắc Ninh (2011). Quy hoạch tổng thể phát triển du lịch tỉnh Bắc Ninh giai đoạn 2011 - 2020 và định hướng đến năm 2030.

## ABSTRACT

### POTENTIAL AND ORIENTATION DEVELOPMENT OF SPIRIT ECO-TOURISM PERIOD 2020-2030 IN GIA BINH DISTRICT, BAC NINH PROVINCE

**Mien Xuan Tran, Trang Nguyen Thi Huyen, Nga Hoang Thi Dang**
*Hanoi University of Mining and Geology*
*Corresponding author: mienxuantran@gmail.com*

Tourism has become an essential need of modern and civilized life. Developing spiritual eco-tourism in association with preserving and promoting the value of national cultural heritages and natural resources, exploiting advantages and strengthening regional links is a new sustainable direction of many localities. By using the SWOT method, this article deeply analyzes and evaluates the potential, limitations, opportunities and challenges in developing spiritual eco-tourism in Gia Binh district, Bac Ninh province. This is a land of talented people, with many beautiful landscapes and ancient temples, along with many famous historical and revolutionary relics such as: temple of Thai monk, poinsettia of Le Van Thinh; Le Chi Vien relic site; Cao Lo Vuong relic cluster; Binh Than wharf - Tam Phu temple,... The research results also suggest that many solutions need to be synchronously implemented in the coming time, such as: planning solutions; investment solutions; solutions for preserving cultural heritage; Promotion and advertising solutions.

*Keywords: tourism development; Ecotourism; spiritual tourism; Gia Binh district*

# ỨNG DỤNG VIỄN THÁM VÀ GIS TRONG XÂY DỰNG CÁC BẢN ĐỒ THÀNH PHẦN HỖ TRỢ XÁC ĐỊNH NGUY CƠ BỆNH SỐT RÉT

**Nguyễn Danh Đức[1], Lương Trung Hậu[2], Phạm Văn Hiệp[1]**
*[1] Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*[2] Xí nghiệp Bản đồ, Cục bản đồ, Bộ tổng tham mưu*
*Tác giả liên hệ: nguyendanhduc@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Sốt rét là bệnh truyền nhiễm thuộc nhóm B trong luật phòng, chống bệnh truyền nhiễm và dễ dàng lây lan phát triển thành dịch nếu không được kiểm soát. Hiện nay, sốt rét vẫn còn là một vấn đề sức khoẻ lớn trên thế giới nói chung và tại Việt Nam nói riêng. Để xây dựng được bản đồ nguy cơ bệnh sốt rét nhóm tác giả đã nghiên cứu xác định được các nhân tố chính gây nên bệnh sốt rét là rất quan trọng và cần thiết, trên cơ sở đó xác định được các loại dữ liệu phục vụ cho công tác xây dựng các bản đồ thành phần. Bài báo giới thiệu kết quả quá trình nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng, xác định danh mục các dữ liệu thành phần để xây dựng bộ dữ liệu đầu vào hỗ trợ quá trình xác định nguy cơ bệnh sốt rét trên cơ sở ứng dụng viễn thám và GIS.

**Từ khóa:** Viễn thám, GIS, Địa tin học, Sốt rét

## 1. Đặt vấn đề

Sốt rét là bệnh truyền nhiễm thuộc nhóm B trong luật phòng, chống bệnh truyền nhiễm và dễ dàng lây lan phát triển thành dịch nếu không được kiểm soát. Hiện nay, sốt rét vẫn còn là một vấn đề sức khoẻ lớn trên thế giới nói chung và tại Việt Nam nói riêng. Theo ước tính của Tổ chức Y tế thế giới WHO khoảng 40% dân số thế giới hiện nay đang sống trong vùng có nguy cơ mắc sốt rét. Hàng năm có khoảng 350 triệu đến 500 triệu người mắc sốt rét và hơn 1 triệu người chết do sốt rét (Hoàng Hà, 2014). Cho đến nay vấn đề quản lý và kiểm soát dịch sốt rét vẫn luôn là mối quan tâm và còn là thách thức của Bộ Y tế nói riêng và của toàn xã hội nói chung.

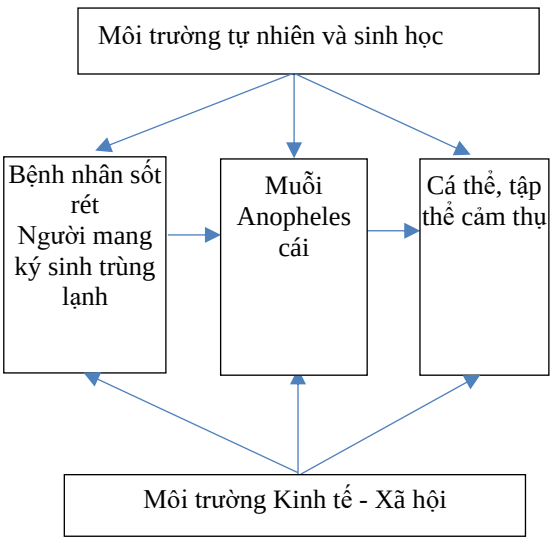
Tại Việt Nam, theo số liệu báo cáo hàng năm của Chương trình phòng chống sốt rét Quốc gia các tỉnh có mức độ sốt rét cao chủ yếu thuộc khu vực Miền Trung - Tây Nguyên (Hoàng Hà, 2014). Hầu hết các tỉnh có các xã, huyện với đường biên giới với Lào hoặc Campuchia đều có tỷ lệ bệnh nhân mắc sốt rét cao hơn so với các địa phương khác trong cả nước. Nguyên nhân gây ra bệnh sốt rét được xác định là do ký sinh trùng sốt rét và trung gian do muỗi Anopheles truyền ký sinh trùng sốt rét từ người này sang người khác. Do đó nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến sự phát sinh, phát triển của bệnh sốt rét dưới góc độ địa lý học cũng chính là nghiên cứu điều kiện hay yếu tố thích hợp cho muỗi Anopheles phát sinh, phát triển và truyền bệnh.

Từ trước đến nay các đề tài nghiên cứu về sốt rét thực hiện theo 3 hướng chính: (1) Dựa vào kiến thức chuyên gia (2) Sử dụng viễn thám, GIS (3) Sử dụng các mô hình thống kê kết hợp với trí thông minh nhân tạo, viễn thám và GIS. Các hướng nghiên cứu này đều tìm hiểu

mối quan hệ giữa các biến độc lập và xây dựng mô hình dự báo nguy cơ mắc bệnh sốt rét dựa trên tập hợp biến đó (Abiodun Morakinyo Adeola, and et al, 2015; Sudheer Ch, and et al, 2014; Palaniyandi M. 2014; Anna L Buczak, and et al, 2015; Orlando Zacarias, Henrik Boström, 2013; Đào Văn Dũng, và nnk 2009; Quang-Thanh Bui, and et al 2018). Các hướng nghiên cứu hiện nay chủ yếu theo hướng (1) và (2), còn với hướng (3) chưa có nhiều đề tài nghiên cứu trong nước nhưng trên thế giới đã chứng minh được tính hiệu quả dựa trên cơ sở đánh giá độ chính xác của kết quả dự báo. Tuy nhiên, dù nghiên cứu theo hướng nào thì vấn đề đầu tiên cần quan tâm đó chính là các nhân tố ảnh hưởng tới nguy cơ gây nên bệnh sốt rét là gì để từ đó có cơ sở xác định nguồn dữ liệu và xây dựng các bản đồ thành phần làm đầu vào mới có thể phân tích cũng như lập bản đồ phân vùng nguy cơ bệnh sốt rét được.

**2. Các nhân tố ảnh hưởng đến bệnh sốt rét**

Quá trình phát sinh bệnh sốt rét có mối liên quan chặt chẽ tới các điều kiện tự nhiên và kinh tế xã hội của chúng ta. Các nghiên cứu trước đây cũng đã chỉ ra rằng điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội ảnh hưởng trực tiếp tới sự phát sinh/lan truyền vector sốt rét hay dịch bệnh như: khí hậu nhiệt đới, độ cao, độ dốc, vùng nước đọng, điều kiện giao thông, y tế kém phát triển, mức độ sống không đảm bảo, thói quen sinh sống đi rừng của người dân, trình độ dân trí thấp và ảnh hưởng tiêu cực của biến đổi khí hậu (Hoàng Hà, 2014; Hồ Đắc Thoàn, 2018; Nguyễn Đức Tuệ, 2010; Quang-Thanh Bui, and et al, 2018; Abiodun Morakinyo Adeola, and et al, 2015). Công nghệ địa không gian với các dữ liệu bản đồ và ảnh viễn thám mô tả các lớp nội dung về khí hậu, độ cao, độ dốc, vùng nước động, điều kiện giao thông, y tế,... sẽ là nguồn dữ liệu đầu vào để sử dụng kỹ thuật phân tích không gian trong GIS nhằm xác định và khoanh vùng các khu vực có nguy cơ xảy ra bệnh sốt rét. Vì vậy, một khi nhận biết được các khu vực/vùng địa lý dễ bị tổn thương bởi dịch bệnh sốt rét, sẽ là thông tin quan trọng giúp hỗ trợ cho công tác y tế dự phòng.




*Hình 1. Sơ đồ lây truyền bệnh sốt rét (Vũ Thị Phan, 1996)*

Việc quản lý phòng tránh sốt rét, trong đó có dự báo nguy cơ mắc bệnh sốt rét đòi hỏi phải có dữ liệu chính xác về không gian và các thông tin về thời gian (Guru Balamurugan & N

Roy, 2011). Từ những lớp dữ liệu chính xác này sẽ là đầu vào quan trọng cho các nghiên cứu, trong đó có các nghiên cứu trên quan điểm địa lý y học kết hợp với công nghệ viễn thám, GIS và các thuật toán tối ưu là hướng nghiên cứu nhiều triển vọng khi sử dụng ứng dụng các phân tích không gian. Đánh giá các nguy cơ tiềm tàng, xác định khu vực dễ tổn thương giúp chủ động phòng và hạn chế tác động xấu từ quá trình lây lan của dịch bệnh. Kết quả của những nghiên cứu này thực sự cần thiết để chia sẻ cho cán bộ y tế và người dân địa phương, từ đó theo dõi và chủ động phòng tránh được dịch bệnh. Trên cơ sở phân tích đó có thể thấy rằng các nhân tố ảnh hưởng tới bệnh sốt rét bao gồm: (1) nhóm các nhân tố môi trường tự nhiên và sinh học; (2) nhóm các nhân tố môi trường kinh tế - xã hội.

*Bảng 1. Các nhân tố ảnh hưởng tới nguy cơ phát sinh bệnh sốt rét*

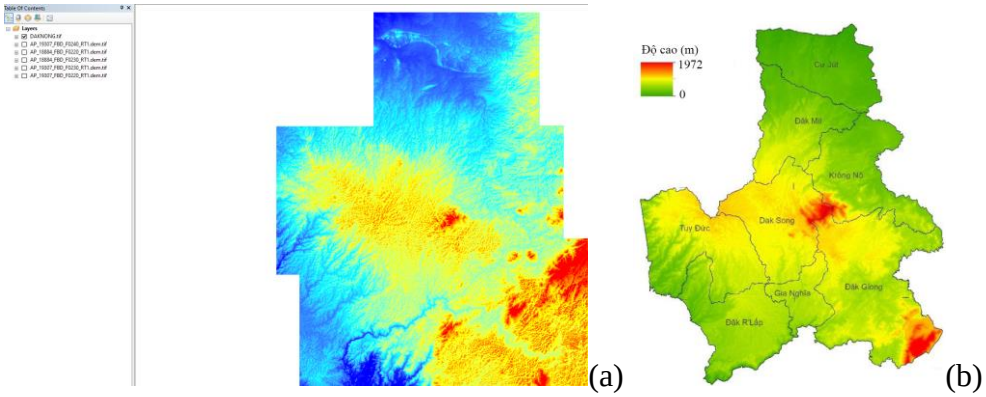
| STT | Nhóm nhân tố ảnh hưởng | Nhân tố ảnh hưởng | |
|---|---|---|---|
| **I** | **Nhóm các nhân tố môi trường tự nhiên và sinh học** | 1 | Mô hình số độ cao - DEM |
| | | 2 | Độ dốc |
| | | 3 | Hướng dốc |
| | | 4 | Chỉ số thực vật |
| | | 5 | Chỉ số độ ẩm |
| | | 6 | Nhiệt độ bề mặt |
| | | 7 | Lượng mưa |
| | | 8 | Gió |
| **II** | **Nhóm các nhân tố môi trường kinh tế - xã hội** | 9 | Khoảng cách tới rừng |
| | | 10 | Khoảng cách tới dân cư |
| | | 11 | Khoảng cách tới sông hồ và khu vực ngập nước |
| | | 12 | Khoảng cách tới đường giao thông |

## 3. Thành lập các bản đồ cho các nhân tố ảnh hưởng tới nguy cơ bệnh sốt rét

### *3.1. Thành lập nhóm dữ liệu Mô hình số độ cao (DEM), độ dốc và hướng dốc*

*3.1.1. Mô hình số độ cao - DEM*

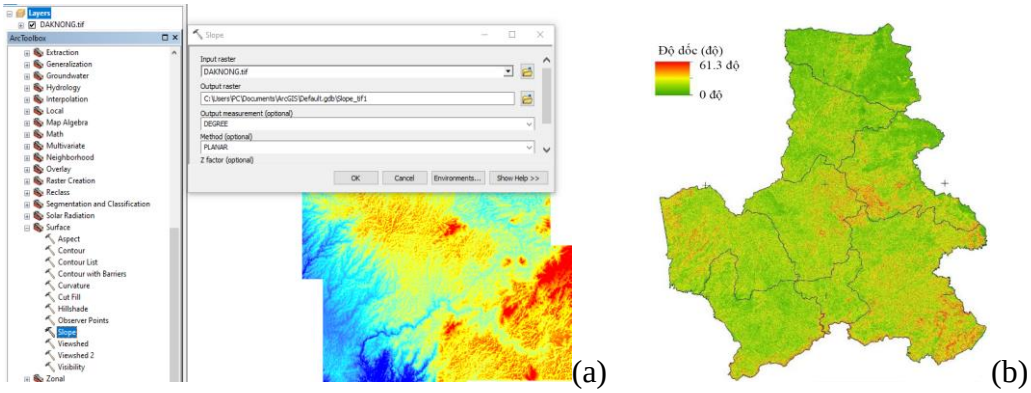
Bề mặt địa hình là một yếu tố quan trọng không chỉ ảnh hưởng đến điều kiện sinh thái của muỗi mà còn liên quan trực tiếp tới điều kiện đói nghèo, thiếu thốn của cộng đồng dân cư. Để thể hiện được bề mặt địa hình cho các phân tích GIS về sau trong việc đánh giá nguy cơ bệnh sốt rét thì mô hình số độ cao DEM được sử dụng để mô tả bề mặt địa hình. Mô hình số độ cao có thể lấy được từ nhiều nguồn như thành lập từ đo đạc trực tiếp (đối với những khu vực nhỏ), từ ảnh hàng không, ảnh vệ tinh. Trong phạm vi báo cáo này chúng tôi sử dụng dữ liệu DEM từ nguồn ảnh vệ tinh ASTER (miễn phí) có độ phân giải 30 m. Dữ liệu DEM khu vực thực nghiệm của bài báo gồm 5 mảnh (hình 2a) được đưa vào phần mềm ArcGIS để xử lý, sau quá trình xử lý và cắt theo ranh giới ta được mô hình số độ cao khu vực nghiên cứu (hình 2b).




(a) (b)

*Hình 2. Dữ liệu DEM Aster độ phân giải 30 m (a) và Mô hình số độ cao - DEM (b)*

### *3.1.2. Bản đồ độ dốc*



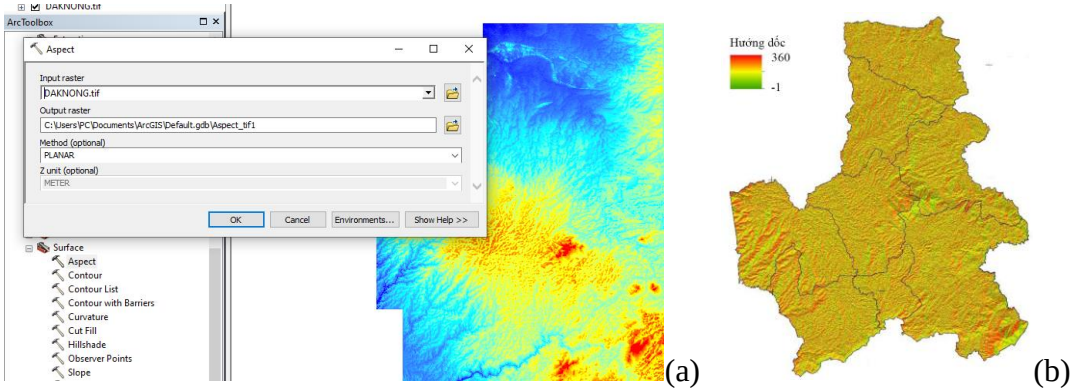

(a) (b)

*Hình 3. Thành lập bản đồ độ dốc (a) và Bản đồ độ dốc (b)*

Trên cơ sở mô hình số độ cao DEM sử dụng công cụ Slope trong bộ công cụ Spatial Analysis của ArcGIS (hình 3a) kết quả quá trình phân tích độ dốc từ DEM ta nhận được dữ liệu độ dốc sau đó tiến hành reclassify và cắt theo ranh giới khu vực nghiên cứu ta nhận được bản đồ độ đốc (hình 3b).

### *3.1.3. Bản đồ hướng dốc*

Trên cơ sở mô hình số độ cao DEM sử dụng công cụ Aspect trong bộ công cụ Spatial Analysis của ArcGIS (hình 4a) kết quả quá trình phân tích độ dốc từ DEM ta nhận được dữ liệu hướng dốc và tiến hành cắt theo ranh giới khu vực nghiên cứu ta nhận được bản đồ độ đốc (hình 4b).




(a) (b)

*Hình 4. Thành lập bản đồ hướng dốc (a) và Bản đồ hướng dốc (b)*

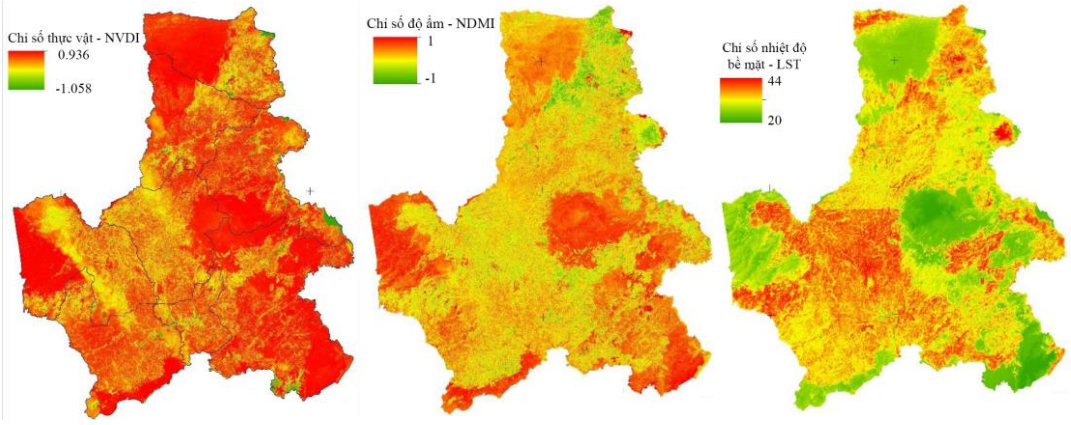
### *3.2. Bản đồ chỉ số thực vật, độ ẩm và nhiệt độ*

Chỉ số thực vật (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) là một thuật toán tiêu chuẩn được thiết kế để ước tính chất lượng thảm thực vật màu xanh lá cây trên mặt đất bằng phép đo phản xạ ở bước sóng màu đỏ và cận hồng ngoại. Trong nghiên cứu về phân vùng bệnh sốt rét, chỉ số thực vật có vai trò vô cùng quan trọng nó xác định các vùng rậm rạp nơi có điều kiện lý tưởng cho muỗi sinh trưởng và phát triển. Nguyên tắc tính NDVI là thực vật hấp thụ bức xạ ở các bước sóng màu đỏ - RED (640-670mm) do có sự hiện diện của các sắc tố diệp lục và bị tán xạ ở bước sóng rất gần với cận hồng ngoại - NIR (700-1100mm) do cấu trúc bên trong của lá. Ngược lại bề mặt đất trống có phản xạ cao hơn ở các bước sóng màu đỏ và hệ số phản sạ thấp hơn ở các bước sóng cận hồng ngoại, NDVI=Band4 (NIR) - Band2 (RED)/Band4 (NIR) + Band2 (RED). NDVI có giá trị dao động từ -1 đến +1 [12]. Giá trị của chỉ số thực vật là dãy số từ -1 đến +1, nếu giá trị NDVI càng cao thì khu vực đó có độ phủ thực vật tốt ngược lại nếu giá trị NDVI thấp thì khu vực đó có độ che phủ thấp còn giá trị NDVI âm cho thấy khu vực không có thực vật.

$$NVDI = \frac{Band_{\text{NIR (Kênh cận hồng ngoại)}} - Band_{\text{RED (Kênh màu đỏ)}}}{Band_{\text{NIR (Kênh cận hồng ngoại)}} + Band_{\text{RED (Kênh màu đỏ)}}}$$

Chỉ số độ ẩm (NDMI - Normalized Difference Moisture Index) được sử dụng để xác định hàm lượng nước của thảm thực vật rất quan trọng trong các nghiên cứu về dịch sốt rét. Nó được tính bằng tỷ lệ giữa giá trị NIR và SWIR theo công thức: NDMI = (Band 5 - Band 6) / (Band 5 + Band 6).

Chỉ số nhiệt độ bề mặt (LST - Land Surface Temperature) được đưa vào tính toán bởi nó có ảnh hưởng trực tiếp tới môi trường sinh thái của muỗi Anopheles. Chỉ số này được tính toán từ các band nhiệt hồng ngoại (10.3 -12.5 µm) của ảnh Landsat8.




(a) (b) (c)

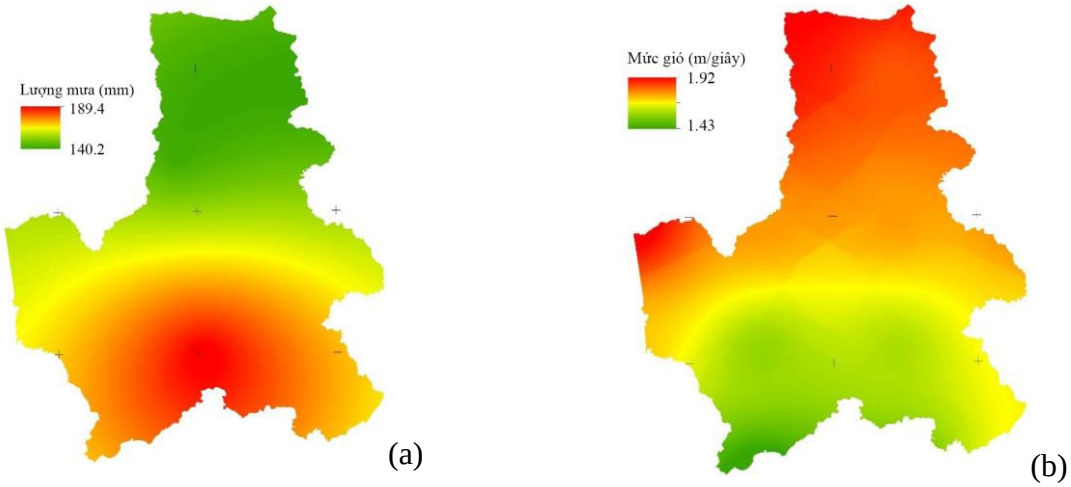
*Hình 5. Bản đồ chỉ số thực vật - NVDI (a), chỉ số độ ẩm -NDMI (b )và chỉ số nhiệt độ bề mặt - LST (c),*

Để lập bản đồ chỉ số thực vật, chỉ số độ ẩm và chỉ số nhiệt độ bề mặt cho khu vực nghiên cứu, chúng tôi đã tiến hành các bước tiền xử lý ảnh Landsat 8 bằng phần mềm ENVI 5.2 gồm: Tính chuyển về giá trị phản xạ trên đỉnh khí quyển (TOA-Top of Atmosphere); Hiệu chỉnh ảnh

hưởng khí quyển; Lọc mây và ghép ảnh; cắt ảnh theo ranh giới khu vực thực nghiệm. Sau đó tiến hành phân loại dữ liệu ảnh và đánh giá độ chính xác của kết quả phân loại cuối cùng thu được bản đồ chỉ số thực vật NDVI (hình 5a); tiến hành tính toán tỷ lệ giữa giá trị NIR và SWIR từ dữ liệu ảnh Landsat 8 ta thu được bản đồ chỉ số độ ẩm (hình 5b); tiến hành chuyển đổi dữ liệu số của band nhiệt hồng ngoại sang độ bức xạ rồi chuyển sang nhiệt độ sáng sau đó dựa trên kết quả tính toán nhiệt độ sáng (đã xét đến ảnh hưởng của độ phát xạ) để nhận được chỉ số nhiệt độ bề mặt (hình 5c).

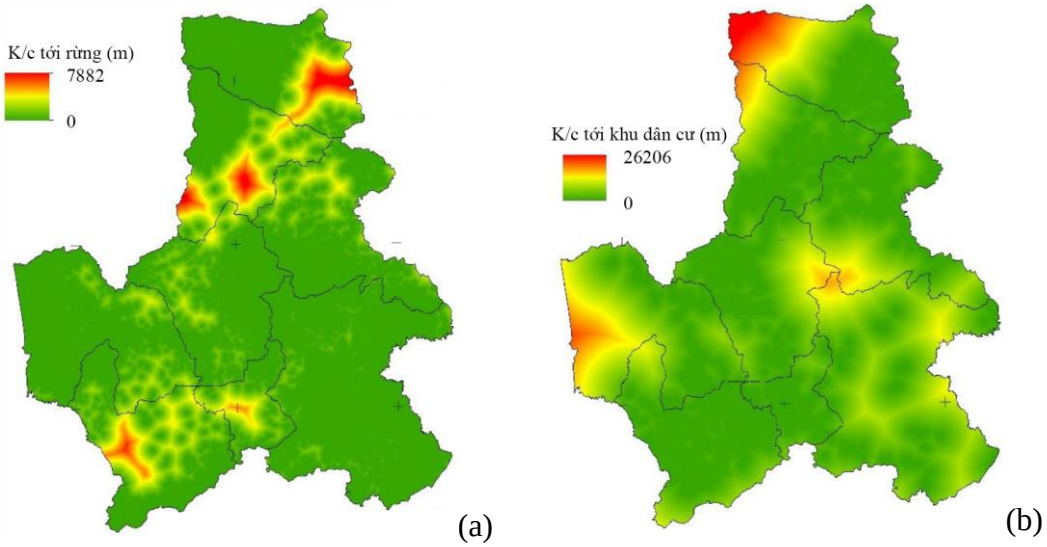
### *3.3. Nhóm bản đồ từ các số liệu quan trắc*

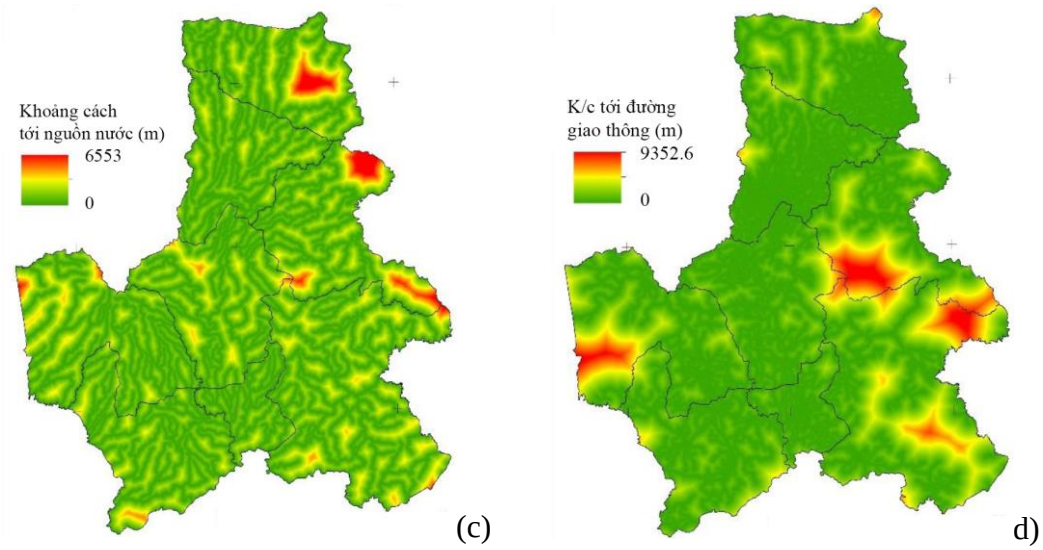
Từ số liệu quan trắc về lượng mưa và mức gió tại 18 trạm khí tượng thủy văn tiến hành sử dụng phần mềm ArcGIS để nội suy ra bản đồ lượng mưa (hình 6a) và bản đồ mức gió (hình 6b).




*Hình 6. Bản đồ lượng mưa (a) và mức gió (b)*

### *3.4. Nhóm các bản đồ khoảng cách tới các yếu tố dân cư, rừng, giao thông và thủy văn*






*Hình 7. Bản đồ khoảng cách tới rừng (a), khoảng cách tới khu dân cư (b), khoảng cách tới sông hồ (c) và khoảng cách tới đường giao thông (d)*

Trên cơ sở bản đồ hiện trạng sử dụng đất tiến hành chiết suất ra các lớp thông tin về đất nông nghiệp; đất ở; đất sông hồ và đất giao thông thành các nhóm riêng biệt sau đó tiến hành sử dụng công cụ Euclidean distances để tính toán và lập ra các bản đồ thành phần: Bản đồ khoảng cách tới rừng (hình 7a); Bản đồ khoảng cách tới khu dân cư (hình 7b); Bản đồ khoảng cách tới sông hồ (hình 7c) và Bản đồ khoảng cách tới đường giao thông (hình 7d)

## 4. Kết luận

Bài báo đã phân tích và chỉ ra được các nhân tố ảnh chính ảnh hưởng tới nguy cơ phát sinh bệnh sốt rét hiện nay gồm 2 nhóm nhân tố là các yếu tố địa lý tự nhiên và các yếu tố địa lý kinh tế - xã hội (Địa hình; thực vật; thủy văn; dân cư,... và các yếu tố nhân sinh khác). Trên cơ sở các công cụ phân tích GIS và viễn thám hiện có trong các phần mềm ArcGIS, ENVI,... cùng với nguồn dữ liệu thu thập được chúng tôi đã tiến hành xây dựng được các bản đồ thành phần phục vụ cho việc phân vung nguy cơ phát sinh bệnh sốt rét gồm 12 bản đồ (Mô hình số độ cao _DEM; Bản đồ độ dốc; Bản đồ hướng dốc; Bản đồ chỉ số thực vật - NVDI; Bản đồ chỉ số độ ẩm; Bản đồ chỉ số nhiệt độ bề mặt; Bản đồ lượng mưa; Bản đồ mức gió; Bản đồ khoảng cách tới rừng; Bản đồ khoảng cách tới khu dân cư; Bản đồ khoảng cách tới sông hồ; Bản đồ khoảng cách tới đường giao thông). Các bản đồ thành phần này sẽ là dữ liệu quan trọng cho việc xây dựng các mô hình GIS để phân tích và xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ phát sinh bệnh sốt rét phục vụ công tác xây dựng các kịch bản và đề ra các biện pháp dự báo, tuyên truyền, kết hợp cùng các biện pháp y tế dự phòng, biện pháp sinh học để phòng chống bệnh một cách tối ưu.

## Tài liệu tham khảo

1. Abiodun Morakinyo Adeola, and et al, (2015), "Application of geographical information system and remote sensing in malaria research and control in South Africa: a review", Southern African Journal of Infectious Diseases, Volume 30, 2015 - Issue 4.

2. Sudheer Ch, and et al, (2014) "A Support Vector Machine-Firefly Algorithm based forecasting model to determine malaria transmission", Journal of Neurocomputing https://doi.org/10.1016/j.neucom.2013.09.030
3. Palaniyandi M. "Red and Infrared remote sensing data for mapping and assessing the malaria and JE vectors". J Geophys Remote Sensing. 2014;3(3):1-4
4. Anna L Buczak, and et al, (2015) "Fuzzy association rule mining and classificationfor the prediction of malaria in South Korea", BMC Medical Informatics and Decision Making 15(1):47, DOI: 10.1186/s12911-015-0170-6
5. Orlando Zacarias, Henrik Boström, (2013), "Comparing Support Vector Regression and Random Forests Modeling for Predicting Malaria Incidence in Mozambique", International Journal on Advances in ICT for Emerging Regions (ICTer), DOI: 10.1109/ICTer.2013.6761181
6. Quang-Thanh Bui, and et al (2018), "Understanding spatial variations of malaria in Vietnam using remotely sensed data integrated into GIS and machine learning classifiers", Geocarto International.
7. Đào Văn Dũng, và nnk (2009), "Ứng dụng viễn thám và hệ thống thông tin địa lý trong dự báo dịch sốt rét ở Gia Lai", trong tạp chí Y học Việt Nam.
8. Hoàng Hà (2014), Nghiên cứu thực trạng sốt rét và đánh giá kết quả can thiệp phòng chống sốt rét tại một số xã biên giới của huyện Hướng Hóa, tỉnh Quảng Trị, Luận án Tiến sĩ y học, Huế.
9. Vũ Thị Phan (1996), Dịch tễ học bệnh sốt rét và phòng chống sốt rét ở Việt Nam, Nhà xuất bản Y học, trang 142 - 151.
10. Tổng cục thống kê (2016), Niêm giám thống kê, Cục thống kê tỉnh Đắk Nông.
11. Hồ Đắc Thoàn (2018), Nghiên cứu một số đặc điểm dịch tễ và biện pháp phòng chống sốt rét cho người dân ngủ rẫy ở hai huyện của tỉnh Khánh Hòa và Gia Lai (2014-2017), Luận án Tiến sĩ Y tế công cộng, Hà Nội.
12. Nguyễn Đức Tuệ (2010), "Đánh giá các điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội bằng hệ thống thông tin địa lý phục vụ dự phòng bệnh sốt rét ở lãnh thổ tỉnh Gia Lai", Luận án tiến sĩ, Hà Nội.

# ABSTRACT

## APPLICATION OF REMOTE SENSING AND GIS TECHNIQUE TO ESTABLISH SEVERAL COMPONENT MAPS AID TO DETERMINE MALARIA RISK

**Nguyen Danh Duc[1], Luong Trung Hau[2], Pham Van Hiep[1]**

*[1] Hanoi University of Mining and Geology*

*[2] Survey and Aerial Mapping One Member Limited Liability Company, Department of Cartography, General Staff of the Vietnam People's Army*

*Corresponding author: nguyendanhduc@humg.edu.vn*

Malaria is a group B infectious disease in the Law on Prevention and Control of Infectious Diseases and easily spreads and develops into an epidemic if it is not controlled. At present, malaria is still a major health problem in the world in general and in Vietnam in particular. To build a malaria risk map, the authors have studied and identified the main factors that cause malaria. for the construction of component maps. The article introduces the results of the research on influencing factors and identifies a list of component data to build an input dataset to support the process of determining the risk of malaria based on telemedicine application reconnaissance and GIS.

*Keywords*: Remote sensing, GIS, Geomatics, Malaria

# XÂY DỰNG CƠ SỞ DỮ LIỆU ĐỊA CHÍNH PHỤC VỤ CÔNG TÁC QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI TRÊN ĐỊA BÀN XÃ NGA MY HUYỆN PHÚ BÌNH (THÁI NGUYÊN)

**Đỗ Thị Phương Thảo[1], Hoàng Xuân Nghiêm[2], Lương Trung Hậu[2], Nguyễn Trung Thành[3]**

*[1] Trường Đại học Mỏ - Địa Chất*

*[2] Công ty TNHH MTV Trắc địa Bản đồ, Cục Bản đồ BTTM*

*[3] Sở Tài nguyên và Môi trường Hà Nội*

*Tác giả liên hệ: dothiphuongthao@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Biến động về đất đai trên địa bàn các xã những năm gần đây thường diễn ra với mức độ mạnh do nhu cầu phát triển của xã hội. Xã Nga My là một xã đồng bằng gồm 26 xóm. Do nhiều nguyên nhân công tác quản lý đất đai chưa được quan tâm đúng mức trong một thời gian dài nên hệ thống dữ liệu địa chính của xã tương đối lạc hậu không đáp ứng nhu cầu quản lý và sử dụng đất trong giai đoạn hiện nay. Bài báo đưa ra qui trình xây dựng cơ sở dữ liệu địa chính phục vụ công tác quản lý đất đai cũng như đề xuất một số giải pháp sẽ giúp chính quyền và các cơ quan chuyên môn các cấp nắm được chính xác tình hình biến động về đất đai nhằm nâng cao chất lượng quản lý và hiệu quả sử dụng đất, góp phần phát triển kinh tế - xã hội địa phương.

**Từ khóa:** Cơ sở dữ liệu địa chính, Quản lý đất đai, xã Nga My.

## 1. Đặt vấn đề

Xây dựng cơ sở dữ liệu đất đai là một trong những chủ trương và nhiệm vụ mang tính đột phá của công tác quản lý nhà nước về đất đai. Thực hiện chủ trương này, ngành Tài nguyên và Môi trường (TN&MT) đã tích cực triển khai dự án tổng thể xây dựng hồ sơ địa chính và cơ sở quản lý đất đai toàn tỉnh đến năm 2020.

Xây dựng cơ sở dữ liệu địa chính là yêu cầu cơ bản để xây dựng hệ thống quản lý đất đai. Trong nhiều năm qua, các địa phương đã quan tâm, tổ chức triển khai ở nhiều địa bàn. Một số tỉnh đã cơ bản xây dựng cơ sở dữ liệu địa chính và đã tổ chức quản lý, vận hành phục vụ yêu cầu khai thác sử dụng rất hiệu quả cũng như được cập nhật biến động thường xuyên ở các cấp tỉnh, huyện, xã. Tuy nhiên, nhiều tỉnh việc xây dựng cơ sở dữ liệu địa chính mới chỉ dừng lại ở việc lập bản đồ địa chính và hồ sơ địa chính dạng số cho riêng từng xã ở một địa bàn mà chưa được kết nối, xây dựng thành cơ sở dữ liệu địa chính hoàn chỉnh nên chưa được khai thác sử dụng hiệu quả và không cập nhật biến động thường xuyên. Nguyên nhân chủ yếu là do sự nhận thức về cơ sở dữ liệu địa chính chưa đầy đủ, việc đầu tư xây dựng cơ sở dữ liệu địa chính ở các địa phương chưa đồng bộ và các bước thực hiện chưa phù hợp.

Tại huyện Phú Bình, tỉnh Thái Nguyên, các xã, thị trấn thuộc huyện đã thực hiện công tác đo đạc bản đồ địa chính từ năm 1993 đến năm 1995. Kết quả của công tác đo đạc bản đồ địa chính cũng đã phục vụ đắc lực cho công tác cấp giấy chứng nhận quyền sử dụng đất, quyền sở hữu nhà ở và tài sản khác gắn liền với đất, xây dựng hồ sơ địa chính đáp ứng yêu cầu quản lý nhà nước về đất đai tại các xã, thị trấn trên địa bàn. Tuy nhiên, hệ thống bản đồ địa chính được

thành lập trong hệ tọa độ nhà nước HN-72, theo phương pháp toàn đạc, sử dụng máy kinh vĩ quang cơ, biên vẽ và tính diện tích bằng phương pháp thủ công nên có độ chính xác thấp. Năm 2007, bản đồ địa chính được số hoá, chuyển đổi từ hệ toạ độ nhà nước HN-72 sang hệ toạ độ quốc gia VN-2000, trong quá trình thực hiện quét, số hoá, nắn chuyển có nhiều nguồn sai số gây ảnh hưởng đến độ chính xác của bản đồ.

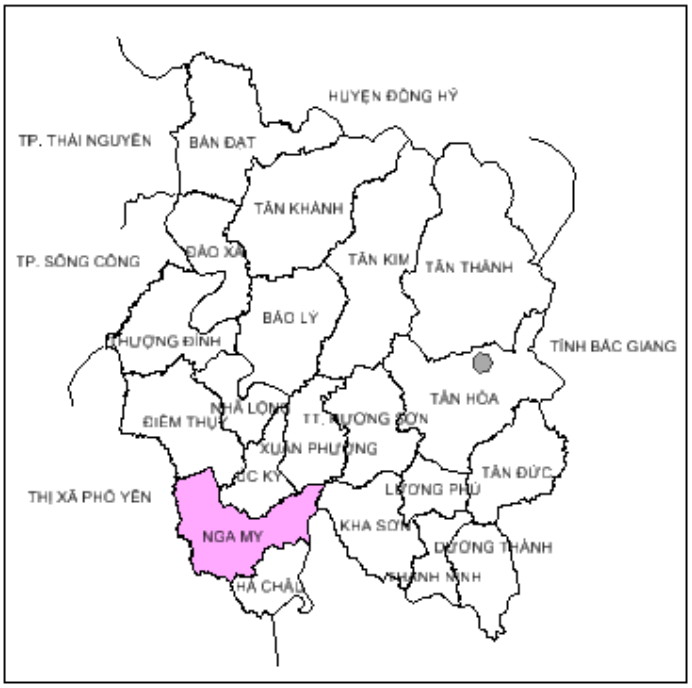
Đến nay đã hơn 20 năm, hiện trạng sử dụng đất tại các xã, thị trấn trên địa bàn huyện đã có nhiều thay đổi, biến động. Để đảm bảo mục tiêu hoàn thành việc cấp giấy chứng nhận quyền sử dụng đất, quyền sở hữu nhà ở và tài sản khác gắn liền với đất cần phải hoàn thành công tác đo đạc lập bản đồ địa chính, xây dựng đồng bộ hệ thống hồ sơ địa chính và cơ sở dữ liệu quản lý đất đai từ cấp xã, huyện, tỉnh.

Bản đồ địa chính, hệ thống hồ sơ địa chính của xã Nga My, huyện Phú Bình nói riêng và của các đơn vị hành chính cấp xã, huyện khác thuộc tỉnh Thái Nguyên nói chung phải đảm bảo các quy định hiện hành của Bộ Tài nguyên và Môi trường, đáp ứng yêu cầu quản lý nhà nước về đất đai theo Luật Đất đai năm 2013, để từng bước hoàn thành mục tiêu của Dự án tổng thể xây dựng hệ thống hồ sơ địa chính và cơ sở dữ liệu quản lý đất đai tỉnh Thái Nguyên đã được UBND tỉnh phê duyệt.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Khu vực nghiên cứu :

Xã Nga My nằm ở vùng Tây Nam huyện Phú Bình, tỉnh Thái Nguyên (Hình 1), có diện tích đất tự nhiên là 1.242,4 ha với số liệu tính đến tháng 12 năm 2020 là 2.819 hộ và 11.970 nhân khẩu, là xã loại 2 dân tộc kinh sinh sống là chủ yếu không có dân tộc thiểu số, được chia thành 26 xóm. Cơ cấu kinh tế của xã là nông nghiệp - dịch vụ - Tiểu thủ công nghiệp. Trong những năm gần đây, xã Nga My đang thu hút nhiều dự án lớn vào đầu tư trên địa bàn. Việc bước đầu lập quy hoạch các dự án và thu hút đầu tư vào địa bàn kể trên đã có nhiều đóng góp vào sự phát triển kinh tế - xã hội của địa phương.




*Hình 1: Vị trí xã Nga My trong huyện Phú Bình, tỉnh Thái Nguyên*

Về tình hình thực hiện xây dựng cơ sở dữ liệu địa chính xã Nga My có tổng số thửa đất là 23.160 thửa, trong đó có 22.981 thửa đất được cấp giấy chứng nhận quyền sử dụng đất bao gồm:

- Thửa đất không có tài sản trên đất (Thửa đất loại A) đã được cấp 01 giấy 01 thửa là 6.066 thửa;
- Thửa đất có tài sản gắn liền với đất (thửa đất loại B) và Căn hộ trong nhà chung cư, nhà hỗn hợp: 0 thửa.
- Thửa đất nông nghiệp cấp chung (thửa đất loại C) nhiều thửa trên một giấy là: 13.028 thửa;
- Thửa đất chưa (không) cấp GCN đã thực hiện đăng ký đất đai (thửa đất loại E1): 3.138 thửa;
- Thửa đất chưa (không) cấp GCN chưa thực hiện đăng ký đất đai (thửa đất loại E2): 749 thửa.

***2.2. Dữ liệu nghiên cứu***

*2.2.1. Tư liệu tọa độ:* gồm có các điểm toạ độ, độ cao đã xây dựng trong địa bàn xã: 3 điểm địa chính cơ sở: 093415, 093416, 093417 được khai thác tại Trung Tâm Công nghệ thông tin Tài nguyên và Môi trường - Sở Tài nguyên và Môi trường Thái Nguyên.

*2.2.2. Tư liệu bản đồ:*

- Tài liệu, bản đồ địa giới hành chính 513 được thành lập năm 2015 theo dự án "Hoàn thiện, hiện đại hoá hồ sơ, bản đồ địa giới hành chính và xây dựng cơ sở dữ liệu về địa giới hành chính các cấp" được phê duyệt theo Quyết định số 513/QĐ-TTg ngày 02/5/2012 của Thủ tướng Chính phủ và Thiết kế kỹ thuật được phê duyệt theo Quyết định số 1768/QĐ-UBND ngày 14/8/2014 của UBND tỉnh Thái Nguyên.

- Bản đồ địa chính xã Nga My thành lập năm 1993, số hóa chuyển hệ tọa độ từ hệ tọa độ Nhà nước HN-72 sang hệ tọa độ Quốc gia VN-2000 năm 2007 và bản đồ chỉnh lý phục vụ cấp giấy chứng nhận lần đầu năm 2013;

- Bản đồ hiện trạng sử dụng đất được lập qua các kỳ kiểm kê đất đai.

- Bản trích lục, trích đo địa chính quỹ đất của các tổ chức theo chỉ thị số 31/2007/CT-TTg.

- Bản đồ trích đo phục vụ bồi thường, giải phóng mặt bằng, thu hồi đất thực hiện các dự án trên địa bàn xã.

- Bản đồ địa chính của xã được đo đạc mới năm 2019: 51 tờ trong đó: tỷ lệ 1:1000 có 26 tờ, tỷ lệ 1:2000 có 25 tờ.

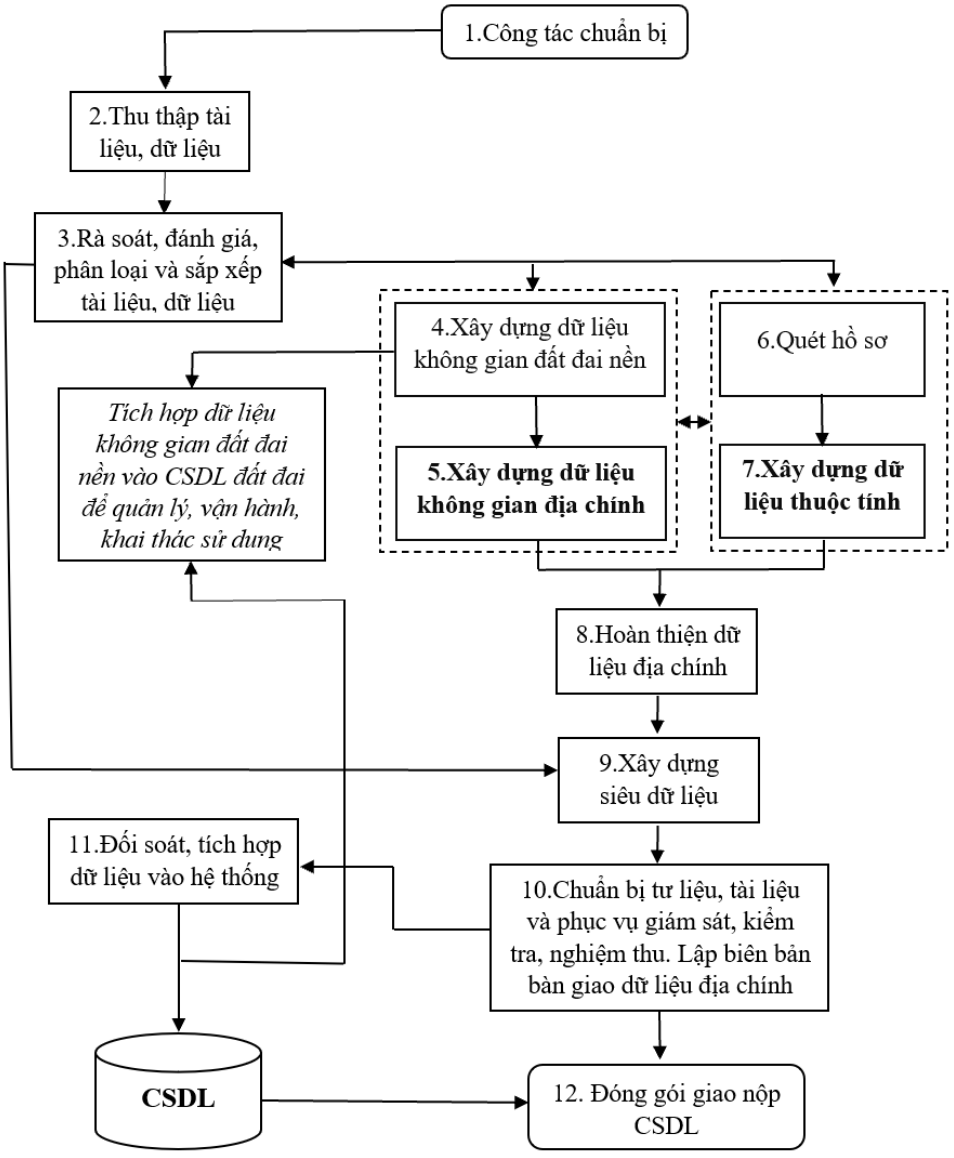
*2.2.3. Dữ liệu về thửa đất, về tài sản, về quyền:*

- Hệ thống hồ sơ sổ sách: Sổ mục kê, sổ cấp GCN, Sổ địa chính, Sổ Đăng ký Biến động…
- Hồ sơ cấp GCN lần đầu, hồ sơ giao đất, hồ sơ trúng đấu giá..
- Giấy nộp tiền nghĩa vụ Tài chính
- Giấy chứng nhận quyền sử dụng đất

### *2.3. Phương pháp nghiên cứu*

Xây dựng mới cơ sở dữ liệu địa chính cho xã Nga My theo qui định tại Thông tư số 05/2017/TT-BTNMT ngày 25 tháng 04 năm 2017 qui định quy trình xây dựng cơ sở dư liệu đất đai. Không kết hợp với việc tổ chức, sắp xếp lại kho lưu trữ tài liệu đất đai.

Hình 2 là qui trình xây dựng cơ sở dữ liệu địa chính đối với trường hợp đã thực hiện đăng ký, cấp giấy chứng nhận áp dụng cho địa bàn xã Nga My. Trong quá trình thực hiện, sử dụng phần mềm MicroStation V8i (SELECTseries 3), Gcadas và phần mềm Vilis 2.0. Về cơ bản xây dựng cơ sở dữ liệu địa chính gồm xây dựng cơ sở dữ liệu không gian địa chính và xây dựng dữ liệu thuộc tính địa chính từ hồ sơ. Sau đó liên kết dữ liệu không gian với dữ liệu thuộc tính; đối soát, tích hợp dữ liệu vào hệ thống và hoàn thiện CSDL.

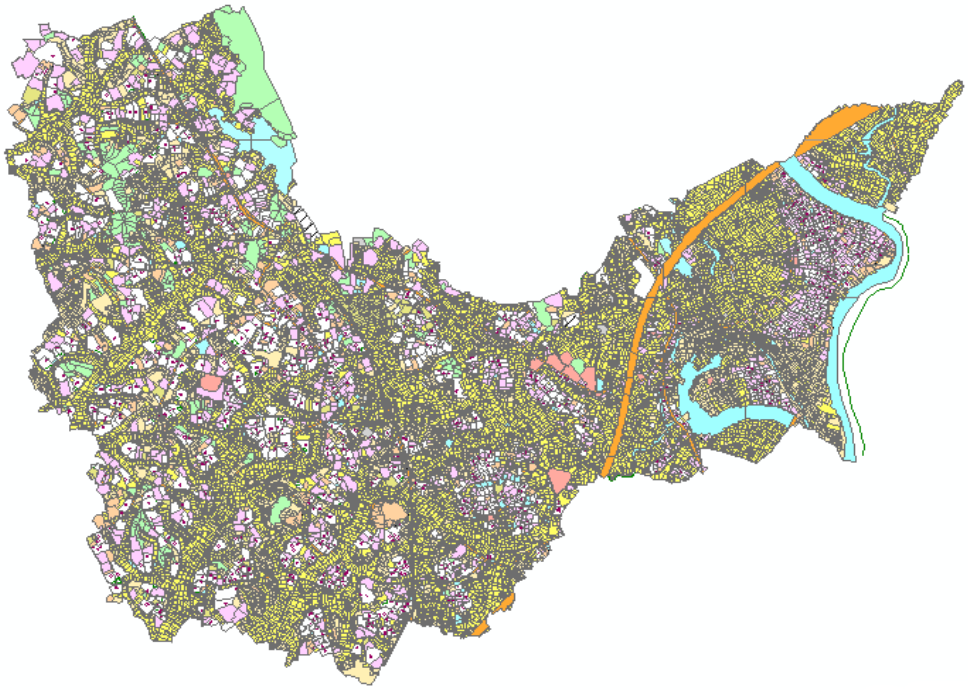



*Hình 2: Quy trình qui trình xây dựng cơ sở dữ liệu địa chính đối với trường hợp đã thực hiện đăng ký, cấp giấy chứng nhận áp dụng cho địa bàn xã Nga My*

### *3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận*

*3.1. Xây dựng CSDL không gian địa chính (các bước 1,2,3,4,5):*

Từ các nguồn dữ liệu bản đồ tại mục 2.2.2, tiến hành rà soát, đánh giá, phân loại và sắp xếp tài liệu, dữ liệu. Kiểm tra, biên tập nội dung bản đồ địa chính, bao gồm: kiểm tra hệ tọa độ, phân lớp đối tượng nội dung, sự phù hợp giữa thông tin bản đồ địa chính và thông tin hồ sơ, ... Sau đó tiếp biên, chuẩn hoá quan hệ không gian đối tượng nội dung bản đồ theo qui định kỹ thuật, bổ sung các thông tin còn thiếu và chuyển đổi các lớp đối tượng không gian đất đai nền từ tệp (File) bản đồ số vào cơ sở dữ liệu; gộp các thành phần tiếp giáp nhau của cùng một đối tượng không gian đất đai nền thành một đối tượng duy nhất. Đến đây, có thể bàn giao dữ liệu không gian đất đai nền cho VPĐK đất đai để thực hiện tích hợp, vận hành thống nhất (Hình 3).

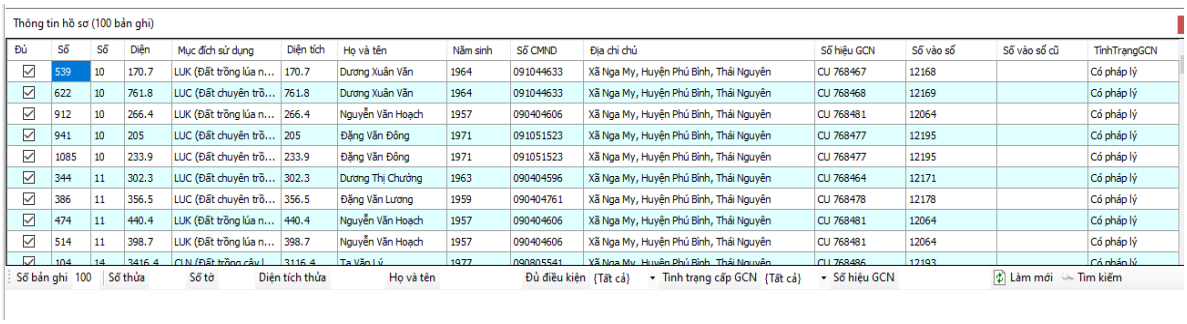


*Hình 3: Cơ sở dữ liệu không gian địa chính xã Nga My*

*3.2. Xây dựng CSDL thuộc tính địa chính và hoàn thiện CSDL địa chính (bước 6,7,8,9,10,11,12)*

Các thông tin ban đầu là bộ hồ sơ, phiếu điều tra thông tin thửa đất kiểm tra so sánh với bản đồ địa chính đồng thời thu nhận bổ sung thông tin còn thiếu. Tiến hành quét giấy tờ pháp lý và xử lý tệp tin. Các tệp (file) hồ sơ quét của từng thửa đất thực hiện theo Quy định của Thông tư số 05/2017/TT-BTNMT, được sắp xếp theo từng đơn vị hành chính xã. Các file quét được đặt tên theo một trật tự thống nhất và đảm bảo tính duy nhất của thửa đất thuận lợi cho việc tao liên kết với dữ liệu thuộc tính và dữ liệu không gian; Hồ sơ quét được liên kết với thửa đất trong cơ sở dữ liệu.

Dữ liệu thuộc tính địa chính được đồng bộ thống nhất với dữ liệu không gian địa chính và được nhập vào phần mềm VLIS để xây dựng CSDL theo yêu cầu. Các thửa đất được nhập đầy đủ và chính xác các thông tin thuộc tính theo tài liệu đã cung cấp (Hình 4). Cuối cùng là các bước hoàn thiện CSDL địa chính.



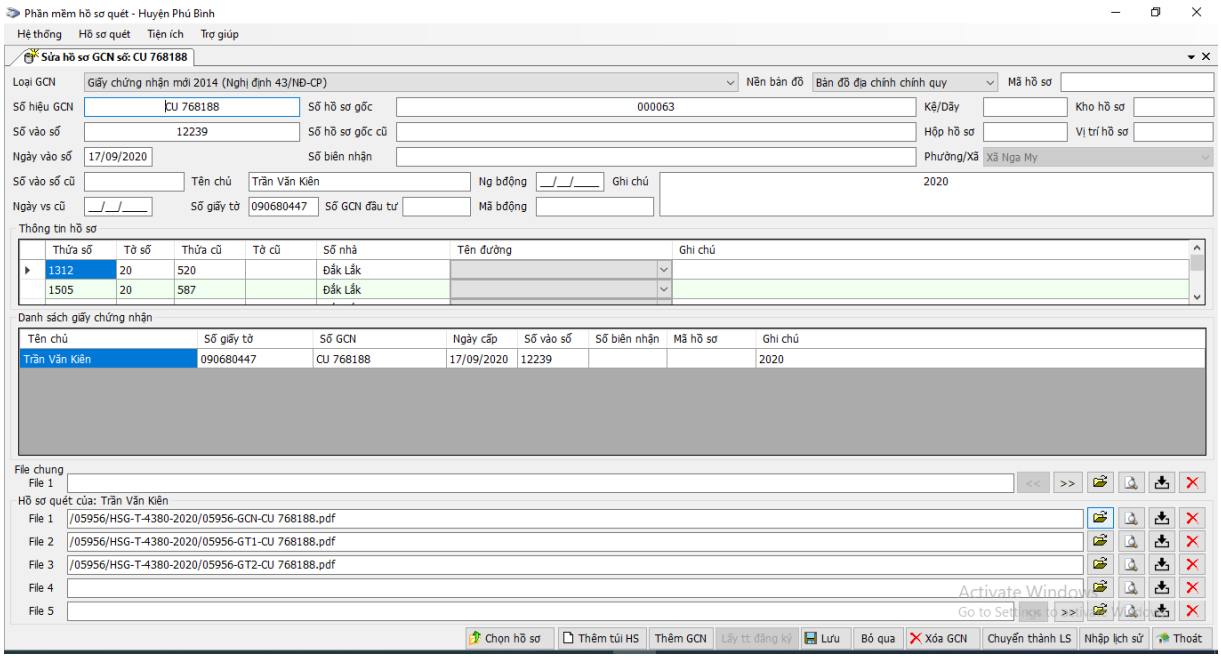

*Hình 4: Các thông tin thuộc tính của thửa đất*

*3.3. Các chức năng khai thác, vận hành, cập nhật CSDL địa chính xã Nga My phục vụ quản lý đất đai*

Qua triển khai thực nghiệm xây dựng CSDL địa chính xã Nga My, huyện Phú Bình. Thành phố Thái Nguyên trên nền tảng phần mềm VILIS cho thấy phần mềm có nhiều tính năng hỗ trợ đắc lực cho công tác quản lý cơ sở dữ liệu và hỗ trợ công tác quản lý đất đai như: tra cứu thông tin, tra cứu thông tin hồ sơ quét, lập hồ sơ thửa đất, quản lý hồ sơ địa chính,…

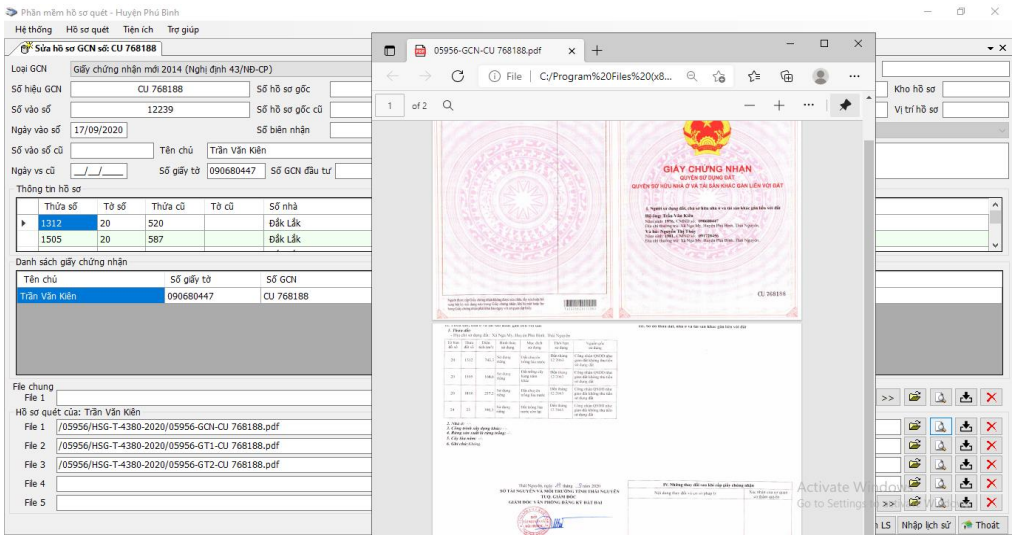
*Chức năng tra cứu thông tin:*

Tìm thông tin về thửa đất của các đơn vị, tổ chức khi biết thông tin về người sử dụng đất, tìm thông tin về người sử dụng đất khi biết thông tin về thửa đất; tìm thông tin về thửa đất và thông tin về người sử dụng đất trong dữ liệu thuộc tính địa chính thửa đất khi biết vị trí thửa đất trên bản đồ địa chính, tìm được vị trí thửa đất trên bản đồ địa chính khi biết thông tin về thửa đất, người sử dụng đất trong dữ liệu thuộc tính địa chính thửa đất... (Hình 5).



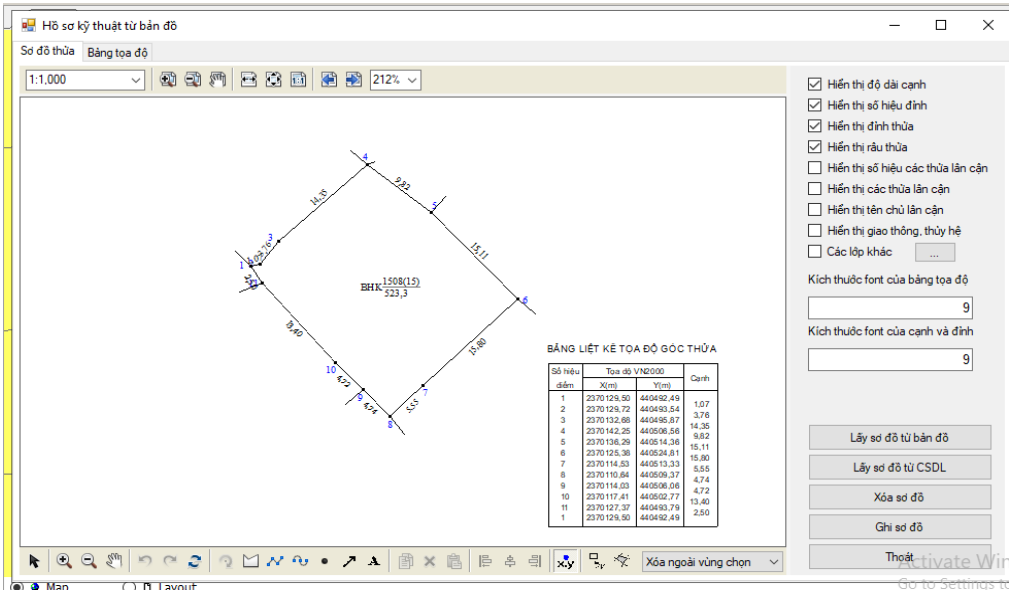

*Hình 5: Chức năng tra cứu thông tin thửa đất*

*Chức năng tra cứu thông tin hồ sơ quét:* Khi cần tìm thông tin về hồ sơ của các đơn vị, tổ chức có thể tra cứu trong kho dữ liệu số trong cơ sở dữ liệu (Hình 6).



*Hình 6. Hiển thị thông tin hồ sơ quét của thửa đất*

*Lấy sơ đồ thửa đất:* Trên giao diện bản đồ, có thể lấy hồ sơ kỹ thuật của thửa đất để in (Hình 7).



*Hình 7: Lấy hồ sơ thửa đất*

*Chức năng quản lý hồ sơ địa chính:* với các công cụ cập nhật thông tin cho hồ sơ; lập báo cáo tờ trình; báo cáo danh sách giấy chứng nhận đã cấp; tổng hợp danh sách hồ sơ địa chính.

*Chức năng lưu trữ hồ sơ địa chính:* Cơ sở dữ liệu địa chính được lưu trữ một bản dự phòng đồng thời để có thể khôi phục được cơ sở dữ liệu trong trường hợp xảy ra sự cố;

*Chức năng xử lý biến động hồ sơ,* bao gồm chuyển đổi quyền sử dụng đất và chuyển nhượng quyền sử dụng đất. Chuyển đổi quyền sử dụng đất là chức năng thực hiện việc chuyển đổi quyền sử dụng của các thửa đất giữa hai chủ sử dụng với nhau. Chức năng chuyển nhượng quyền sử dụng đất là việc thực hiện chuyển nhượng quyền sử dụng đất của một chủ sử dụng này cho một chủ sử dụng khác**.**

*Nghĩa vụ tài chính của thửa đất:* Tổ chức kinh tế, hộ gia đình, cá nhân được nhà Nước giao đất

có thu tiền sử dụng đất. Và với mỗi loại đất sẽ có những hạn mức thu thuế khác nhau. Vì vậy phần mềm Vilis có nhập nghĩa vụ tài chính với từng mục đích sử dụng, và người sử dụng.

**4. Kết luận**

CSDL địa chính xã Nga My hoàn thiện đã mang lại hiệu quả cho công tác quản lý đất đai tại địa phương, cán bộ địa chính có thể sử dụng phần mềm VLIS dễ dàng khai thác các tính năng như tra cứu thông tin, quản lý, xử lý biến động hồ sơ địa chính,... hỗ trợ kịp thời, chính xác cho chính quyền địa phương quản lý nhà nước về đất đai, từ đó giảm thiểu các tranh chấp, khiếu kiện, khiếu nại, tố cáo về đất đai, góp phần tăng cường lòng tin của nhân dân với cơ quan nhà nước.

**Tài liệu tham khảo**

1. Thông tư số 05/2017/TT-BTNMT ngày 25/4/2017 của Bộ Tài nguyên và Môi trường Quy định về xây dựng cơ sở dữ liệu đất đai.
2. Thông tư số 23/2014/TT-BTNMT ngày 19 tháng 5 năm 2014 của Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định về việc cấp giấy chứng nhận quyền sử dụng đất, quyền sở hữu nhà ở và tài sản gắn liền với đất.
3. Thông tư số 24/2014/TT-BTNMT ngày 19 tháng 5 năm 2014 của Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định về hồ sơ địa chính.
4. Thông tư số 25/2014/TT-BTNMT ngày 19 tháng 5 năm 2014 của Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định về bản đồ địa chính.
5. Thông tư số 30/2013/TT-BTNMT, ngày 14/10/2013 của Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định về việc lồng ghép đo đạc lập hoặc chỉnh lý bản đồ địa chính và đăng ký cấp Giấy chứng nhận quyền sử dụng đất, quyền sở hữu nhà ở và tài sản khác gắn liền với đất, xây dựng hồ sơ địa chính, cơ sở dữ liệu địa chính.
6. Trang thông tin điện tử xã Nga My cập nhật 28/12/2020.
7. Trang thông tin điện tử huyện Phú Bình http://phubinh.thainguyen.gov.vn

# ABSTRACT

## ESTABLISH A CADASTRAL DATABASE FOR LAND MANAGEMENT IN NGA MY COMMUNE, PHU BINH DISTRICT, THAI NGUYEN PROVINCE

**Do Thi Phuong Thao[1], Hoang Xuan Nghiem[2], Luong Trung Hau[2], Nguyen Trung Thanh[3]**

[1] *Hanoi University of Mining and Geology*

[2] *Survey and Aerial Mapping One Member Limited Liability Company*

[3] *Hanoi Environment and Nature Resource Department*

*Corresponding author: dothiphuongthao@humg.edu.vn*

Changes for land in the communes in recent years often happen with a strong degree due to the development of society. Nga My is a plain commune with 26 hamlets. Because of many reasons, land management has not been attention for a long time, so the commune's cadastral data system is relatively outdated and does not reply demand of land management and use in the current period. This article presentation the process of building a cadastral database for land management as well as proposes some solutions that will help authorities and specialized agencies at all levels accurately grasp the changing situation on land to improve the quality and use efficiency contributing to local socio-economic development.

*Keywords*: Cadastral database, Land management, Nga My commune

# XÂY DỰNG QUY TRÌNH TỰ ĐỘNG THÀNH LẬP MÔ HÌNH 3D TỪ DỮ LIỆU CỦA HỆ THỐNG CHỤP ẢNH & QUÉT LIDAR HÀNG KHÔNG

**Lê Đình Hiển [1], Bùi Ngọc Quý[2,*], Hoàng Thị Vân[3],**
**Nguyễn Minh Hoàng [3], Phạm Như Hách[3]**

*[1] Xí nghiệp Bay chụp & Đo vẽ Ảnh - Công ty TNHH MTV Tài nguyên Môi trường*

*[2] Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

*[3] Công ty Cổ phần thiết bị SISC Việt Nam*

*[*] Tác giả liên hệ: Buingocquy@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Với sự phát triển nhanh chóng của khoa học công nghệ, ứng dụng mô hình 3D phục vụ quy hoạch, quản lý và giải quyết các vấn đề đô thị đang ngày một trở nên phổ biến. Đồng thời công nghệ đo đạc bản đồ cũng đang ngày một phát triển với khả năng thu thập dữ liệu nhanh chóng và chi tiết với các thiết bị đo đạc hiện đại. Bài báo giới thiệu quy trình thành lập mô hình 3D từ dữ liệu của hệ thống chụp ảnh & quét LiDAR hàng không, giúp đem đến mô hình 3D với mức độ chi tiết LOD2. Quy trình được xây dựng là quy trình tự động, với khả năng áp dụng cho khu vực rộng lớn giúp tiết kiệm công sức, thời gian và chi phí. Khu vực thực nghiệm được lựa chọn là huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định.

**Từ khóa:** Lidar, Mô hình 3D, quy trình tự động, City mapper, Nam Định

## 1. Đặt vấn đề

Cùng với sự bùng nổ phát triển của khoa học công nghệ trong thời kỳ cách mạng công nghiệp 4.0, công nghệ đo đạc bản đồ cũng đang chứng kiến những bước phát triển lớn như khả năng thu thập dữ liệu với công nghệ quét LiDAR với khả năng đo tự động lên đến hàng triệu điểm mỗi giây với các thiết bị quét LiDAR mặt đất, hệ thống chụp ảnh & quét LiDAR hàng không, hệ thống thành lập bản đồ di động Mobile Mapping, thiết bị quét LiDAR đặt trên máy bay không người lái UAV ... Dữ liệu địa không gian 3D đang được thu thập ngày càng nhanh chóng và chi tiết. Công nghệ làm bản đồ đã tiến tới khả năng thành lập các loại mô hình 3D thành phố đã được ứng dụng trên thực tế để phục vụ quy hoạch, quản lý môi trường đô thị, không gian, cảnh quan,....

Mô hình 3D thành phố với khả năng thể hiện các đặc điểm hình học ba chiều theo kích thước thực tế của các khối nhà hay các đối tượng khác giúp người dùng có thể nhận thức và đánh giá các vấn đề của khu vực ở góc nhìn không gian ba chiều giống với thực tế, giúp giải quyết được các bài toán mà dữ liệu sổ sách hay bản đồ 2D thông thường không làm được như các bài toán phân tích tầm nhìn, quản lý tài sản 3D, lên phương án phòng chống và đánh giá thiệt hại khi có thiên tai và sự cố ...

Trên thế giới, việc ứng dụng mô hình 3D thành phố trong công tác quy hoạch, thiết kế và quản lý đô thị, quản lý lãnh thổ môi trường và xử lý sự cố đã và đang được nghiên cứu và đã

trở thành một phương pháp hiện đại. Ở Việt Nam, các ngành Khoa học tùy theo yêu cầu riêng và điều kiện vật chất kỹ thuật của mình cung đã tạo ra nhiều sản phẩm đồ họa có các yếu tố địa hình 3D trong đó như: sơ đồ tuyến, mặt cắt trong các ngành giao thông, thủy lợi; DEM được tạo ra trong quá trình xử lý ảnh máy bay; bản đồ tác chiến trong quân sự; mô hình cảnh quan trong giáo dục hay du lịch. Các số liệu này được thành lập cho một số khu vực nhưng cũng thiếu tính hệ thống và mang đặc trưng của từng ngành.[2]

Bài báo sẽ giới thiệu khái quát về hệ thống Lidar tích hợp chụp ảnh hàng không City Mapper và quy trình xây dựng mô hình 3D cho khu vực huyện Giao Thủy thuộc tỉnh Nam Định.

## 2. Tổng quan về hệ thống City Mapper (Leica) và quy trình xử lý dữ liệu

### *2.1. Giới thiệu về hệ thống City Mapper*

Hệ thống CityMapper (Leica) là một tổ hợp công nghệ hiện đại, bao gồm bộ cảm biến LiDAR Hyperion tích hợp với máy ảnh đa phổ RCD 30 có ống kính thẳng đứng CH82, khi được gắn thêm 4 ống kính xiên CH 81 thì sẽ trở thành hệ thống CityMapper đầy đủ. Máy ảnh đa phổ RCD30 bao gồm bốn kênh đỏ, xanh lá cây, xanh da trời và cận hồng ngoại. Bộ cảm biến Lidar Hyperion sử dụng lăng kính Risley cho phép làm lệch hướng chùm tia laser để thực hiện quét xiên theo chế độ quét vòng tròn và do đó có thể thu được thông tin các bề mặt của các cấu trúc đứng trợ giúp cho việc lập mô hình 3D thành phố trong môi trường đô thị phức tạp. Hệ thống giá đỡ PAV100 đảm bảo ổn định tốt nhất cho bộ cảm biến Lidar và máy ảnh trong suốt quá trình thu nhận dữ liệu với các khả năng tự động hiệu chỉnh chuyển động góc, thu được ảnh thẳng đứng, cài đặt độ dạt tự động và khoảng ổn định rộng.

*2.1.1. Bộ cảm biến Lidar Hyperion*

Bộ cảm biến Lidar Hyperion phát xung laser đến bề mặt trái đất trong khi máy bay di chuyển, sau đó sẽ thu nhận phản hồi của những xung này khi chúng đập vào bề mặt trái đất và quay trở lại thiết bị thu trên máy bay. Tốc độ dao động được xác định bằng cách tính toán tổng thời gian tia laser rời máy bay, đi đến mặt đất và trở lại bộ cảm biến. Bên trong Hyperion có gắn sẵn IMU giúp đo các góc phát, kết hợp với hệ thống GNSS từ đó có thể đo tọa độ chính xác tất cả các điểm quét.

Các thông số kỹ thuật cơ bản của cảm biến Lidar Hyperion:

Bước sóng Laser 1064 nm

Tần số phát xung lên đến 700 kHz

Số tín hiệu phản hồi: lên đến 15

Độ cao hoạt động: 300 m đến 2500 m

Mật độ điểm: 8 điểm/ m2 ở độ cao bay 1000 m, 4 điểm/ m2 ở độ cao bay 2000 m tốc độ máy bay 210 km/h

Độ chính xác phương đứng Vz: < 5 cm 1 σ

Độ chính xác phương ngang Hz: < 13 cm 1σ



*Hình 1. Bộ cảm biến Lidar Hyperion*

*2.1.2. Đầu máy ảnh đa phổ RCD30*




*Hình 2. Đầu máy ảnh đa phổ RCD30*

Máy ảnh đa phổ RCD30 bao gồm bốn kênh Đỏ, xanh lá cây, xanh da trời và cận hồng ngoại, được gắn cùng với bộ cảm biến Lidar Hyperion trên hệ thống CityMapper để tiến hành chụp ảnh liên tục mặt đất với độ phủ và thông số đã được thiết kế từ trước trong suốt qua trình bay chụp ảnh và quét Lidar. Cùng với hệ thống IMU và GNSS mỗi tấm ảnh của RCD30 sau khi chụp đều được gán tọa độ và các tham số định hướng chính xác sau khi xử lý.

Các thông số kỹ thuật cơ bản của máy ảnh RCD 30

Kích thước CCD 80MP: 10,320 x 7752 pixels

Kích thước pixel: 5.2 µm

Tiêu cự: 83 mm

Độ phân giải GSD: 6.5 cm ở độ cao bay 1000 m

*2.1.3. Hệ thống giá đỡ ổn định: PAV100*

Hệ thống giá đỡ ổn định PAV100 với bộ cảm biến con quay hồi chuyển cân bằng luôn ổn định máy ảnh, bộ cảm biến lidar theo phương thẳng đứng; bù trừ đầy đủ các chuyển dịch của máy bay tại thời điểm lộ quang; cung cấp số liệu điều khiển tự động góc dạt (yaw) và bù trừ góc nghiêng (pitch) và xoắn (roll) nhờ sử dụng dữ liệu IMU chính xác.

*2.1.4. Bộ điều khiển CC33*

Bộ điều khiển CC33 là trung tâm điều khiển của toàn bộ hệ thống CityMapper, xử lý và tính toán mọi thông tin, điều khiển mọi hoạt động của hệ thống và lưu trữ dữ liệu. Tất cả các thiết bị trên hệ thống CityMapper sẽ nối dây đến bộ điều khiển CC33 và bộ điều khiển CC33 sẽ nối với nguồn điện trên máy bay để hoạt động.

*2.1.5. Bộ lưu trữ dữ liệu: MM30*

Bộ lưu trữ dữ liệu MM30 nằm trong bộ điều khiển CC33, bao gồm 4 ổ cứng với tổng dung lượng 48 Tb, là nơi lưu trữ toàn bộ dữ liệu Lidar và dữ liệu ảnh chụp.

*2.1.6. Màn hình điều khiển: OC60*

Màn hình điều khiển OC60 là màn hình cảm ứng, có chức năng gửi các tín hiệu điều khiển của người vận hành hệ thống đến bộ điều khiển CC33 giúp người vận hành có thể điều khiển hoạt động của toàn bộ hệ thống CityMapper

*2.1.7. Màn hình hiển thị bay: PD60*

Màn hình hiển thị bay PD60 có chức năng hiển thị các thông tin của máy bay và nhiệm vụ, giúp phi công có thể kiểm soát được quá trình bay chụp theo đúng nhiệm vụ

*2.1.8. Bộ đo quán tính (IMU)*

Hệ thống CityMapper sử dụng bộ đo quán tính (IMU) LCI-100C của hãng Northrop Grummon (Đức), có chức năng đo các góc nghiêng góc xoay của bộ cảm biến Lidar, máy ảnh tại thời điểm thu nhận dữ liệu và kết hợp với dữ liệu GNSS để tính toán tọa độ các điểm Lidar và các tham số định hướng ngoài (EO) của ảnh chụp.

*2.1.9. Ăng ten GNSS*

Hệ thống CityMapper được trang bị ăng ten GNSS gắn trên nóc máy bay với chức năng thu nhận tín hiệu vệ tinh GPS, GLONASS, Bắc đẩu để tính toán tọa độ địa lý cho toàn bộ dữ liệu đầu ra của hệ thống CityMapper bao gồm dữ liệu đám mây điểm và dữ liệu ảnh chụp.[1]

***2.2. Quy trình xây dựng mô hình 3D từ hệ thống City Mapper***

*2.2.1. Công tác chuẩn bị: Thiết kế nhiệm vụ bay, trạm base, điểm khống chế*

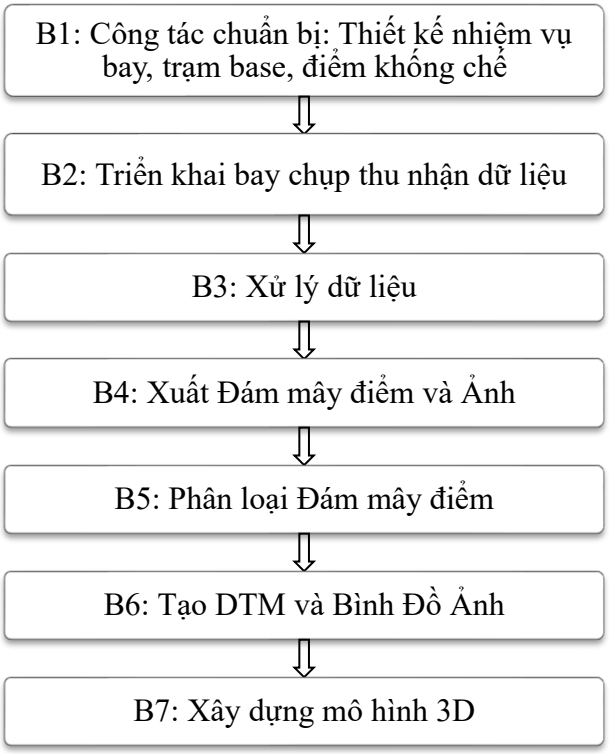
Công tác chuẩn bị bao gồm các công việc như sau:

Tiến hành thiết kế nhiệm vụ bay trên phần mềm Mission Pro với các tham số về các nội dung như: độ cao bay, độ phủ ngang, độ phủ dọc, mật độ điểm LiDAR, kiểu quét

Thiết kế trạm base GNSS: Trong khu chụp bố trí 2 điểm tọa độ, độ cao Nhà nước để đặt máy đo GNSS thu tín hiệu tại trong suốt thời gian quét Lidar và chụp ảnh.

*2.2.2. Triển khai bay chụp thu nhận dữ liệu*

Hệ thống CityMapper sau khi được kiểm tra kỹ lưỡng trong nhà được lắp đặt trên máy bay để tiến hành quá trình kiểm tra hoạt động với nguồn điện của máy bay. Sau khi mọi thứ sẵn sàng, thiết bị được khởi động cùng lúc với thời điểm khởi động động cơ máy bay. Người vận hành trước khi thực hiện bay chụp trao đổi với phi công chi tiết về thông tin nhiệm vụ bay và theo dõi điều chỉnh hệ thống City Mapper trong suốt quá trình bay chụp ảnh và quét Lidar




*Hình 3. Quy trình xây dựng mô hình 3D từ hệ thống City Mapper*

*2.2.3. Xử lý dữ liệu*

Dữ liệu sau khi bay chụp và quét LiDAR được bắt đầu xử lý với các công đoạn sau:

*2.2.3.1. Xác định quỹ đạo tuyến bay và thông số định vị tia quét LiDAR, tâm máy ảnh*

Quỹ đạo tuyến bay được tính toán bằng phần mềm Inertial Explorer. Với đầu vào là dữ liệu đo tĩnh từ trạm Base cùng với tệp ghi dữ liệu đo GNSS và IMU trong quá trình bay, phần mềm cho ra kết quả bao gồm thông số định vị tọa độ chính xác cho đám mây điểm LiDAR và 7 nguyên tố định hướng ngoài của ảnh bay chụp. Đầu ra của quá trình này là tệp *.sol lưu thông tin quỹ đạo và tọa độ để phục vụ bước thu nhận dữ liệu tiếp theo ở phần mềm HxMap.

*2.2.3.2. Thu nhận (Ingest) dữ liệu LiDAR và ảnh vào phần mềm HxMAP*

Thu nhận dữ liệu là quá trình giải nén và đưa dữ liệu thô vào phần mềm HxMap. Dữ liệu ảnh và LiDAR sẽ được đưa về kích thước gốc cùng với đầy đủ các thông tin thuộc tính như thông số dải phổ cho ảnh, thông số bước sóng LiDAR, cường độ quét ... Quá trình này sử dụng tệp *.sol được tạo từ Inertial Exploler để gán thông tin định vị cho toàn bộ dữ liệu ảnh và đám mây điểm LiDAR.

*2.2.3.3. Chỉnh tông màu ảnh cho khu vực:*

Công đoạn này cho phép tinh chỉnh màu sắc của ảnh chụp để đạt đến kết quả tối ưu theo mong muốn. Công cụ Image Adjustment Tool của HxMap cho phép điều chỉnh màu sắc, độ tương phản ở những dải sáng và dải phổ khác nhau, tạo khả năng cùng lúc làm rõ các đối tượng trong vùng sáng chói và vùng bị bóng tối.

*2.2.3.4. Khớp dải đám mây điểm Lidar*

Dữ liệu đám mây điểm giữa các tuyến bay sẽ có một độ lệch nhất định do sai số của GNSS và IMU giữa các đường bay (thường trong khoảng 3-5 cm). Quá trình này, với công cụ LiDAR Matching của HxMap, cho phép tự động tinh chỉnh để kéo khớp dữ liệu đám mây điểm giữa các đường bay, làm giảm độ lệch của dữ liệu giữa các đường bay cạnh nhau.

*2.2.4. Xuất đám mây điểm và ảnh bay chụp*

Đây là công đoạn cuối của quá trình xử lý dữ liệu trên HxMap, đám mây điểm và ảnh đơn sau khi được tinh chỉnh sẽ được xuất ra để phục vụ các công đoạn xử lý tiếp theo với thông số như sau:

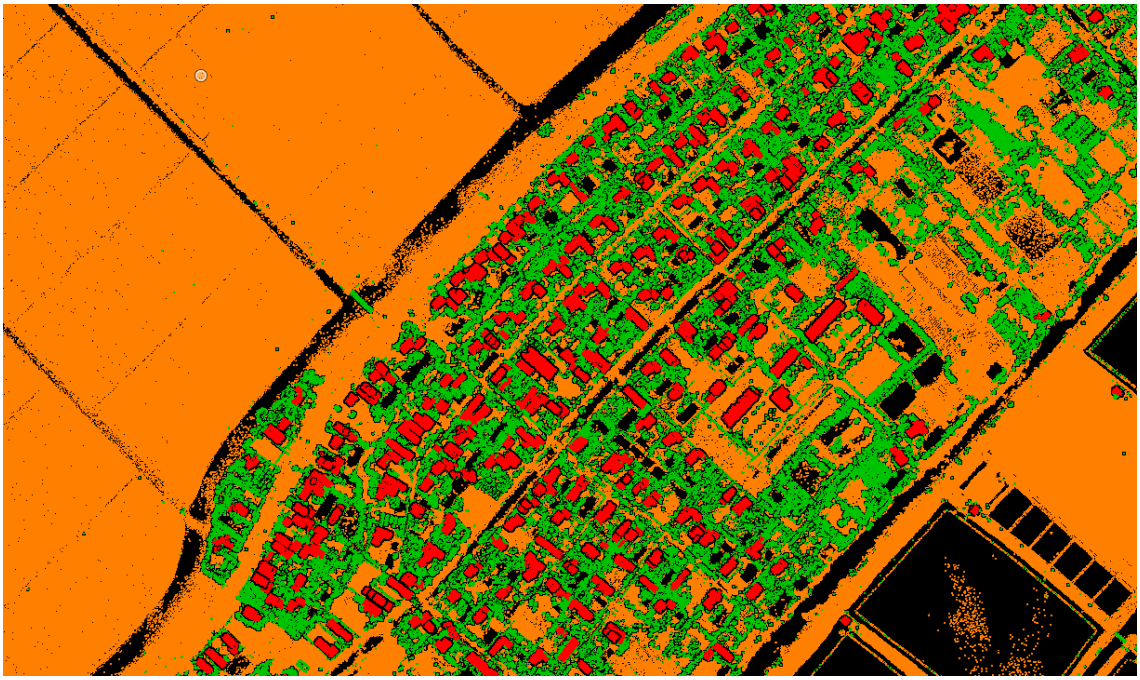
- Dữ liệu đám mây điểm Lidar: định dạng LAS 1.4 bao gồm cả thông tin màu sắc (4 dài màu, Đỏ Lục Lam và cận hồng ngoại)

- Dữ liệu ảnh bay chụp với định dạng GeoTif 16 bit

*2.2.5. Phân loại đám mây điểm bằng phần mềm Terra Solid*

Dùng phần mềm TerraSolid tự động phân loại đám mây điểm ra các lớp riêng biệt: mặt đất, thực vật cao, thấp, vừa, nhà từ dữ liệu Lidar bằng các thuật toán (Marco) tự tạo.

Đây là quá trình bao gồm rất nhiều các công đoạn với các thuật toán khác nhau dựa trên các quy luật phân bố và đặc tính của đám mây điểm. Để ra được thuật toán cuối cùng cần trải qua quá trình nghiên cứu và chạy thử nghiệm rất nhiều lần. Quá trình phân loại tự động được máy thực hiện hoàn toàn nhưng không thể đạt được độ chính xác tuyệt đối, sau quá trình này là quá trình kiểm tra lại toàn bộ đám mây điểm khu vực và tiến hành phân loại bằng tay.

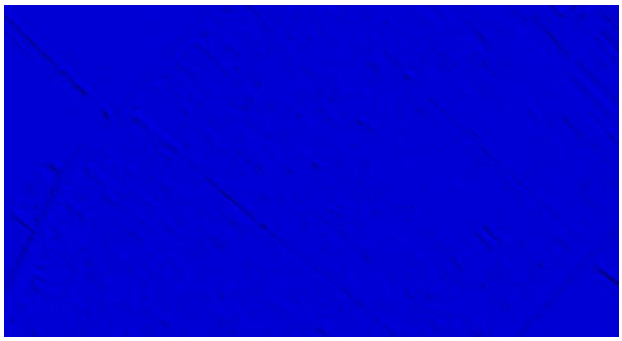


*Hình 4. Phân loại đám mây điểm*

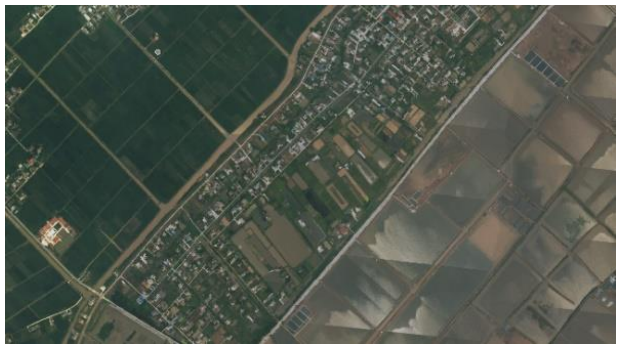
*2.2.6. Tạo DTM và Bình đồ ảnh bằng Terra Solid*

Bề mặt DTM độ phân giải cao của khu vực được tạo từ từ đám mây điểm đã được phân loại là mặt đất

Bình đồ ảnh của khu vực sẽ được xây dựng từ ảnh bay chụp trên nền DTM.



*(a)*



*(b)*

*Hình 5. DTM (a) và Bình đồ Ảnh khu vực nghiên cứu (b)*

*2.2.6. Tạo mô hình 3D*

Nền địa hình 3D được thành lập trên nền DTM khu vực sau đó trải lên bằng bình đồ ảnh Ortho.

Thành phần chính của mô hình 3D huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định là các khối nhà được số hóa tự động bằng thuật toán trong phần mềm Terra Solid, các khối nhà sau khi tự động số hóa sẽ được kiểm tra và chỉnh sửa thủ công. Các khối nhà sau đó được mô hình hóa và dán ảnh mái từ bình đồ ảnh Ortho một cách tự động.

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### *3.1. Yêu cầu, thông số thiết kế cho mô hình 3D huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định*

Phạm vi xây dựng mô hình với diện tích 400 ha thuộc huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định

Thông số thiết kế mô hình như sau

- Mô hình 3D LOD 2 với các đối tượng mái nhà được dán ảnh
- Mô hình đảm bảo độ chính xác tương đương với bản đồ địa hình tỷ lệ 1/2000

### *3.2. Kết quả mô hình 3D huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định*

Trên cơ sở quy trình công nghệ đã đưa ra, nhóm tác giả đã tiến hành xử lý dữ liệu bay chụp Lidar từ hệ thống City Mapper của Leica cho khu vực có diện tích 400 ha thuộc huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định. Quá trình xử lý dữ liệu, xuất đám mây điểm và ảnh, sau đó tiến hành phân loại đám mây điểm, tạo bình đồ ảnh, cuối cùng là xây dựng mô hình 3D. Kết quả thu được mô hình 3D cho khu vực có diện tích diện tích 400 ha thuộc huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định (hình 6).



*Hình 6. Mô hình 3D huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định*

### *3.3. Đánh giá kết quả mô hình 3D huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định*

Sản phẩm mô hình 3D huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định hiện tại mới đạt mô hình cấp độ chi tiết 2 (LOD2) do dữ liệu thu thập ở độ cao bay 1200 m và độ phủ ảnh 60/25.

Với quy trình xây dựng mô hình 3D này, hoàn toàn có thể áp dụng để xây dựng mô hình 3D LOD3 bằng hệ thống Leica City Mapper của Tổng Công ty Tài Nguyên và Môi trường.

Trên cơ sở quá trình bày chụp thực nghiệm và triển khai xây dựng mô hình 3D chúng tôi khuyến nghị về thiết kế kỹ thuật cho các nhiệm vụ bay phục vụ xây dựng mô hình 3D LOD3 với:

- Độ cao bay 700m
- Độ phủ ảnh 70/60

### *3.4. Đánh giá khả năng ứng dụng của sản phẩm mô hình 3D huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định*

Mô hình 3D huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định là bộ khung dữ liệu cơ sở để phát triển ứng dụng phục vụ rất nhiều mục đích như sau:

- Lựa chọn vị trí tối ưu cho quy hoạch đầu tư
- Hỗ trợ sự phối hợp thi công và quản lý cơ sở hạ tầng
- Cung cấp thông tin quản trị bất động sản đô thị
- Cung cấp các thông tin xử lý các sự cố, cấp cứu và các xử lý khẩn cấp

- Cung cấp thông tin hỗ trợ hoạt động du lịch
- Cung cấp thông tin hỗ trợ giao thông đô thị
- Xác định các vấn đề môi trường và quản lý môi trường đô thị
-,...

**4. Kết luận**

Hệ thống CityMapper (Leica) của Tổng công ty Tài nguyên và Môi trường Việt Nam đã mang đến một giải pháp thu thập dữ liệu không gian rất nhanh chóng và chính xác. Quy trình xây dựng mô hình 3D từ dữ liệu thu nhận từ hệ thống CityMapper (Leica) là một quy trình có tính tự động hóa cao. Mô hình 3D như mô hình 3D huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định chính là bộ khung cơ bản để phát triển rất nhiều các ứng dụng trong quy hoạch không gian và quản lý đô thị cho khu vực.

Việc tiếp cận nghiên cứu các giải pháp công nghệ, các phương pháp thực hiện và khả năng ứng dụng của mô hình 3D là hết sức cần thiết. Đây là lĩnh vực mới, công nghệ mới nên hầu hết các cơ quan quản lý nhà nước chuyên ngành chưa ban hành các văn bản quy chuẩn về loại dữ liệu này.

**Tài liệu tham khảo**

1. Lê Tuấn Anh, Trần Đức Thuận, Phạm Văn Tuân, Lê Đình Hiển, Ứng dụng công nghệ tích hợp Lidar và chụp ảnh hàng không - CityMapper tại Tổng Công ty Tài Nguyên và Môi Trường Việt Nam, Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học Công nghệ toàn quốc ngành Đo đạc và Bản đồ, (2018), Tổng Công ty Tài Nguyên và Môi Trường Việt Nam.
2. Lê Đình Hiển, Nghiên cứu xử lý dữ liệu thu nhận từ hệ thống bay chụp ảnh & quét Lidar Leica City Mapper trong thành lập mô hình Cyber City, Luận văn Thạc sĩ, (2019), Trường Đại học Mỏ Địa Chất.
3. Võ Chí Mỹ, Vai trò của thông tin không gian trong quy hoạch và quản lý đô thị thông minh, Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học Công nghệ toàn quốc ngành Đo đạc và Bản đồ.
4. Bùi Ngọc Quý, Nghiên cứu xây dựng mô hình Cyber City phục vụ cho việc mô hình hóa bề mặt và định hướng quy hoạch không gian, (2015), Trường Đại học Mỏ Địa Chất.

# ABSTRACT

## WORKFLOW FOR ESTABLISHING 3D MODELING FROM DATA OF AIRBORNE LIDAR SYSTEM

**Le Dinh Hien [1], Bui Ngoc Quy[2,*], Hoang Thi Van[3],**
**Nguyen Minh Hoang [3], Pham Nhu Hach[3]**

[1] *Natural resource and Environment one member co., ltd, Hanoi, Vietnam*

[2] *Hanoi University of Mining and Geology*

[3] *SISC Viet Nam Instrumentation Joint Stock Company*

[*] *Corresponding author: Buingocquy@humg.edu.vn*

With the rapid development of science and technology, the application of 3D models for planning, management, and solving urban problems is becoming more and more popular. At the same time, mapping technology is also developing with the ability to collect data quickly and in detail with modern surveying equipment. The article introduces the process of creating 3D models from the data of aeronautical LiDAR imaging & scanning systems, which helps to provide 3D models with LOD2 level of detail. The built process is an automated process, with the ability to apply to a large area, saving effort, time and cost. The selected experimental area is Giao Thuy district, Nam Dinh province.

*Keywords*: Lidar, 3D Model, Automatic Workflow, City mapper, Nam Dinh.

# THE GROUND BEHAVIOR MAP FOR CONSTRUCTION: A CASE STUDY IN THUA THIEN HUE PROVINCE, VIETNAM

**Do Quang Thien, Nguyen Quang Tuan, Do Thi Viet Huong, Tran Thanh Nhan, Nhan Nguyen Thi Thanh, Hoang Ngo Tu Do, Bui Thi Thu**

*University of Sciences, Hue University*
*Corresponding author: dqthien@hueuni.edu.vn*

**Abstract:** The main purpose of this paper presents utilizing the GIS method and remote sensing image analysis in the combination of several traditional methodologies for mapping and estimating the behavior of construction ground in Thua Thien Hue province. Research results identified 5 areas with significant differences of magnitude (Very low, low, medium, high, and very high). Estimated results of the reliability of research methodology reflect the theoretical estimation of ground behavior area and in practice are similar by 79.93% and more than 90% of boreholes comprise soft soil in low and very low ground behavior. Therefore, the selection and layering of component maps which high reliable can be referenced for construction zoning plan in Thua Thien Hue province, Vietnam.

**Keywords:** ground behaviour, construction zoning, ground structure, construction, Thua Thien Hue

## 1. Introductions

Nowadays, construction zoning consists of urban modernized criteria, forward to type I class of national city ranking for Thua Thien Hue province, located in central Vietnam has been deploying and developing systems of specific areas as the main Hue city. The main purpose is for turning those areas into parts of a whole big urban area for Thua Thien Hue province in the future. Along with the rapid and high intensity of investigation and economic development, the Chan May-Lang Co economical sector becomes a significant concentration of the economy and urban society, able to strongly connecting to Hue city. Local infrastructural constructions increase for small urban and small-scale population rural areas, linked together by transportation networks and other economic infrastructures. Therefore, the study in terms of engineering geology and ground behavior for construction planning is very necessary for Thua Thien Hue province in the current period.

Several previous technical kinds of research emphasized ground behavior and geological engineering in serve of construction zoning; developing and expanding global urban (Akpokodje E. G 1979 [1], Bell 1985 [2] , Ercan et al. 2001 [3], Maharaj 1995 [4], Schalkwjk and Price 1990) [6], Do Quang et al. (2020) [7]. The topic of the sensitivity of ground behavior and ground behavior magnitude were considered by many articles such as, Do Quang Thien et al. (2007) [9], John et al. (2001), Rochim (2017). Especially according to the analysis approach of GIS in applying to geological engineering aspect, highlighted in researches of Mohamed et al. (2005) [5]. Refer to Thua Thien Hue provincial territory, related previous researchers for evaluating, zoning, and mapping in terms of ground formation and geological engineering, conducted by Do Quang Thien (2004, 2018-2020) [7-8, 10-12]. Besides, many investigated agencies; research associations; and scientific researchers conducted in-situ activities such as soil exploration by boring hole method; field

monitoring; sampling, and available field tests for thousand samples of rock and soil in terms of physical engineering properties.

Most of the considered and focusing physical-engineering property samples belong to specific projects; with more than 385 field investigated points and 349 geological engineering boring holes, conducted by the research team in the period 2018 to 2020. Collected data from in-situ are diverse with mainly concentrating at Hue city and a few surround subdistrict areas. However, as for consideration of the total research area, all analytical research data still do not cover completely and in presentative to the geological environment of the whole research area. Those advances to be highly necessary for applying the technology of GIS and remote sensing image analysis for mapping the relationship between ground formation and geological engineering in general; and for Thua Thien Hue province ground behavior sensitivity. This study efforts to apply the above method of GIS and remote sensing image analysis in combination; with traditional research methodology from the shallow part of the Earth crust analyzing. This studied topic is complicated but the final results bring the huge significance of science and realism.

*Table 1. Remote sensing image information for floral cover mapping*

| Spatial data | Collected time | Scale/Resolution in spartial | Coverage percent | Resources |
|---|---|---|---|---|
| Landsat 8 OLI | April 09, 2018 | 30 m (Multi-spectral 1-7) | 1,48% | USGS |
| Administrative boundaries | 2011 | 1:10,000 | - | GIS project |

*Table 2.* Summary ASTER GDEM information in Thua Thien Hue province.

| Order | Image content | Longgitude/ Attitude | Reference system | Resolution |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ASTGTMV003_N16E108_dem.tif | N16E108 | GCS_WGS_1984 | 30 × 30 m |
| 2 | ASTGTMV003_N16E107_dem.tif | N16E107 | GCS_WGS_1984 | 30 × 30 m |
| 3 | ASTGTMV003_N15E107_dem.tif | N15E107 | GCS_WGS_1984 | 30 × 30 m |

*Table 3. Importance index and impact intensity magnitude of studied parameters.*

| Importance index ($I_i$) | Defination | Impact intensity magnitude ($M_{ij}$) | Defination |
|---|---|---|---|
| 1 | Very low important | 1 | Very weak, very small, very low |
| 3 | Low important | 3 | Small, low, slow |
| 5 | Medium important | 5 | Medium or moderate |
| 7 | Imporant | 7 | Strong, large, high, fast. |
| 9 | Very important | 9 | Very strong, very large, very high, very fast |

## 2. Materials and methodology

### *2.1. Research material*

Studied mapping data are used for establishing related component maps via GIS. Required maps comprise such as geology and mineral resources map for Hue city, in the scale of 1:50,000 adopted from Pham Huy (1997); Ground formation map of Hue city, in scale 1:50000; Practical investigation map and engineering rock and soil material distribution map in Thua Thien Hue in scale 1:50000 conducted by authors.

Remote sensing image: Series of Landsat 8 OLI covered all research areas. Studied images comprise 7 multi-spectral channels with 30 meters in image resolution (Table 1).

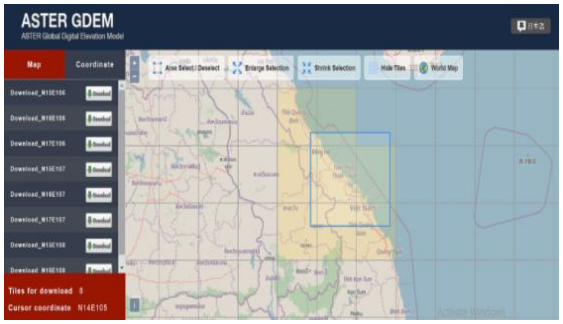



*Figure 1. ASTER GDEM downloading display for a research area*

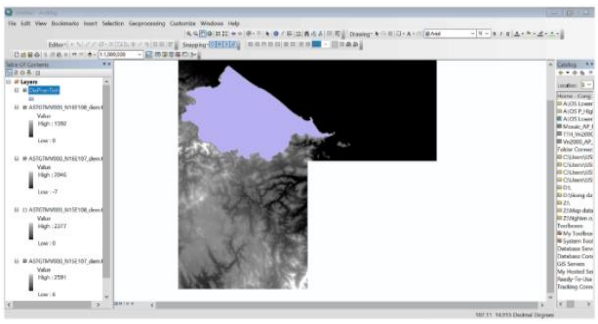


*Figure 2. ASTER GDEM data throughout the research area*

Global Digital Elevation Model-GDEM are considered as a cooperative product between Japan and NASA, USA. ASTER GDEM data were created for processing image displays at level 1_Awith a duration from March 1, 2020, to November 30, 2013. Data format was set as Geotiff, signed integer with 16 bit according to the geographical reference system WGS84/EGM96, and these data were also collected from the spatial system of Japan (Japan Space Systems via accessing to the website link as https://gdemdl.aster.jspacesystems.or.jp), which covered whole research area with 3detailed image information in Table 2 and Figure 1. Remote sensing image input data ASTER GDEM for studied processing and image adjustments for elemental mapping of the vertical and horizontal divide of terrain. The geographical reference system was also converted from GCS_WGS_1984 to VN-2000 and continued dividing and identify research boundaries by ArcGIS Desktop software (Figure 2).

### *2.2. Research methodologies*

This study conducted more combined research methods beyond the above-mentioned ones such as the approachable method; multi-criteria method; GIS and remote sensing image analytical method. According to approachable method is used to estimate the behavior ability of ground by investigating the correlation between 2 elements as geological environment and engineering zoning. The ground formation is one of the most significant affected elements in that correlation. Ground behavior sensitivity is known oppositely with natural ground behavior and it hinges mainly on geological and physical - engineering properties of rock and soil in research area following factors of area and depth; terrain -geomorphology; groundwater; engineering features of constructions. However, for assessing ground behavior sensitivity for construction zoning and effect to ground formations in research is identical.

The multi-criteria method is defined base on essential selected factors which meet presentative ability and being a quantitative factor (or semi-quantifying) via collecting data, field monitoring, and laboratory experiment. The importance index (Ii) of all factors is identified via their role or effects to ground behavior sensitivity; The impact intensity magnitude (Mij) of all factors denoting strength, while the impact magnitude is the evaluation value of the impact (role) of the static factors (quasi-static) and arranged according to 5 magnitudes in Table 3. Stand on the above assignment factors, this research conducted an investigation and assigned 6 main factor indices and the range of reduced (Ii) by 9, 7, 5, 3, 1coressponding increased (Mij) range by 1, 3, 5, 7, 9 (Table 4).

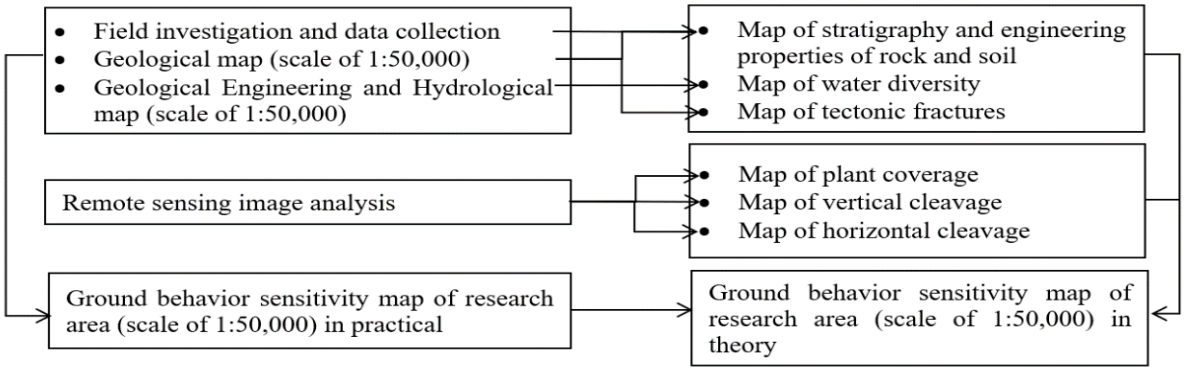



*Figure 3. Diagram for intergration of GIS and remote sensing image analysis*

*Table 4. Impacted factors for ground behavior sensitivity in research area.*

| Impacted factors | $I_i$ | Intensity of impact definition | $M_{ij}$ |
|---|---|---|---|
| 1. Stratigraphy and engineering properties of ground soil. | 9 | Forming from fluvial, eluvial, alluvial soil above ingenious bedrock with extremely high engineering ability and sensitivity. | 1 |
| | | Forming from fluvial, eluvial, alluvial soil above metamorphic bedrock with high engineering ability and sensitivity. | 3 |
| | | Forming from fluvial, eluvial, alluvial soil above sedimentary bedrock with high engineering ability and sensitivity. | 5 |
| | | Forming from cohesive and cohesiveness soil layers with low engineering ability and moderate sensitivity. | 7 |
| | | Forming from cohesive and cohesiveness soil layers contain soft soil layers with low engineering ability and sensitivity. | 9 |
| 2. Water diversity and groundwater head. | 9 | Bedrock distribution with poor and very poor water diveristy or without water, well discharge Q = 0,1-0,5 l/second, unit flow rate q = 0,05-0,2 l/second.m, groundwater total head H > 5m. | 1 |
| | | Geological formation distribution with fractures contain moderate and high water diversity, Q = 0,5 - >1 l/second, q = 0,2 - >0,5 l/second.m, H > 5m. | 3 |
| | | Distribution of void water layers with poor water diversity, Q = 0,1-0,5 l/second, q = 0,05 - 0,2 l/second.m, H < 3m | 5 |
| | | Distribution of void water layers with moderate water diversity, Q =0,5 - 1 l/second, q = 0,2-0,5 l/second.m, H < 3m | 7 |
| | | Distribution of void water layers with high water diversity, Q > 1 l/econds, q > 0,5l/second.m, H < 3m. | 9 |
| 3. Density of tectonic fracture, $D_f$ (km/km$^2$) | 7 | <0,9 | 1 |
| | | 0,9-1,8 | 3 |
| | | 1,8-2,7 | 5 |
| | | 2,7-3,6 | 7 |
| | | >3,6 | 9 |
| 4. Plant coverage | 7 | Forest land | 1 |
| | | Empty land | 3 |
| | | Construction land, land of green plant and shrubs | 5 |
| | | Agricultural land | 7 |
| | | Land contains water surface | 9 |
| 5. Vertical cleavage $E_d$, km/km$^2$ | 5 | $E_d$ < 50 m/km$^2$ | 1 |
| | | $E_d$ = 50 - 250 m/km$^2$ | 3 |
| | | $E_d$ = 251 - 450 m/km$^2$ | 5 |
| | | $E_d$ = 451 - 650 m/km$^2$ | 7 |
| | | $E_d$ > 650 m/km$^2$ | 9 |

| Impacted factors | $I_i$ | Intensity of impact definition | $M_{ij}$ |
|---|---|---|---|
| | | < 0,50 | 1 |
| 6. Horizon cleavage | | 0,50 - 1,50 | 3 |
| ($S$) km/km$^2$ | 5 | 1,51 - 2,50 | 5 |
| | | 2,51 - 3,50 | 7 |
| | | > 3,50 | 9 |

Refer to GIS and remote sensing image analytical method conducted layering and mapping 6 component maps with important factor by ArcGIS software for processing establishment of ground behavior sensitivity map. The next step is verification for checking the reliability among numerical, theory, and practical via map layering of ground behavior sensitivity for Hue city. Verified data are collected from previous theoretical ground behavior sensitivity map of whole Thua Thien Hue province) as indicated in Figure 3 and Table 4. Integrated map results are calculated following mathematical equation (1):

$$\mathrm{GSI} = \sum_{i,j=0}^{n,m} \mathrm{I}_i * \mathrm{M}_{ij} \quad (1)$$

Which, GSI - Ground Susceptibility Index; Mij - impact intensity magnitude of the jth layer which effect or impact to behavior sensitivity of the ith ground; Ii - importance index for the ith component layer; m - leveling magnitude for each selected component layer (m = 1, 2, 3, 4, 5); n - number of selected component layers for investigation (n = 1, 2, 3…8). The evaluation process and index identification of information layers are encoded into the numerical format and arranged by Eq (1). The integrated results are maps with each pixel with a value of GSI. After calculating the GIS value of each magnitude for all layers, the research continued layering each magnitude and each layer for mapping numerical ground behavior sensitivity according to GSI magnitude. For level GSI values according to appropriate magnitudes of sensitivity, an appropriate approach is called the Natural Breaks method of the M&E indices was applied. According to the results of data file calculation with series of GSI values, the research area was divided into 5 groups following magnitudes of ground behavior sensitivity such as very low, low, medium, high, and very high and obtained research maps.

*Table 5. Impact magnitude of stratigraphy and engineering properties of rock and soil, the density of tectonic faults, and water diversity to ground behavior sensitivity in the research area*

| Order | Impact magintude | Geological formations and engineering properties of rock and soil | | Density of tectonic fracture, $D_f$ (km/km$^2$) | | Water coverage | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Area (ha) | Percentage of area (%) | Area (ha) | Percentage of area (%) | Area (ha) | Percentage of area (%) |
| 1 | Very low | 107.816,13 | 21,43 | 330.159,6 | 65,63 | 358.571,9 | 71,28 |
| 2 | Low | 189.940,68 | 37,76 | 139.790,7 | 27,79 | 3.818,16 | 0,76 |
| 3 | Moderate | 64.186,29 | 12,76 | 30.871,9 | 6,14 | 32.155,38 | 6,39 |
| 4 | High | 91.079,19 | 18,10 | 2.062,35 | 0,41 | 49.927,50 | 9,92 |
| 5 | Very high | 50.048,55 | 9,95 | 186,48 | 0,04 | 58.597,92 | 11,65 |

*Table 6. Impact magnitude of ground behavior sensitivity subjected to plant cover, vertical cleavage and horizontal cleavage in research area*

| Order | Impact magnitude | Plant cover | | Vertical cleavage ($m/km^2$) | | Horizontal cleavage (km/km | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Area (ha) | Percentage of area (%) | Area (ha) | Percentage of area (%) | Area (ha) | Percentage of area (%) |
| 1 | Very low | 335129,52 | 66.58 | 144460,17 | 28.70 | 235048.8 | 46.70 |
| 2 | Low | 29725,12 | 5.91 | 175837,18 | 34.94 | 174985.85 | 34.77 |
| 3 | Medium | 68101,93 | 13.53 | 146670,18 | 29.14 | 82636,15 | 16.42 |
| 4 | High | 30812,41 | 6.12 | 33874,18 | 6.73 | 10171.35 | 2.02 |
| 5 | Very high | 39551,59 | 7.86 | 2478,82 | 0.49 | 478.34 | 0.10 |

## 3. Results and discussions

### *3.1. Singular map establishment subjected to ground behavior sensitivity*

This study implemented a map establishing ground behavior sensitivity following stratigraphy and geological engineering properties of rock and soil as well as tectonic faults and water diversity (Figure 4, Figure 5, and Figure 6).

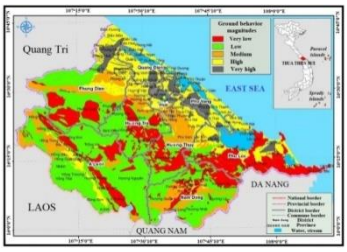



*Figure 4. Ground behavior sensitivity map of research area subjected to stratigraphy and engineering properties of rock and soil*




*Figure 5. The ground behavior sensitivity map of research is subjected to tectonic fractures*

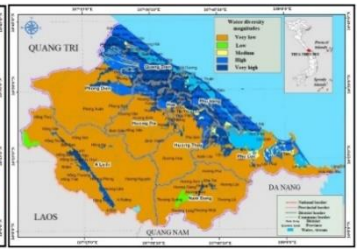



*Fig. 6. Ground behavior sensitivity map of research are subjected to water diversity, on a scale of 1:50000*




*Figure 7. Surface cover layer map of Thua Thien Hue province (2019), in the scale of 1:50000*

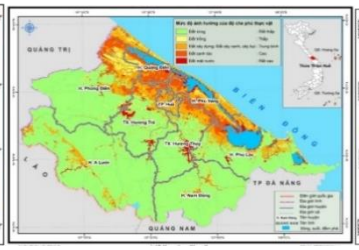



*Figure 8. Ground behavior sensitivity map of research are subjected to plant cover, on a scale of 1:50000*

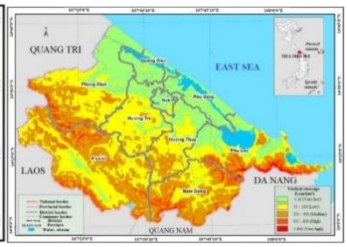



*Figure 9. Ground behavior sensitivity map of research are subjected to vertical cleavage on a scale of 1:50000*

Figure 4 indicates the low magnitude of ground behavior sensitivity which accounts large distributed area (189.941ha by 37.76%) in the research area. Very high magnitude of ground behavior sensitivity by 9.95% and medium one by12.76 % one takes small area; high magnitude by 18.1% and very low by 21.43 %. In figure 5 shows the magnitude of ground behavior sensitivity from high to very high takes inconsiderable (0.04-0.41%) in the whole research area. As for very low magnitude, this accounts for the high area (330.1596 ha, 65.63%), with low magnitude, it is just by 139.791 ha by 27.79%. The low magnitude of ground behavior sensitivity takes the smallest area just 3.818,16 ha by 0.76% in the research area (Figure 6), and the magnitude range from

medium to very high from 6.39 to 11.65 % (Table 5).

Refer to remote sensing images shown in Table 1, the research carried out analyzing and classifying for studied imaged data following object detection via recognition software and processing in ArcGIS. The results for establishing the map of the surface cover layer in the year 2019 are shown in Figure 7. Figure 8 and Figure 6 reflect the studied magnitude follow plant cover divided into 5 magnitudes (very low, low, medium, high, and very high). Among them is the percentage of the whole research area, very low magnitude takes the highest proposition by 66.58%, low magnitude takes the lowest proportion by 5.91%; remaining high and very high magnitude just account 6 - 8%.

As for map establishing of ground behavior sensitivity map subjected to vertical cleavage, the basic method stands on spatial analysis and focal statistic. The vertical cleavage is a statistic calculation with the Ranger formula corresponding to the maximum altitude minus the lowest altitude per unit of calculated area is 1×1 km. Calculated results are shown in Figure 9 and Table 6 reflect vertical cleavage value by 984 m/km$^2$ and be divided into 5 magnitudes. The very low to medium magnitude take area identical percentage by 28.7% to 34.94%; The range of magnitude from high to very high account inconsiderable just from 0.49 to 6.73 %.

In terms of ground behavior sensitivity map establishment for horizontal cleavage, conceptual research utilized analytical tools named Hydrology in Spatial Analyst Tools, with eroded network extracted from the ASTER GDEM spatial analysis at the threshold 1000. Results are shown in Figures 10 and Figure 6, indicating that the highest value of the cross-sectional for research area by value of 4,621 km/km$^2$ and classified into 5 magnitudes. Low and very low magnitude account majorly from 34.77 to 46.70 %; medium magnitude is just 16.42 % and the remaining high to very high magnitude takes minorly in the area by 0.1 to 2.02 %.

### *3.2. Evaluate ground behavior sensitivity in the research area*

Since evaluating the ground behavior sensitivity in Thua Thien province, this study conducted layering single component maps as following flow chart in Figure 3. The results shown in Figure 11 indicated the ground behavior sensitivity following 5 magnitudes (Table 7).
That reflected high and very high ground behavior sensitivity counted majorly by more than 46%, which are located above bedrock formation of such as Nam Dong, A Luoi district; a part of western Phu Loc district; Phong Dien district; Huong Thuy town; Huong Tra district. As final for low and very low of ground behavior is from these areas are in Hue city and districts of Huong Tra; Huong Thuy; Quang Dien; PhongDien; Phu Vang; Phu Loc; and central of A Luoi.

### *3.3. Verification results*

Refer to evaluate the reliability of the studied research method, the practical map of the ground behavior sensitivity of Hue city was converted from the ground formation map of Hue city and neighbor area with a scale of 1:25000 in Figure 12. Specifically, is theoretical ground formation map of Hue city in Figure 12, extracted from ground behavior sensitivity of the whole Thua Thien Hue province (Figure 11). Layering results in Figure12 were used for calculating area and estimate area matrix for each magnitude of ground behavior sensitivity indicated in Table 8. According to

Figure 12 and Table 8 indicating that areas for each magnitude of ground behavior sensitivity in theory and practical got identical by 79.93% as following:

Identical ratio by 88.15% between low ground behavior ability (or high ground behavior sensitivity) in practical (39.25 km2) and theory (34.60 km2). Nonetheless, in the area of high ground behavior sensitivity in practical shown small scale of theoretical ground behavior sensitivity just by 11.85%. The ratio is similar by 56.57% between ground behavior ability (or ground behavior sensitivity) in practical (15.95 $km^2$) and theory (9.02 $km^2$). Theoretical area for ground behavior sensitivity, high magnitude is by 5.54 $km^2$ (34.71%) and low magnitude count 8.72% by 1.39 $km^2$.

*Table 7. The magnitude of construction ground behavior ability and sensitivity in Thua Thien Hue province*

| Order | Ground behavior ability | Ground behavior sensitivity | Area (ha) | Percentage of area (%) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Very high | Very low | 124.454,79 | 24.88 |
| 2 | High | Low | 229.924,35 | 45.96 |
| 3 | Medium | Medium | 62.370,90 | 12.47 |
| 4 | Low | High | 83.340,90 | 16.66 |
| 5 | Very low | Very high | 224,28 | 0.040 |

*Table 8. Matrix of area comparison according to theoretical and practical ground behavior sensitivity*

| Theory ($km^2$) / Practical ($km^2$) | High (Theory) | Medium (Theory) | Low (Theory) | Total theory area ($km^2$) | Overlapped of area (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| High (Practical) | 34.60 | 3.74 | 0.91 | 39.25 | 88.15 |
| Medium (Practical) | 5.54 | 9.02 | 1.39 | 15.95 | 56.57 |
| Low (Practical) | 0.70 | 1,97 | 13.12 | 15.79 | 83.11 |
| Total practical area ($km^2$) | 40.83 | 14.73 | 15.43 | 70.99 | 79.93 |

The ratio is identical by 83.11% between ground behavior ability (or ground behavior sensitivity) in practical (15.79 $km^2$) and theory (13.12 $km^2$). Since practical low ground behavior sensitivity. For instance, the high magnitude of ground behavior sensitivity takes 4.43% by 0.07 $km^2$ and medium magnitude counts 12.46% by 1.97 $km^2$.

Above different errors come from without identical map scale that led practical and theoretical maps to have different boundaries. The research density for ground behavior sensitivity map as following practical contains not many field data for ground formation in the research area. On the other hand, this study also conducted checking and investigation boring holes for each cross-section of so soil in Hue city and neighbor districts. Those results indicated 90% of boring holes which include soft soil in areas contain high to a very high ability of ground behavior sensitivity.




*Figure 10. Ground behavior map of research area subjected to horizontal cleavage in scale 1:50000*

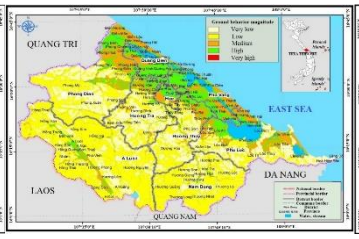



*Figure 11. Ground behavior map of the research area on the scale of 1:50000*

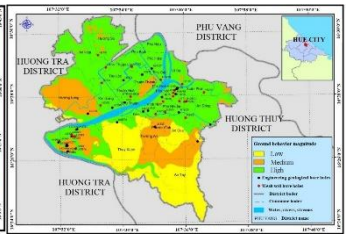



*Figure 12. Compared map of ground behavior between theory and practice for the research area in scale 1:50000 for Hue city in the research area*

## 4. Conclusion

Ground behavior ability (ground behavior sensitivity) in the research area is divided into 5 magnitudes. High magnitudes of ground behavior sensitivity count from 24.88% to 46.01% and they distribute above bedrock belonged to the territory of districts as Nam Dong; A Luoi; western Phu Loc; Phong Dien. By medium ability counts by 12.34% with wide distribution above the Quarternary sediments without soft soil layers in districts of PhongDien; Phu Loc; Quang Dien; Phu Vang; Huong Tra; and Huong Thuy. Those areas canzone as the natural ground for small and medium scale load constructions. Final low and very low magnitude takes the smallest percentage area from 0.05 to 16.72%. These areas mostly were distributed in soft soil layers inside the central and west sides of Hue city.

Assessing the reliability of research methodology shown an identical ratio up to 79.93% by layering component maps of ground behavior sensitivity following theory and practical concept. Combining with investigation boreholes shown more than 90% of boring holes which contain soft soil layers just distribute in low and very low ground behavior sensitivity. Other areas with the difference of area value and magnitude of ground behavior sensitivity count are inconsiderable. That lead studied research methodology has high reliability and be able to be utilized for construction zoning in Thua Thien Hue province.

## References

1. Akpokodje E. G (1979). The importance of engineering geological mapping in the development of the Niger Delta Basin. Bull. 1 in Assoc. Eng. Geol. No 19 pp102-108.
2. Bell D.H, Pettinga J. R (1985). Engineering Geology and Subdivision Planning in New Zealand. Eng. Geol 22. pp45-59.
3. Ercan, A., Ergun, M., (2001), Ground Structure of the Northern Anatolia and Underground Resources: Petroleum, Water, Geothermal, Coal. First East Anatolia and Caucasia Earthquakes, Geophysic Workshop, Ataturk University, Erzurum.
4. Maharaj R.J (1995), Engineering Geological Mapping of the Tropical Soils for land use Planning and Geotechnical Purposes: A Case Study from Jamaica, West Indies. Eng. Geol 40, pp 243-286. https://doi.org/10.1016/0013-7952(95)00054-2
5. Mohamed H. Aly, Rick Giardino, Andrew G. Klein (2005). Suitability Assessment for New Minia City, Egypt: A GIS Approach to Engineering Geology. Environmental and Engineering Geoscience 11(3):pp259-269. https://doi.org/10.2113/11.3.259

6. Schalkwjk, A.V., Price, G.V., (1990), Engineering Geological Mapping for Urban Planning in Developing Countries. Proceedings International Congress of International Association of Engineering Geology. Amsterdam, Netherland.
7. Do Quang Thien et al (2000). Ground Sensitivity of Construction by Remote Sensing and GIS Analysis for Construction Zoning in Thua Thien Hue Province, Vietnam. National GIS Application Conference, pp557-570.
8. Do Quang Thien, Dang Quoc Tien, Vu Quang Lan (2020). Formations of Quaternary Sedimentary Marine Sand in Thua Thien Hue Province and Relevant Geological Legacies. Journal of Geology, Series A, Special Issue, pp248-260. http://118.70.175.90:8082/geological/magazine/info/vn/92
9. Do Quang Thien, Do Minh Toan, Nguyen Thanh (2007). Using outlooks on assessment of the sensitive degree of geological environment for studying deposition and erosion along with river system (apply to the downstream of Thu Bon river). Ha Noi Geoengineering, pp240-248.
10. Do Quang Thien, Dang Quoc Tien, Nguyen Thanh (2018). The overall of Quaternary Sediment Research, Search - Exploration, Management and Use of Granular - Cohesion Natural Building Materials in Quang tri - Thua Thien Hue Area. Journal Environment and Resources, pp19-21.
11. Do Quang Thien, Dang Quoc Tien, Nguyen Thanh (2019). Characteristics of Quaternary sediments in Quang Tri - Thua Thien Hue coastal plain of Vietnam. The 11th National Geographic Conference, pp235-249.
12. Do Quang Thien et al (2004). Dividing types of soft ground structure in Hue city and proposing reasonable improvement technical solutions for construction planning. Journal of Research and Development, pp15-26.

# TÓM TẮT

## XÂY DỰNG BẢN ĐỒ ỨNG XỬ NỀN CÔNG TRÌNH: TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU CHO TỈNH THỪA THIÊN HUẾ, VIỆT NAM

**Đỗ Quang Thiên, Nguyễn Quang Tuấn, Đỗ Thị Việt Hương, Trần Thanh Nhàn, Nguyễn Thị Thanh Nhàn, Hoàng Ngô Tự Do, Bùi Thị Thu**

*Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế,*
*Tác giả liên hệ: dqthien@hueuni.edu.vn*

**Tóm tắt:** Mục đích của bài báo là sử dụng phương pháp GIS và viễn thám, kết hợp với các phương pháp truyền thống để xây dựng bản đồ ứng xử nền công trình khu vực TT. Huế. Kết quả nghiên cứu đã xác lập được 5 vùng có khả năng ứng xử nền khác nhau (rất thấp, thấp, trung bình, cao, rất cao). Kết quả đánh giá độ tin cậy của phương pháp nghiên cứu cũng cho thấy diện tích các vùng ứng xử nền khác nhau theo lý thuyết và thực tế trùng nhau đến 79,93% và có trên 90 % các hố khoan có mặt đất yếu nằm trong khu vực có khả năng ứng xử nền thấp đến rất thấp. Do vậy, việc chọn lựa và chồng xếp các bản đồ đơn tính có độ tin cậy cao và có thể tham khảo trong QHXD tỉnh TT. Huế, Việt Nam.

**Từ khóa:** Ứng xử nền, quy hoạch xây dựng, cấu trúc nền, công trình xây dựng, TT. Huế

# ỨNG DỤNG MẠNG NƠ-RON HOPFIELD NHẰM TĂNG ĐỘ PHÂN GIẢI KHÔNG GIAN VÀ ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA MÔ HÌNH SỐ ĐỘ CAO DẠNG GRID

**Nguyễn Thị Thu Hương, Nguyễn Quang Minh**

*Trường Đại học Mỏ - Địa Chất*

*Tác giả liên hệ: ngthuongtdpt@gmail.com*

**Tóm tắt:** Hiện nay, mô hình số độ cao (DEM) là loại hình dữ liệu được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực kinh tế quốc dân và quốc phòng. Với nhu cầu ứng dụng DEM ngày càng tăng, việc đảm bảo độ chính xác của DEM là một yêu cầu cấp thiết. Tuy vậy, việc thành lập DEM độ phân giải cao đòi hỏi công cụ, phương tiện công nghệ, tiêu chuẩn kỹ thuật và kinh phí cao, một số trường hợp không thể thực hiện được. Nghiên cứu tìm kiếm các giải pháp nhằm tăng độ phân giải không gian, nâng cao độ chính xác dữ liệu DEM là nhu cầu rất cần thiết. Bài báo này đề xuất một thuật toán mới nhằm tăng độ phân giải không gian và nâng cao độ chính xác của DEM bằng cách sử dụng mạng nơ-ron Hopfield như một công cụ thực hiện bài toán tối ưu hoá, thông qua việc tăng độ phân giải không gian của DEM dạng grid, xác định các giá trị cực tiểu của hàm năng lượng từ các giá trị của hàm mục tiêu và hàm điều kiện. Để thực hiện được điều này, mỗi pixel của DEM dạng grid có độ phân giải thấp (kích thước pixel lớn) được chia thành các pixel con, kích thước nhỏ hơn và độ cao của mỗi pixel con được tối ưu hóa dựa trên việc sử dụng giá trị semi-variogram 0 và được khống chế bởi hàm điều kiện là giá trị trung bình độ cao của các pixel con nằm trong phạm vi của một pixel. Qua nhiều các kết quả thực nghiệm đã cho thấy sự khả thi của thuật toán này.

**Từ khóa:** Mô hình số độ cao, DEM, Mạng nơ-ron Hopfield

## 1. Đặt vấn đề

Độ phân giải không gian của mô hình số độ cao (DEM) đóng vai trò quan trọng trong việc phân tích kết quả, ra quyết định, phát triển sản phẩm trong nhiều lĩnh vực. Độ phân giải không gian của DEM dạng grid ảnh hưởng đến cả nội dung thông tin, tính chính xác của dữ liệu và nhiều sản phẩm dữ liệu thứ cấp khác (Saksena & Merwade, 2015). Một loạt nghiên cứu của các tác giả khác nhau đã chỉ ra sự ảnh hưởng đặc biệt của độ phân giải không gian của DEM đối với các đặc tính không gian của dữ liệu không gian (Bian & Butler, 1999), nhất là về độ dốc và hướng dốc (Chang & Tsai, 1991), phân định ranh giới lưu vực và độ chính xác của các kế hoạch SWAT (Rawat, et al., 2014), các mô hình thoát nước (Vieux, 1993), mô hình ba chiều của cảnh quan (Schoorl, et al., 2000), và kết quả khảo sát đất đai (Smith, et al., 2006). Tất cả các nghiên cứu trên đã chỉ ra rằng, các DEM với độ phân giải không gian cao hơn có thể mang lại nhiều kết quả chính xác hơn và mang tính thông tin hơn.

Dữ liệu raster có thể giảm kích thước pixel (downscale) để tăng độ phân giải bằng cách sử dụng một số phương pháp tái chia mẫu. Việc giảm kích thước pixel của dữ liệu raster bằng

cách nào đó có thể làm tăng độ phân giải không gian của các dữ liệu này và dữ liệu được tạo ra có thể được sử dụng trong một DEM dạng grid. Tăng độ phân giải không gian (Sub-pixel) là kỹ thuật đã được sử dụng để tăng độ chính xác của lớp phủ bề mặt có được từ phân loại mềm (Atkinson, 1997). Về mặt quy mô địa lý, các phương pháp tăng độ phân giải không gian được sử dụng để phân loại bản đồ lớp phủ đã tối đa hoá sự phụ thuộc không gian giữa các tiểu điểm ảnh để làm tăng độ phân giải không gian (Su, et al., 2012 ). Một số kỹ thuật tăng độ phân giải không gian đã được phát triển như hoán đổi vị trí các tiểu điểm ảnh, trường ngẫu nhiên Markov, mạng nơ-ron Hopfield (HNN) (Tatem et al., 2001; Nguyen et al., 2011). Kỹ thuật HNN đã được sửa đổi để làm mịn và tăng cường độ phân giải không gian của các ảnh viễn thám đa phổ thô (Minh, 2006). Vì các ảnh viễn thám và các DEM dạng grid đều có cấu trúc dữ liệu raster, nên chúng tôi kỳ vọng rằng các phương pháp tiếp cận được phát triển cho các ảnh viễn thám có thể được áp dụng để tăng độ phân giải không gian của các DEM dạng grid.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### *2.1. Dữ liệu nghiên cứu*

Các dữ liệu sử dụng để thử nghiệm thuật toán đề xuất là một DEM tham chiếu để so sánh kết quả, được thu thập theo phương pháp đo đạc thực địa tại tỉnh Lạng Sơn của Việt Nam và một DEM gốc của cùng khu vực đó ở độ phân giải không gian 20 m để chạy thử nghiệm thuật toán. Diện tích khu vực thực nghiệm khoảng 500 m x 500 m, thuộc phường Mai Pha, thành phố Lạng Sơn, tỉnh Lạng Sơn. Các dữ liệu điểm thu thập được theo phương pháp đo đạc thực địa đã được sử dụng để xây dựng DEM với độ phân giải không gian 5m để làm DEM tham chiếu.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

*2.2.1. Cách tiếp cận HNN trong thuật toán tăng độ phân giải không gian*

Mô hình tăng độ phân giải không gian của một DEM dạng grid là một phiên bản sửa đổi của mô hình mạng nơ-ron Hopfield (HNN) được thiết kế cho thuật toán tăng độ phân giải (Tatem et al., 2001; Nguyen et al., 2011). Trong mô hình HNN tăng độ phân giải không gian, một điểm ảnh (pixel) trên ảnh viễn thám gốc được chia thành mxm các tiểu điểm ảnh hay các điểm ảnh con (sub-pixel) và mỗi tiểu điểm ảnh được đại diện bởi một nơ-ron trong HNN. Mô hình này hoạt động dựa trên một hàm điều kiện và hai hàm mục tiêu. Hàm điều kiện ràng buộc ở đây là tổng số các tiểu điểm ảnh của mỗi một lớp phủ bề mặt phải bằng số lượng các tiểu điểm ảnh của các lớp được xác định giá trị phần trăm của lớp phủ từ kết quả phân loại mềm. Các hàm mục tiêu đóng vai trò tối đa hoá sự phụ thuộc không gian của các tiểu điểm ảnh trong phạm vi một điểm ảnh gốc. Như vậy, các tiểu điểm ảnh của cùng một lớp phủ sẽ được sắp xếp cạnh nhau để tạo ra một bản đồ lớp phủ có mức liên kết không gian là lớn nhất.

Trong mô hình HNN để tăng độ phân giải, đầu ra vij của một nơ-ron (một tiểu điểm ảnh) (i, j) là:

$$v_{ij} = g(u_{ij}) = \frac{1}{2}(1 + tanh\lambda u_{ij}) \quad (1)$$

Trong đó: g(uij) là hàm kích hoạt của mỗi nơ-ron, uijlà giá trị đầu vào của mỗi nơ-ron và λ là độ hội tụ của hàm tanh..

Giá trị đầu vào $u_{ij}$ được xác định tại thời điểm t như sau:

$$u_{ij}(t) = u_{ij}(t - dt) + \frac{du_{ij}}{dt} dt \quad (2)$$

Trong đó dt là bước thời gian, $u_{ij}$(t-dt) là giá trị đầu ra tại thời điểm (t-dt) và $du_{ij}/dt$ được định nghĩa như sau:

$$\frac{du_{ij}}{dt} = \frac{dE_{ij}}{dv} \quad (3)$$

Trong công thức (3), E là hàm năng lượng, được định nghĩa là E = Mục tiêu + Điều kiện và

$$\frac{dE_{ij}}{dv} = \left(\sum_e^K \frac{dGoal_e}{dv} + \frac{dConstraint}{dv}\right) \quad (4)$$

Trong đó, K là số hàm mục tiêu. Tùy thuộc vào từng ứng dụng cụ thể, hàm mục tiêu và hàm điều kiện ràng buộc có thể được sửa đổi để tối ưu hóa. Ví dụ, trong Tatem et. al. (2001),việc sử dụng mạng nơ-ron Hopfield cho phân giải bản đồ lớp phủ đã sử dụng hàm điều kiện ràng buộc là các giá trị phần trăm lớp phủ từ kết quả phân loại mềm và hàm mục tiêu là hàm có mục đích làm cho các tiểu điểm ảnh cạnh nhau sẽ có cùng nhãn lớp phủ.

Việc chạy của mạng HNN trong các trường hợp trên sẽ dừng khi tổng năng lượng E của mạng đạt đến một giá trị cực tiểu được xác định là:

$$E = \sum_i \sum_j \left(\sum_f \left(k_f v_{ij}^{Goal_f}\right) + \sum_g \left(k_g v_{ij}^{Constraint_g}\right)\right) = min \quad (5)$$

Hoặc: $E(t) - E(t - dt) = 0$ (6).

*2.2.2. Cách tiếp cận HNN đề xuất cho thuật toán tăng độ phân giải không gian của DEM dạng grid*

Trong thuật toán đề xuất, một pixel trong DEM gốc ở độ phân giải thấp có kích thước pixel lớn được chia thành các pixel con kích thước mxm, mỗi pixel con được đại diện bởi một nơ-ron trong HNN và giá trị độ cao sẽ được xác định thông qua hàm mục tiêu đảm bảo giá trị semi-variogram tiến về giá trị 0. Ngoài ra, các giá trị độ cao của mỗi pixel con được ràng buộc bởi hàm điều kiện là giá trị trung bình độ cao của các pixel con nằm trong phạm vi của một pixel trong DEM gốc.

Cách tiếp cận mới được đề xuất dựa trên giả thiết rằng độ cao của mỗi pixel con phải gần bằng với độ cao của các pixel con liền kề (giả thiết về sự phụ thuộc không gian). Việc xác định sự phụ thuộc không gian trong trường hợp này được tính bằng giá trị semi-variogram được định nghĩa là

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_1^{N(h)} \left[v_{ij} - v_{ij+h}\right]^2 \quad (6)$$

Trong đó γ(h) là giá trị của hệ số semi-variogram ở bước nhảy khoảng cách h, h là khoảng cách giữa một cặp điểm pixel con $v_{ij}$ và $v_{ij+h}$, và N (h) là số cặp điểm.

Nếu giữa các pixel con có sự phụ thuộc không gian, thì hệ số semi-variogram sẽ nhỏ ở bước nhảy h nhỏ. Điều này có nghĩa là khi hệ số semi-variogram là nhỏ nhất thì chúng ta đã tối đa hóa được sự phụ thuộc không gian.

Giá trị cực tiểu của semi-variogram được xác định như sau:

$$\frac{\partial \gamma(h)}{\partial v} = 0 \qquad (7)$$

$$\text{và} \frac{\partial \gamma(h)}{\partial v} = \frac{1}{2N(h)} \sum_1^{N(h)} \left(2v_{ij} - 2v_{ij+h}\right) = v_{ij} - \frac{\sum_1^{N(h)} v_{ij+h}}{N(h)} \quad (8)$$

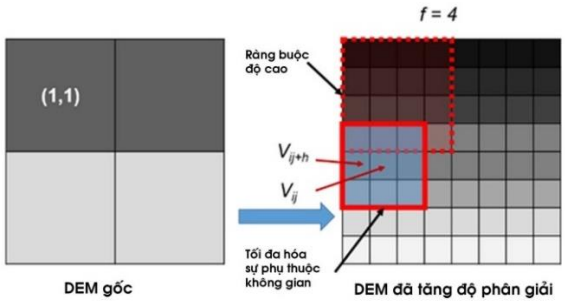
Vậy

$$v_{ij}^{expected} = \frac{\sum_1^{N(h)} v_{ij+h}}{N(h)} \quad (9)$$

Sự thay đổi độ cao của mỗi pixel con sau khi đã tối đa hóa sự phụ thuộc không gian:

$$du_{ij}^{sd} = v_{ij}^{expected} - v_{ij} \quad (10)$$

Điều này có nghĩa là giá trị độ cao của pixel con nằm ở giữa $v_{ij}$ sẽ bằng giá trị độ cao trung bình của các pixel con xung quanh với bước nhảy $h(v_{ij+h})$. Trong mô hình này cho grid DEM, các pixel con có bước nhảy nhỏ nhất là 8 điểm xung quanh pixel con $v_{ij}$.




*Hình 1. Mô hình HNN sử dụng cho tăng độ phân giải của DEM dạng grid.*

Trong hình 1, mô hình mới được đề xuất để làm trơn một DEM dạng grid với kích thước 2 x 2 pixel. Một pixel trong DEM gốc được chia thành 4 × 4 pixel con trong DEM mới (hệ số thu phóng f = 4). Vì vậy, từ một DEM gốc kích thước 2 × 2 được tái chia mẫu thành một DEM gồm 8 × 8 pixel con. Mỗi pixel con được đại diện bởi một nơ-ron trong mô hình HNN và có giá trị ban đầu là giá trị độ cao của pixel trong DEM gốc (hoặc có thể được gán ngẫu nhiên). Độ cao giả lập của pixel con sau khi thực hiện tối đa hóa sự phụ thuộc không gian được tính bằng cách sử dụng một cửa sổ 3 × 3 và giá trị độ cao của pixel con nằm giữa bằng giá trị độ cao trung bình của 8 pixel con xung quanh.

Nếu hàm để tối đa hóa sự không gian phụ thuộc không gian là hàm duy nhất được sử dụng trong mô hình thì độ cao của tất cả các pixel con trong DEM mới (sau khi tăng độ phân giải) cuối cùng sẽ giống nhau và các giá trị độ cao thô trong DEM gốc sẽ không được thuyết phục. Để giải quyết vấn đề này, cần sử dụng một hàm điều kiện để ràng buộc. Nguyên tắc của hàm này là độ cao trung bình của tất cả các pixel con nằm trong một pixel gốc (khi chưa chia) phải bằng giá trị độ cao của pixel đó trong DEM gốc. Ví dụ, giá trị độ cao trung bình của tất cả các pixel con trong pixel (1,1) của DEM gốc trong Hình 1 phải bằng độ cao của pixel (1,1).

$$du_{ij}^{ep} = Elevation_{x,y} - \frac{\sum_{(x-1)\times m}^{x\times m}\sum_{(y-1)\times m}^{y\times m} v_{pq}}{m\times m} (11)$$

Trong đó, $Elevation_{xy}$ là giá trị độ cao của pixel (x, y) trong DEM gốc, $v_{pq}$ là pixel con (p,q) nằm trong pixel (x, y) trong DEM mới và m là hệ số thu phóng. Nếu giá trị độ cao của tất cả các pixel con trong một pixel nhỏ hơn giá trị $Elevation_{xy}$ thì một giá trị được thêm vào giá trị độ cao $v_{pq}$ của tất cả các pixel con thuộc pixel(x, y). Ngược lại thì một giá trị được lấy ra từ giá trị đầu ra $v_{pq}$ của nơ-ron (p, q).

Sau đó, một giá trị đầu vào của mỗi nơ-ron (pixel con) được tính dựa trên công thức (2) với giá trị $du_{ij}/dt$ là:

$$\frac{du_{ij}}{dt} = \frac{dE_{ij}}{dv} = du_{ij}^{sd} + du_{ij}^{ep} \quad (12)$$

Giá trị đầu ra vij của mỗi nơ-ron được tính bằng cách sử dụng hàm kích hoạt g(uij). Tuy nhiên, trong mô hình mới này, chức năng kích hoạt g(uij) không giống như trong công thức (1) vì nó không được sử dụng để đẩy giá trị đầu ra của nơ-ron lên 0 hoặc 1 như trong trường hợp tăng độ phân giải bản đồ lớp phủ. Thay vào đó, một hàm kích hoạt tuyến tính được trình bày trong nghiên cứu của Tank và Hopfield (Tank & Hopfield, 1986) đã được sử dụng trong cách tiếp cận mới này như sau:

$$v_{ij} = g(u_{ij}) = a \times u_{ij} + b \quad (13)$$

Trong mô hình này, các tham số a = 1 và b = 0.

Mạng HNN sẽ chạy cho đến khi hàm năng lượng đạt cực tiểu:

$$E = \sum_i \sum_j (du_{ij}^{sd} + du_{ij}^{ep}) = min \quad (14)$$

Hoặc, E(t)-E(t-dt) = 0, trong đó (t - dt) và t là hai lần lặp liên tiếp của mạng Hopfield.

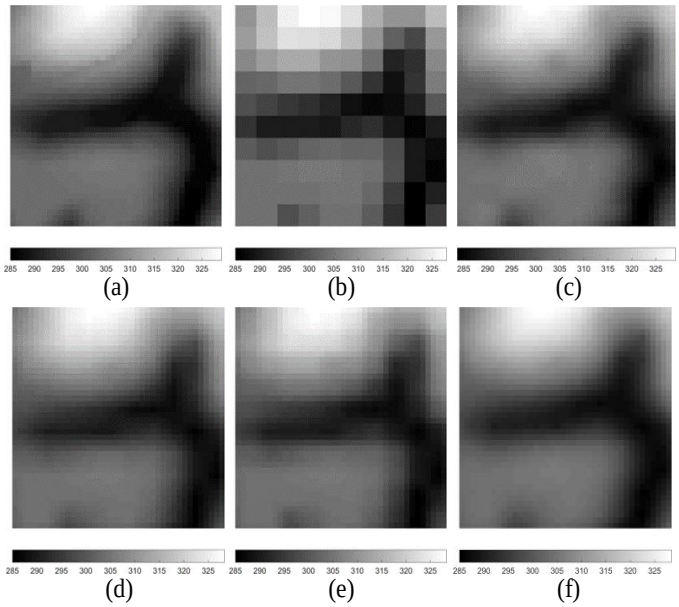
### *3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận*

DEM gốc với độ phân giải không gian 20m đã được sử dụng làm dữ liệu đầu vào cho thuật toán đề xuất. DEM gốc này được tái chia mẫu thành DEM độ phân giải 5m theo phương pháp tái chia mẫu đơn giản (Nearest Neighbor) để cung cấp dữ liệu khởi tạo cho mạng HNN. Mỗi pixel con trong DEM 5m này tương ứng với một nơ-ron trong mô hình HNN và giá trị đầu vào khởi tạo cho các nơ-ron này là các giá trị độ cao của các pixel con. Các giá trị đầu ra của các nơ-ron trong mạng HNN (các giá trị độ cao) được tính toán dựa trên hàm mục tiêu và hàm điều kiện ràng buộc về độ cao. Tổng các giá trị của hàm mục tiêu và hàm điều kiện là giá trị hàm năng lượng. Trong nghiên cứu này, thuật toán được áp dụng với hệ số thu phóng f = 4 để tạo ra một DEM sau khi tăng độ phân giải ở độ phân giải không gian 5m. Quá trình lặp của mô hình HNN đã dừng lại ở lần lặp thứ 52 và kết quả thu được là một DEM ở độ phân giải không gian 5m..

Để đánh giá thuật toán đề xuất, tác giả đã tiến hành đánh giá theo các phương pháp đánh giá trực quan và các phương pháp đánh giá định lượng. Các phương pháp đánh giá trực quan bao gồm: phương pháp so sánh trực tiếp, phương pháp sử dụng các mặt cắt. Các phương pháp

đánh giá định lượng bao gồm: phương pháp sử dụng sai số trung phương dựa trên các giá trị độ cao của các bộ dữ liệu DEM và phương pháp sử dụng các tham số thống kê.

Trên hình 2 là kết quả đánh giá trực quan theo phương pháp so sánh trực tiếp các dữ liệu DEM.



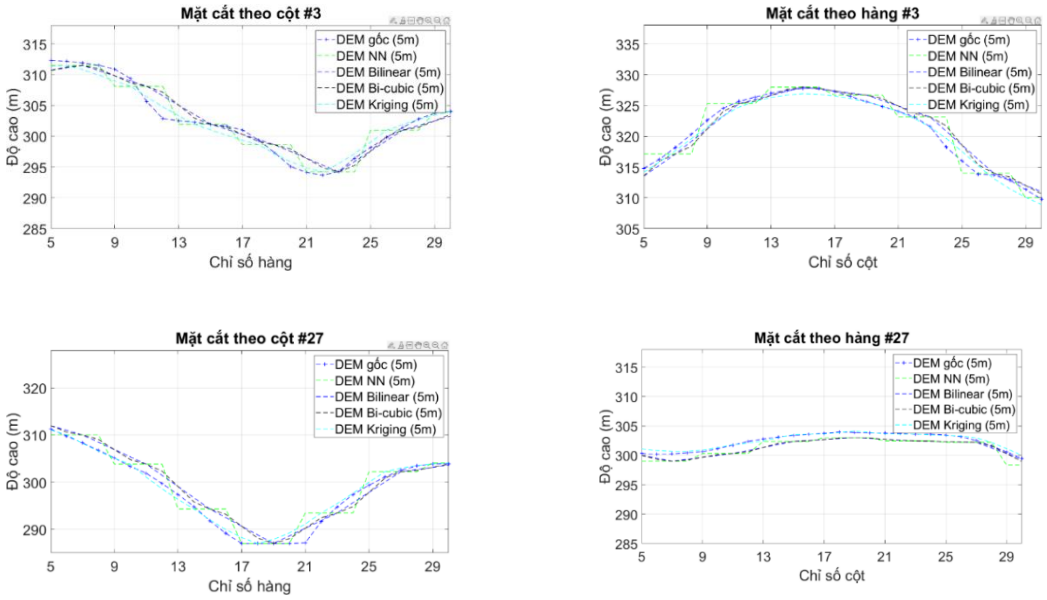

*Hình 2. Tăng độ phân giải không gian của DEM khu vực Mai Pha – Lạng Sơn*

Trong đó: (a)-Dữ liệu DEM tham chiếu ở độ phân giải 5m, (b)-Dữ liệu DEM gốc ban đầu ở độ phân giải 20m được sử dụng làm dữ liệu đầu, (c)-DEM sau khi tăng độ phân giải lên 5m bằng phương pháp sử dụng mạng nơ-ron Hopfield (mô hình HNN), (d)-DEM độ phân giải 5m sử dụng mô hình song tuyến, (e)-DEM độ phân giải 5m sử dụng mô hình Bi-cubic, (f)- DEM độ phân giải 5m khi tái chia mẫu sử dụng mô hình Kriging.

Một đánh giá trực quan khác được thực hiện dựa trên đánh giá mức độ gần nhau của các mặt cắt được tạo ra từ DEM tham chiếu ở độ phân giải 5m, DEM ở độ phân giải 20 m và DEM sau khi tăng độ phân giải ở độ phân giải 5 m (Hình 3).

Các kết quả so sánh trực quan cho thấy, các DEM kết quả (ở độ phân giải 5m) đã tăng được độ phân giải không gian lên rất rõ rệt so với DEM đầu vào ban đầu ở độ phân giải thấp (20m).

Việc đánh giá định lượng được thực hiện chủ yếu dựa trên tiêu chuẩn sai số trung phương cho toàn bộ các DEM và các mặt cắt của bộ dữ liệu thực nghiệm, được trình bày trong Bảng 11. Trong đó, sự cải thiện về sai số trung phương tổng thể, các sai số trung phương lớn nhất và nhỏ nhất của các mặt cắt đã được thể hiện rõ. Cùng với các sai số trung phương, các hệ số hồi quy tuyến tính như độ dốc *m*, tham số chặn *b* và hệ số tương quan *R* đã được sử dụng để đánh giá sự phù hợp giữa các DEM sau khi được tăng độ phân giải và các DEM tham chiếu (Bảng 22).




*Hình 3. Một số mặt cắt dọc và mặt cắt ngang của bộ dữ liệu DEM 5m khu vực Lạng Sơn.*

*Bảng 1. Sai số trung phương của các phương pháp tái chia mẫu song tuyến, Bi-cubic, Kriging và phương pháp sử dụng mô hình mạng neuron Hopfiled (HNN)*

| **Bộ dữ liệu** | | **Phương pháp tái chia mẫu song tuyến** | **Phương pháp tái chia mẫu Bi-cubic** | **Phương pháp nội suy Kriging** | **Phương pháp dùng mô hình HNN** | **Độ chính xác được cải thiện so với p.p. tái chia mẫu song tuyến** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **DEM 5m Lạng Sơn (S1)** | Tổng thể | 1.5139 | 1.6000 | 1.2092 | 0.8493 | **43.90%** |
| | Min MCD | 1.1635 | 1.1821 | 1.0288 | 0.5102 | **56.15%** |
| | Max MCD | 1.6198 | 1.7805 | 1.4232 | 0.9587 | **40.81%** |
| | Min MCN | 1.1567 | 1.2101 | 0.7408 | 0.5897 | **49.02%** |
| | Max MCN | 1.6712 | 1.7451 | 1.6807 | 1.1155 | **33.25%** |

*Bảng 2. Các hệ số hồi quy tuyến tính cho cả bốn bộ dữ liệu D1, D2, S1, S2*

| **Bộ dữ liệu** | | **Hệ số hồi quy tuyến tính** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | m | b | $R^2$ |
| DEM 5m Lạng Sơn (S1) | DEM 5m tăng độ phân giải sử dụng mô hình HNN | 1.0195 | -5.908 | 0.9937 |
| | DEM 5m sau khi tái chia mẫu theo mô hình song tuyến | 0.9601 | 12.3782 | 0.9793 |
| | DEM 5m sau khi tái chia mẫu theo mô hình Bi-cubic | 0.9658 | 10.6432 | 0.9763 |
| | DEM 5m sau khi nội suy Kriging | 0.945 | 16.3717 | 0.9884 |

Kết quả đánh giá định lượng cho thấy sự cải thiện về độ chính xác của DEM cũng phù hợp với kết quả đánh giá trực quan. Và khi so sánh các DEM kết quả sau khi tăng độ phân giải từ 20m lên 5m theo các phương pháp tái chia mẫu phổ biến như song tuyến, Bi-cubic, Kriging với phương pháp sử dụng mạng nơ-ron Hopfield (phương pháp HNN) đã cho thấy sự cải thiện rõ rệt về độ chính xác và sự ưu việt của thuật toán đề xuất so với các phương pháp tăng độ phân giải đã có.

**4. Kết luận**

Mô hình tăng độ phân giải không gian và độ chính xác cho các DEM dạng grid bằng phương pháp sử dụng mạng nơ-ron Hopfield được đề xuất trong bài báo này đã cho thấy phương pháp này có thể tăng độ phân giải không gian của grid DEM lên một cách rõ rệt, đồng thời cũng đã cải thiện được độ chính xác của grid DEM so với các phương pháp tái chia mẫu khác. Kết quả đánh giá độ chính xác cả bằng quan sát trực quan và các dữ liệu thống kê cho thấy phương pháp được đề xuất cho kết quả tốt hơn các phương pháp đang được sử dụng hiện nay sử dụng để chia nhỏ và làm trơn DEM. Đặc biệt là, hàm điều kiện trong mô hình đã cho phép giải quyết ảnh hưởng của hiệu ứng làm trơn.

Mặc dù thuật toán tăng độ phân giải không gian cho DEM dạng grid đã đạt kết quả khả quan trong nghiên cứu này nhưng cũng cần phải đánh giá định tính và định lượng cho các tỷ lệ thu phóng khác và các nguồn dữ liệu khác trong các nghiên cứu trong tương lai.

**Tài liệu tham khảo**

1. Atkinson, P. M., (1997). Mapping sub-pixel boundaries from remotely sensed image. *In*: *Innovation in GIS.* London: Taylor and Francis.
2. Bian, L. & Butler, R., (1999). Comparing Effects of Aggregation Methods on Statistical and Spatial Properties of Simulated Spatial Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 65[1], 73-84.
3. Chang, K.-t. & Tsai, B.-w., (1991). The Effect of OEMResolution on Slope and Aspect Mapping. *Cartography and Geographic Information Systems*, 69-77.
4. 4. Minh, N. Q., (2006). PhD thesis: Super-resolution mapping using Hopfield Neural Network with supplementary data. Southampton: Southampton Library.
5. Nguyen, Q. M., Atkinson, P. M. & Lewis, H. G., (2011). Super-resolution mapping using Hopfield Neural Network with panchromatic imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 32[21], 6149-6176.
6. Atkinson, P. M., (1997). Mapping sub-pixel boundaries from remotely sensed image. *In: Innovation in GIS.* London: Taylor and Francis.
7. Rawat, K. S. et al., (2014). Effect of DEM data resolution on low relief region sub-watershed boundaries delineating using of SWAT model and DEM derived from CARTOSAT-1 (IRS-P5), SRTM and ASTER. *Journal of Applied and Natural Science*, 144-151.

8. Saksena, S. & Merwade, V., (2015). Incorporating the effect of DEM resolution and accuracy for improved flood inundation mapping. *Journal of Hydrology*, Volume 530, 180–194.
9. Schoorl, J. M., Sonneveld, M. P. W. & Veldkamp, A., (2000). Three-dimensional land landscape process modelling: the effect of DEM resolution. *Earth Surface Processes and Landforms*, Volume 25, 1025-1034.
10. Smith, M. P., Zhub, A.-X., Burt, J. E. & Stiles, C., (2006). The effects of DEM resolution and neighborhood size on digital soil survey. *Geoderma*, Volume 137, 58-69.
11. Su, Y. F., Foody, G. M., Muad, A. *M*. & Cheng, K. S., (2012). Combining Hopfield Neural Network and Contouring Methods to Enhance Super-Resolution Mapping. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 5[5], 1403 - 1417.
12. Tank, D. W. & Hopfield, J. J., (1986). Simple " Neural" Optimization Networks: An A/D Converter, Signal Decision Circuit, and 'a Linear Programming Circuit. *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, VOL. CAS-33, NO. 5, MAY 1986, 33[5], 533-541.
13. Tatem, A. J., Lewis, H. G., Atkinson, P. M. & Nixon, M. S., (2001). Multi-class land cover mapping at the sub-pixel scale using a Hopfield neural network. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 3, 184-190.

# ABSTRACT

## APPLICATION OF THE HOPFIELD NEURAL NETWORK TO INCREASE SPATIAL RESOLUTION AND ACCURACY OF GRID DIGITAL ELEVATION MODEL

**Nguyen Thi Thu Huong, Nguyen Quang Minh**
*Hanoi University of Mining and Geology*
*Corresponding author: ngthuongtdpt@gmail.com*

Nowadays, the Digital Elevation Model in grid form (grid DEM) has many applications in the fileds of economic and national defense. With the increasing demand for DEM applications, the accuracy guarantee of DEMs is an urgent requirement. However, the establishment of high-resolution DEM requires tools, technological equipments, technical standards and high economy, which in some cases cannot be achieved. Research to find solutions to increase spatial resolution and improve the accuracy of DEMs data is very necessary. This paper proposes a new algorithm to increase the spatial resolution and improve the accuracy of DEM by using Hopfield Neural Network (HNN) as a tool to optimize, through increasing the spatial resolution of the grid DEM, determining the minimum variogram value and a elevation constraint was proposed. The model was intergrated into a simple Hopfield Neural Network (HNN) model in which each pixel of a DEM are divided into $m \times m$ sub-pixels. The elevation of each sub-pixel are calculated based on minimum variogram value and an elevation constraint which can be stated that the everage of elevation of all sub-pixels located within a pixel must be equal to the elevation of the original pixel. The activation function used in this model of HNN is a simple linear function. Experimental results showed the feasibility of this algorithm.

*Keywords:* Digital Elevation Model, DEM, Hopfield Neural Network

# ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC KẾT QUẢ PHÂN LOẠI ẢNH VỆ TINH QUANG HỌC KHU VỰC CÓ LỚP PHỦ HỖN HỢP ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN HỌC MÁY RANDOM FOREST

**Phạm Minh Hải, Nguyễn Thị Ngọc Hồi, Hoàng Thị Thu Hà, Trần Hoàng Minh**

*Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ*
*Tác giả liên hệ: minhhaialas@gmail.com*

**Tóm tắt:** Sự phát triển mạnh mẽ của khoa học công nghệ, đặc biệt là công nghệ thông tin và truyền thông (CNTT&TT), đã tác động vô cùng to lớn tới mọi lĩnh vực của xã hội, trong đó có viễn thám. Để nâng cao độ chính xác trong các phương pháp phân loại truyền thống, đã có nhiều phương pháp phân loại được áp dụng hiện nay trong công tác phân loại lớp phủ. Để góp phần tạo ra sản phẩm phân loại có chất lượng trong thời điểm hiện nay. "Random forest là một phương pháp thống kê mô hình hóa bằng máy (machine learning statistic) dùng để phục vụ các mục đích phân loại, tính hồi quy và các nhiệm vụ khác bằng cách xây dựng nhiều cây quyết định (Decision tree). Bài báo sử dụng phương pháp Random Forest nhằm nâng cao độ chính xác phân loại ảnh viễn thám quang học. Kết quả phân loại dựa trên quá trình đánh giá độ chính xác kết quả phân loại Random Forest với một số phương pháp phân loại truyền thống như Maximum Likelihood, Hướng đối tượng (object eCognition) và thông tin dữ liệu từ các loại bản đồ.

**Từ khóa:** *Random Forest, Maximum Likelihood, Hướng đối tượng (object eCognition)*

## 1. Đặt vấn đề

Hiện nay có rất nhiều phương pháp phân loại được áp dụng cho các khu vực nghiên cứu khác nhau, nhằm hướng tới việc đánh giá độ chính xác kết quả phân loại theo hướng tối ưu nhất. Quá trình phát triển của lịch sử viễn thám đều cho thấy mỗi một phương pháp phân loại đều có ưu nhược điểm riêng, và các phương pháp truyền thống hiện nay chưa khẳng định được phương pháp nào ưu điểm vượt trội và có thể thay thế trong phân loại lớp phủ. Để đi sâu vào phân tích đánh giá độ chính xác cho khu vực lớp phủ hỗn hợp, qua quá trình nghiên cứu và phát triển các thuật toán mới, tính ứng dụng cao phương pháp Random Forest là lựa chọn trong nghiên cứu nhằm đánh giá ưu điểm của phương pháp trong phân loại đối tượng lớp phủ của khu vực có lớp phủ hỗn hợp. Random Forest là một phương pháp thống kê mô hình hóa bằng máy (machine learning statistic) dùng để phục vụ các mục đích phân loại, tính hồi quy bằng cách xây dựng nhiều cây quyết định (Decision tree).

Trong phạm vi bài báo này, nghiên cứu tiến hành thử nghiệm phân loại khu vực lớp phủ hỗn hợp trên 03 phương pháp phân loại: Maximum Likehood, Hướng đối tượng và Random Forest sử dụng ảnh vệ tinh Planet nhằm đánh giá độ chính xác kết quả phân loại Random Forest tại khu vực huyện Gia Bình, tỉnh Bắc Ninh.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Khu vực thử nghiệm và dữ liệu sử dụng

***Khu vực thử nghiệm***

Khu vực thử nghiệm là huyện Gia Bình, tỉnh Bắc Ninh. Gia Bình là một huyện thuộc vùng đồng bằng Bắc Bộ, cách trung tâm thành phố Bắc Ninh 25 km về phía Tây Bắc, cách thủ đô Hà Nội 35 km về phía Tây Nam. Địa giới hành chính bao gồm: Phía Bắc giáp huyện Quế Võ; phía Nam giáp huyện Lương Tài; phía Đông giáp tỉnh Hải Dương; phía Tây giáp huyện Thuận Thành. Tọa độ địa lý $21^0 01' 14''$ đến $21^0 06' 51''$ vĩ độ Bắc; $106^0 07' 43''$ đến $106^0 18' 22''$ kinh độ Đông.

***Dữ liệu sử dụng***

** Ảnh vệ tinh*

Nghiên cứu được thực hiện với dữ liệu ảnh vệ tinh PLANET [7] được chụp tại thời điểm năm 2017, độ phân giải 3 m. Dữ liệu được cung cấp bởi Đài thu Viễn thám Quốc Gia, Cục Viễn thám Quốc Gia, Bộ Tài Nguyên và Môi Trường. Ảnh vệ tinh trong đề tài có độ phủ mây nhỏ hơn 10%, và được hiệu chỉnh bức xạ và khí quyển bằng công cụ ATCOR (Atmospheric correction) trong phần mềm PCI Geomatic 2018. Quá trình tiền xử lý ảnh gồm 3 bước: Hiệu chỉnh bức xạ trước đầu thu; hiệu chỉnh bức xạ ảnh hưởng mây; hiệu chỉnh ảnh hưởng khí quyển. Ảnh được nắn về hệ tọa độ VN - 2000 kinh tuyến trục $105^0$ múi $3^0$ theo hệ tọa độ bản đồ địa hình tỷ lệ 1:25.000.

+ Tư liệu bản đồ: CSDL bản đồ địa hình tỷ lệ 1: 25.000

+ Phần mềm sử dụng gồm: Envi 5.3; eCognition, QGIS Desktop, việc phân loại được thực hiện dựa vào công cụ tự phát triển nguồn mở Random Forest Classifier trong thư viện Sklearn Ensemble trên ngôn ngữ Python.




*Hình 1a. Bản đồ hành chính Bắc Ninh*



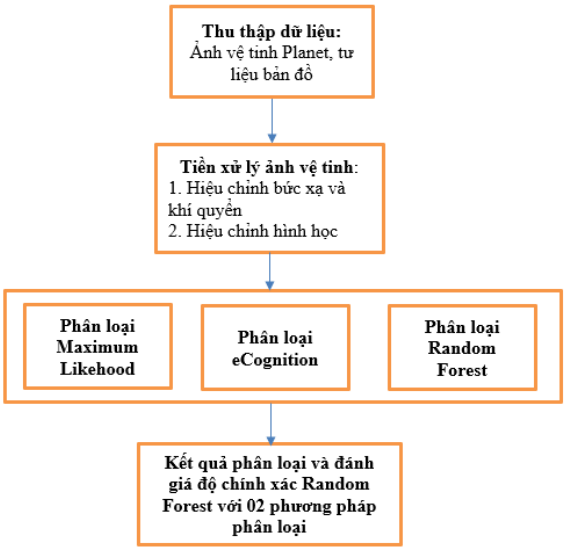
*Hình 1b. Ảnh vệ tinh Planet năm 2017*

**2.2. Phương pháp nghiên cứu**

- Hiện nay các nghiên cứu trên thế giới đã sử dụng cách tiếp cận phân loại phổ biến nhất là dựa trên pixel và dựa trên phân loại hướng đối tượng. Phân loại dựa trên pixel thể hiện đầy đủ ở phương pháp phân loại Maximum Likelihood. Trái với cách tiếp cận dựa trên pixel, phương pháp phân loại dựa trên hướng đối tượng coi pixel là nhóm pixel dựa trên đặc điểm không gian của chúng để cung cấp kết quả phân loại đáng tin cậy hơn.

- Năm 2001, Brieman [5] đề xuất phương pháp Random Forest (RF), đây là một phương pháp phân lớp và hồi quy dựa trên việc kết hợp kết quả dự đoán của một số lượng lớn các cây

quyết định. Do đó, RF xây dựng các cây quyết định từ một tập con những thuộc tính được lựa chọn ngẫu nhiên và tổng hợp kết quả dự đoán của các cây để tạo ra kết quả dự đoán cuối cùng. Quy trình đánh giá độ chính xác phân loại lớp phủ hỗn hợp qua 3 phương pháp phân loại như sau:



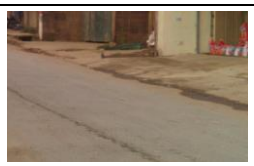
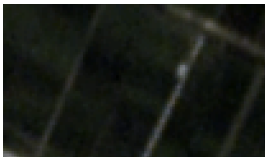

*Hình 2: Quy trình đánh giá độ chính xác phân loại lớp phủ qua 3 phương pháp phân loại Maximum Likelihood, hướng đối tượng và Random Forest*

**Các bước chính thực hiện trong quy trình như sau:**

**1. Công nghệ tiền xử lý ảnh bao gồm:** Hiệu chỉnh bức xạ, hiệu chỉnh khí quyển, hiệu chỉnh địa hình và hiệu chỉnh hình học ảnh.

**2. Phân loại lớp phủ:** Trước khi tiến hành **công** tác phân loại ảnh cần tiến hành công tác khảo sát lựa chọn mẫu khu vực nghiên cứu, việc khảo sát sơ bộ đối tượng để lấy mẫu rất quan trọng để đánh giá việc chọn đối tượng nào để phân loại, đối tượng nào thường bị lẫn và số lượng mẫu cần lấy,… Công tác lấy mẫu được tiến hành trên phần mềm QGIS.

*Bảng 1. Hệ thống lấy mẫu khu vực nghiên cứu*

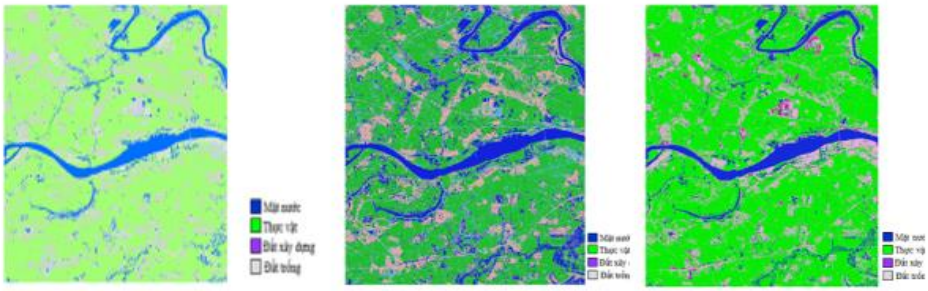
| STT | Lớp phủ | Mẫu khóa ảnh PLANET 2017 | Mẫu khóa ảnh ngoài thực địa |
|---|---|---|---|
| 1 | Đất xây dựng |  |  |
| 2 | Thực vật (đất nông nghiệp) |  |  |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 | Đất trống |  |  |
| 4 | Đất mặt nước (sông, hồ, ao) |  |  |



*Hình 3: Công tác lựa chọn mẫu trên ảnh Planet bằng phần mềm QGIS*

Sau khi lựa chọn được mẫu phân loại trên tiến hành phân loại theo các phương pháp Maximum Likelihood, Hướng đối tượng và Random Forest



*Hình 4: Kết quả phân loại lớp phủ theo 3 phương pháp Maximum Likelihood, Hướng đối tượng và Random Forest*

## 3. Đánh giá độ chính xác sau phân loại lớp phủ

Sau phân loại kết quả đánh giá độ chính xác được thể hiện như sau:

*Bảng 2. Độ chính xác phân loại trên 2 phương pháp Maximum Likelihood và Hướng đối tượng*

| TT | Đối tượng | Maximum Likelihood | | | | Hướng đối tượng | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mean | StdDev | Minimum | Maximum | Mean | StdDev | Minimum | Maximum |
| 1 | Mặt nước | 0.21 | 0,12 | 0,01 | 0,82 | 0,09 | 0,09 | $1{,}55e^{-006}$ | 0,72 |
| 2 | Thực vật (khu vực đất nông nghiệp) | 0,23 | 0,21 | 3,57 | 0,67 | 0,05 | 0,05 | $5{,}96e^{-008}$ | 0,75 |
| 3 | Đất trống | 0,41 | 0,25 | 2,45 | 1,00 | 0,02 | 0,03 | $6{,}56e^{-007}$ | 0,82 |
| 4 | Đất xây dựng | 0,12 | 0,16 | 0,02 | 0,43 | 0,05 | 0,08 | $4{,}77e^{-007}$ | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 | Độ chính xác | Độ chính xác tổng thể 76,67 %, hệ số Kappa = 0, 6514 | Độ chính xác tổng thể 83,75% hệ số Kappa là 0,784 |

Kết quả tính toán cho thấy sự phụ thuộc vào đặc tính dữ liệu đầu vào và số lượng mẫu, việc tăng số lượng cây quyết định sẽ cải thiện độ chính xác của một mô hình. Kết quả đánh giá độ chính xác sử dụng phương pháp Out-of-bag (OOB) là 85,4 %. Độ chính xác của kết quả có thể tăng lên trên 90% nếu quá trình lấy mẫu tiến hành tỷ mỷ, kết hợp với kiến thức chuyên gia và việc nhập giá trị cây lớn sẽ cho kết quả cao hơn.

*Bảng 3. Bảng thử nghiệm so sánh số lượng cây quyết định và thời gian tính toán trong thuật toán Random Forest*

| Số lượng cây | Thời gian training (phút) | Thời gian phân loại (phút) | Tổng thời gian |
|---|---|---|---|
| 300 | 17 | 104 | 121 |
| 150 | 12 | 49 | 61 |
| 10 | 4 | 11 | 15 |
| 2 | 2 | 9 | 11 |

```
[Parallel(n_jobs=2)]: Using backend ThreadingBackend with 2 concurrent workers.
[Parallel(n_jobs=2)]: Done  46 tasks      | elapsed:    7.4s
[Parallel(n_jobs=2)]: Done 100 out of 100 | elapsed:   14.9s finished

 Độ chính xác dự báo OOB: 85.453732322995528
Mức độ ảnh hưởng của Band 1: 0.10444716259290261
Mức độ ảnh hưởng của Band 2: 0.20670329685802857
Mức độ ảnh hưởng của Band 3: 0.4472571931708459
Mức độ ảnh hưởng của Band 4: 0.24159234737822288
```

*Hình 5: Kết quả độ chính xác khi phân loại Random Forest*

*Bảng 4. Độ chính xác phân loại lớp phủ của các phương pháp Random Forest, eCognition và Maximum Likelihood*

| Độ chính xác tổng thể | Random Forest | Hướng đối tượng | Maximum Likelihood |
|---|---|---|---|
| | 85,4 % | 83,75 % | 76,67% |
| **Kappa** | 0,812 | 0,784 | 0,6514 |

*a. Đánh giá định lượng*

Đối với phương pháp MaximumLikelihood do kết quả phân loại bị lầm lẫn giữa các đối tượng với nhau do vậy để đánh giá diện tích các đối tượng phân loại so sánh với 2 phương pháp trên sẽ xảy ra hiện tượng nhiễu. Trong phần đánh giá định lượng chỉ đưa ra so sánh 2 phương pháp Hướng đối tượng và Random Forest

*Bảng 5 : Đánh giá độ chênh diện tích khi phân loại lớp phủ theo phương pháp Random Forest và Hướng đối tượng*

| Lớp/Đối tượng | Random_Forest_Classification ($km^2$) | Object_Oriented_Classification ($km^2$) | Sự chênh lệch ($km^2$) |
|---|---|---|---|
| **Nước mặt** | 24,145 | 28,974 | -4,829 |
| **Đất trống** | 2,105 | 2,621 | -0,516 |
| **Đất xây dựng** | 52,87 | 51,544 | 1,316 |
| **Thực vật** | 98,891 | 94,872 | 4,019 |

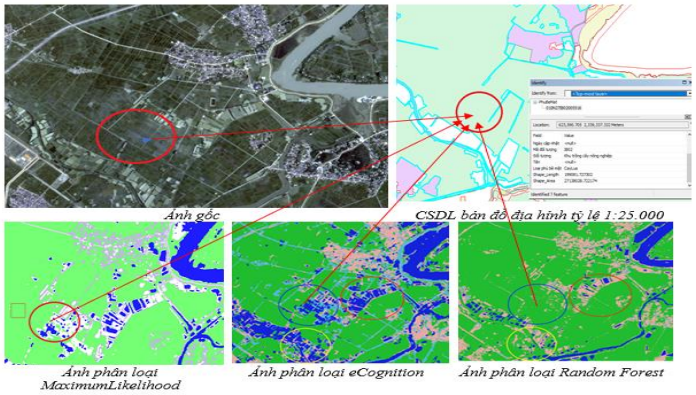
Có thể thấy có sự khác nhau đáng kể về kết quả phân loại của hai phương pháp đối với lớp phủ thực vật, nước mặt và giao thông/đất trống, còn khá tương đồng với lớp xây dựng. Ở

đó, phương pháp RF cho kết quả thực phủ có diện tích cao hơn so với phương pháp phân loại định hướng đối tượng 4 $km^2$, còn phương pháp phân loại định hướng đối tượng cho diện tích lớp nước mặt nhiều hơn so với phương pháp RF là 4,8 $km^2$ . Khu vực đất trống phương pháp hướng đối tượng còn có sự gộp lớp với khu vực ruộng hoang có giá trị phổ tương đồng nên chênh với giá trị 0,5 $km^2$. Khu vực đất xây dựng (gồm khu dân cư và giao thông) với cả 2 phương pháp có sự tương đồng về diện tích nhưng về sự nhận dạng đối tượng hình tuyến thì phương pháp phân loại hướng đối tượng cho kết quả tốt hơn. Với khu vực thực vật và mặt nước, do sự gộp giá trị vùng pixel liền kề nên phương pháp hướng đối tượng chưa phân tách rõ ràng đối tượng ruộng ngập nước với đối tượng mặt nước (ao, hồ) nên diện tích khu vực nước mặt ở phương pháp hướng đối tượng tăng trong khi diện tích khu vực thực vật giảm.

*b. Đánh giá định tính*

Tiến hành đánh giá độ chính xác định tính bằng cách so sánh kết quả phân loại trên cùng một khu vực từ ba phương pháp phân loại với CSDLbản đồ địa hình tỷ lệ 1:25.000.

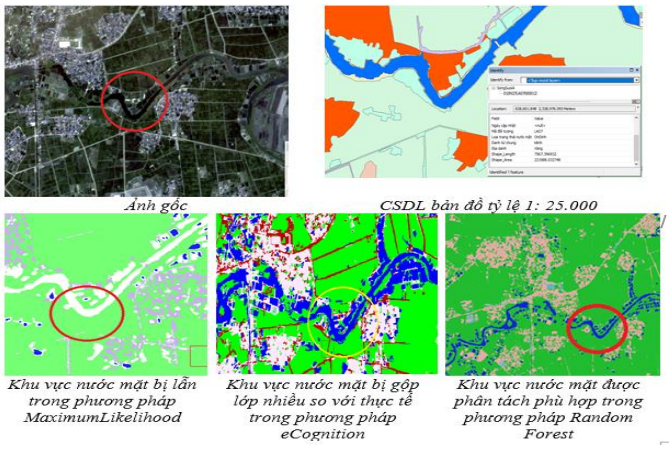
*+ Đối với khu vực thực vật*




*Hình 6. Đánh giá kết quả phân loại khu vực thực vật trong 3 phương pháp Maximum Likelihood, Hướng đối tượng và Random Forest với tư liệu bản đồ địa hình 1:25.000*

Từ hình 6 cho ta thấy phương pháp phân loại Random Forest cho ta độ chính xác khu vực thực vật đúng với tư liệu bản đồ địa hình tỷ lệ 1: 25.000. Phương pháp Maximum Likelihood và phương pháp eCognition đã coi một số khu vực thực vật bị ngập nước thành khu vực nước mặt.

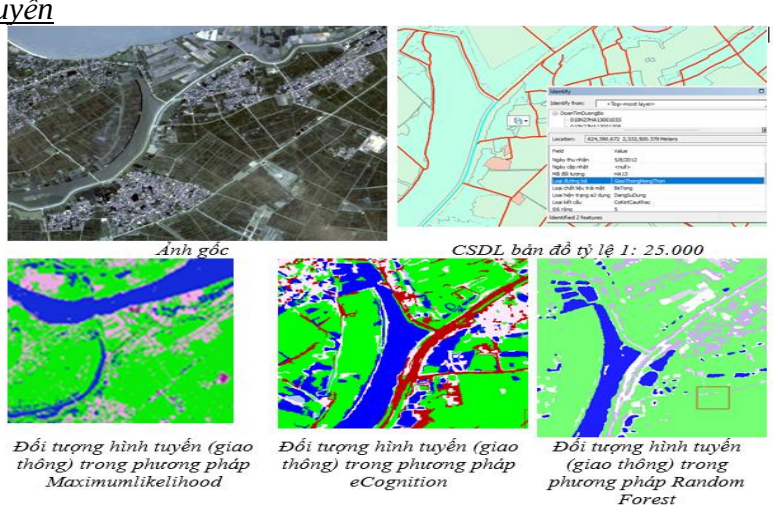
*+ Đối với khu vực nước mặt*




*Hình 7: Đánh giá kết quả phân loại khu vực nước mặt trong 3 phương pháp Maximum Likelihood, Hướng đối tượng và Random Forest với tư liệu bản đồ địa hình 1:25.000*

Do vậy từ 2 kết quả phân tích khu vực thực vật và khu vực nước mặt cho thấy phương pháp Random Forest cho kết quả phân loại chính xác so với CSDL bản đồ địa hình tỷ lệ 1:25.000. Hai phương pháp còn lại còn hiện tượng gộp lớp mạnh và phân loại nhầm đối tượng

*+ Đối với lớp đối tượng hình tuyến*




*Hình 8: Đánh giá kết quả phân loại khu vực dạng tuyến, bờ thửa trong 3 phương pháp Maximum Likelihood, Hướng đối tượng và Random Forest với tư liệu bản đồ địa hình 1:25.000*

Việc đánh giá cũng chỉ ra rằng phương pháp phân loại định hướng đối tượng có điểm mạnh trong phân loại đối tượng dạng tuyến và có sự chính xác hơn khi phân loại lớp đối tượng đất trống so với phương pháp MaximumLikelihood và phương pháp RF.

## 4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã đánh giá đúng thực trạng lớp phủ khu vực nghiên cứu khi sử dụng so sánh đánh giá độ chính xác kết quả phân loại trên 3 phương pháp phân loại Maximum Likelihood, Hướng đối tượng và Random Forest. Từ việc phân tích các đánh giá định tính, định lượng cho ta thấy phần lớn đối tượng lớp phủ được đánh giá chính chính thông qua phương pháp Random Forest, tuy nhiên cũng đánh giá cao các phương pháp phân loại truyền thống với ưu điểm phân loại tự động nhanh, xác định biến động đối tượng lớp phủ qua thời gian với bản đồ lớp phủ tỷ lệ nhỏ và phân tích đối tượng hình tuyến khá rõ ràng. Trong tương lai cần tiến hành nghiên cứu phân loại lớp phủ theo phương pháp tiên tiến hiện đại, áp dụng các thuật toán học máy để nâng cao độ chính xác phân loại và loại bỏ được các nhược điểm phân loại còn lẫn lớp ở các phương pháp truyền thống.

Ngoài ra khi áp dụng thuật toán Random Forest, với tốc độ xử lý nhanh, không phụ thuộc vào dung lượng ảnh (có thể xử lý chuỗi ảnh đa thời gian độ phân giải siêu cao) là lựa chọn tốt trong lĩnh vực phân tích và xử lý ảnh viễn thám trong tương lai.

## Tài liệu tham khảo

1. A. Mellor, Forest classification using Random Forest with multisource remote sensing and ancillary Gis data.
2. Advanced Raster Analysis. (2015). [Online]. Available: https://geoscriptingwur.github.io/AdvancedRasterAnalysis/#Classifying_raster_data.
3. Ali Santacruz. (2016), Image Classification with Random Forest in R (and QGIS).
4. Basten K. (2016), Classifying Landsat Terrain Images via Random Forests. Bachelor thesis Computer Science in Radboud University, Netherlands.
5. Breiman L and Cutler A. (2007), Random Forests. [Online]. Available: https://www.stat.berkeley.edu/~breiman/RandomForests/. [Accessed: 08-Aug-2017].

6. Benz U. C and et al. (2004), Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 58, trang.239-258
7. https://www.planet.com/products/planet-imagery/

## ABSTRACT

# THE ACCURACY OF THE RESULTS OF CLASSIFICATION OF OPTICAL SATELLITE IMAGE IN THE MIXED LAND COVER AREA IS APPRECIATED BY RANDOM FOREST MACHINE LEARNING ALGORITHM

**Pham Minh Hai [*], Nguyen Thi Ngoc Hoi, Hoang Thi Thu Ha, Tran Hoang Minh**

*Vietnam Institute of Geodesy and Cartography*

[*] *Corresponding author: minhhaialas@gmail.com*

The project uses Random Forest method to improve classified accuracy of optical satellite image (Planet image). This is modeling method by learning machine in remote sensing image classification and it will bring high performance in scientific research include high precision, low cost and take advantage of scientist's knowledge resource compared with traditional classified methods in the current commercial software's system.

There are three methods which are used in our research such as: Maximum Likehood, Object Orientation and Random Forest, and this research has done in Gia Binh district, Bac Ninh province area. After tested results, Random Forest gets the best results, with overall accuracy and Kappa coefficient 85,4% and 0,812, respectively. Moreover, these results also have compared to 1:25.000 map database and showed reliable accuracies including land cover levels like water, vegetation, construction land, vacant land and so on.

The research results show that when applying the Random Forest algorithm, with its fast processing speed, independent of the image size (can process multi-time series of super high-resolution images) is the best choice in the workflow of remote sensing image analysis and processing.

*Keywords:* Random Forest, Maximum Likelihood, object eCognition, Planet image

# ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP ROBUST TRONG BÌNH SAI VÀ PHÂN TÍCH LƯỚI THỦY CHUẨN PHỤC VỤ CÔNG TÁC HIỆN ĐẠI HÓA HỆ THỐNG ĐỘ CAO Ở VIỆT NAM

**Lưu Anh Tuấn, Hoàng Ngọc Hà**

*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
*Tác giả liên hệ: luuanhtuan@humg.edu.vn*

**Tóm tắt:** Hiện nay ở nước ta đang trong quá trình triển khai công tác Hiện đại hóa hệ thống độ cao. Các công việc cần thực hiện bao gồm xác định mốc "0" Quốc gia, hoàn thiện xây dựng lưới; đo đạc bổ sung và xử lý số liệu. Trong báo cáo đề xuất thuật toán trên cơ sở ứng dụng phương pháp Robust (ước lượng vững) để bình sai và phân tích lưới thủy chuẩn như một giải pháp nhằm xử lý số liệu trong điều kiện có ảnh hưởng của sai số thô hoặc sai số hệ thống. Tính toán thử nghiệm với ví dụ cụ thể với lưới thủy chuẩn. Các kết quả nghiên cứu nhằm cung cấp thêm công cụ phục vụ công tác xử lý số liệu lưới độ cao Quốc gia.

**Từ khóa:** Ước lượng vững, lưới thủy chuẩn, bình sai lưới, ước lượng theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất, trị đo dị thường.

## 1. Đặt vấn đề

Hiện nay Bộ Tài nguyên và môi trường bắt đầu xây dựng và triển khai dự án "Hiện đại hóa hệ thống độ cao quốc gia phục vụ công tác quy hoạch, xây dựng, phát triển kinh tế - xã hội và ứng phó với biến đổi khí hậu tại một số thành phố lớn và khu vực ven biển". Mục tiêu của công việc quan trọng, mang tầm Quốc gia là hoàn thiện và hiện đại hóa hệ thống độ cao quốc gia bền vững, ổn định đảm bảo xác định chính xác và thống nhất về độ cao của mọi điểm, mọi vị trí trong cả nước, đáp ứng các yêu cầu ngày càng tăng về phát triển kinh tế - xã hội, an ninh quốc phòng, ứng phó với biến đổi khí hậu. Trong các nội dung công việc cần triển khai có nội dung tính toán bình sai mạng lưới độ cao quốc gia và công bố Hệ độ cao quốc gia mới. Mạng lưới có các dạng trị đo như đo đạc hoàn chỉnh mạng lưới độ cao quốc gia hiện đại kết nối các điểm *"mốc độ cao thế kỷ"*, các điểm trạm GNSS CORS, đo lặp mạng lưới quan trắc chuyển dịch đứng tại các thành phố Hải Phòng, Hà Nội, Đà Nẵng, thành phố Hồ Chí Minh, thành phố Cần Thơ và khu vực đồng bằng sông Cửu Long bằng phương pháp đo thủy chuẩn phục vụ việc phân tích, đánh giá, xác định nguyên nhân sụt lún. Đối với một hệ thống lưới như vậy một vấn đề đặt ra là cần có công cụ bình sai kết hợp với phát hiện sai số thô và phân tích độ tin cậy của lưới. Trong báo cáo chúng tôi chọn ứng dụng phương pháp Robust như là một giải pháp để giải quyết bài toán bình sai và phân tích lưới.

Vấn đề xây dựng và phát triển lý thuyết Robust được đề cập trong các công trình [2]. Tư tưởng cơ bản của lý thuyết Robust là trong trường hợp sai số thô không thể tránh được, chọn phương pháp ước lượng phù hợp để cho trị ước lượng của các tham số không bị ảnh hưởng. Một trong những phương pháp ước lượng vững đó là ước lượng vững M do Huber đề xuất năm 1964 và được ứng dụng cho xử lý số liệu trắc địa. Bên cạnh đó một sô nhà khoa học đã nghiên

cứu và ứng dụng thành công phương pháp ước lượng vững như Giáo sư Zhow Jiangwen (1980) đề xuất nguyên tắc ước lượng M trong trường hợp các trị đo không cùng độ chính xác. Phương pháp thông qua biến đổi trọng số trong quá trình bình sai để thực hiện tính vững của tham số, gọi là phương pháp thay thế trọng số. Ngày nay trên thế giới và Việt Nam có một số nhà khoa học đã và đang nghiên cứu và ứng dụng ước lượng vững trong các lĩnh vực khác nhau, trong đó có ngành Trắc đia. Tuy nhiên mạng lưới trắc địa của Việt Nam có đặc thù riêng, do đó chúng tôi nghiên cứu, cải biến phương pháp ước lượng vững để xử lý số liệu mạng lưới trắc đại sao cho hiệu quả trong điều kiện Việt Nam.

**2. Phương pháp Robust**

***2.1 Phương pháp thay thế trọng số trong ước lượng vững (L1).***

*2.1.1 Mô hình toán học*

Giả thiết trị đo độc lập $L_{nx1}$, vector tham số cần xác định là $\hat{X}_{tx1}$, phương trình sai số là

$$V_{nx1} = A_{nxt}\hat{X}_{tx1} + L_{nx1} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{bmatrix}_{nxt} \begin{bmatrix} \hat{X}_1 \\ \hat{X}_2 \\ \dots \\ \hat{X}_t \end{bmatrix}_{tx1} + \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \dots \\ l_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó: $A_{nxn}$ là ma trận hệ số, $a_i$ là vector hệ số, $L_{nx1}$ là ma trận số hạng tự do.

Phương trình (1), hàm số $\rho(l_i, \hat{X})$ của ước lượng M là

$$\rho(l_i, \hat{X}) = \rho(v_i)$$

Do các trị đo không cùng độ chính xác, ma trận trọng số P có dạng

$$P_{nxn} = \begin{pmatrix} p_1 & & & & \\ & p_2 & & & \\ & & \dots & & \\ & & & \dots & \\ & & & & p_n \end{pmatrix}_{nxn} \quad (2)$$

Khi đó hàm $\rho$ có dạng

$$\sum_{i=1}^{n} p_i \rho(v_i) = \sum_{i=1}^{n} p_i \rho(a_i \hat{X} + l_i) \quad (3)$$

Lấy đạo hàm của biểu thức (3) đối với X, ký hiệu $\varphi(v_i) = \frac{\partial \rho}{\partial v_i}$ được

$$\sum_{i=1}^{n} p_i \varphi(v_i) a_i = 0 \quad (5)$$

Đặt $\bar{p}_i = p_i w_i$, $w_i = \frac{\varphi(v_i)}{v_i}$, được

$$\sum_{i=1}^{n} a_i^T \bar{p} v_i = 0 \qquad \text{hoặc } A^T PV = 0 \quad (6)$$

Thay $V = A\hat{X} + L$ vào (5) được hệ phương trình chuẩn của ước lượng M là

$$A^T \bar{P} A\hat{X} + A^T \bar{P} L = 0 \quad (7)$$

Trong đó: $\bar{P}$ là ma trận trọng số tương đương, $\bar{p}_i$ là phần tử trọng số tương đương, $w_i$ là hệ số trọng số.

Tham số $\hat{X}$ của ước lượng vững M được xác định

$$\hat{X} = (A^T \bar{P} A)^{-1} x A^T \bar{P} L = 0 \quad (8)$$

*2.1.2 Các bước tính toán ước lượng vững theo phương pháp thay thế chọn trọng số*

Bước 1: Lập hệ phương trình sai số (1)

Lấy $w_1 = w_2 = w_3 = ... = w_n = 1$, W = I, thì $\bar{P}^{(0)} = P$

Trong đó P là ma trận trọng số của các trị đo.

Bước 2: Giải hệ phương trình cuẩn (6) được trị ước lượng lần 1 của $\hat{X}$ và số hiệu chỉnh V,

$$\hat{X}^{(1)} = (A^T \bar{P} A)^{-1} x A^T \bar{P} L = 0$$

$$V^{(1)} = A\hat{X}^{(1)} + L$$

Bước 3: Từ $V^{(1)}$, xác định trọng số của các trị đo mới theo $\varphi(v_i) = \frac{\partial \rho}{\partial v_i}$, $w_i = \frac{\varphi(v_i)}{v_i} = \frac{\partial |v_i|}{\partial v_i}\frac{1}{v_i} = \frac{1}{|v_i|}$ tạo ma trận trọng số mới $\bar{p}_i = p_i w_i$, trong đó hàm $\rho$ có dạng $\rho(u) = |u|$.

Tiếp tục giải hệ phương trình chuẩn (6) được $\hat{X}^{(2)}, V^{(2)}$

$$\hat{X}^{(2)} = (A^T \bar{P}^{(1)} A)^{-1} x A^T \bar{P}^{(1)} L = 0$$

$$V^{(2)} = A\hat{X}^{(2)} + L$$

Bước 4: Tương tự, từ $\hat{X}^{(2)}, \bar{P}^{(2)}$ giải hệ phương trình (6) tính thay thế tương tự, cho đến khi giá trị sai lệch nghiệm 2 lần giải liên tiếp nhỏ hơn $10^{-6}$ thì dừng.

Bước 5: Kết quả cuối cùng:

$$\hat{X}^{(k)} = (A^T \bar{P}^{(k-1)} A)^{-1} x A^T \bar{P}^{(k-1)} L = 0$$

***2.2 Phương pháp sử dụng hàm Huber thực nghiệm.***

*2.2.1 Mô hình thuật toán*

Phương pháp sử dụng hàm ước lượng vững trọng số Huber thực nghiệm cũng dựa trên nguyên lý bài toán bình sai gián tiếp như phương pháp L1, tuy nhiên hàm ước lượng vững trọng số được cải biến dựa trên hàm Huber có dạng như sau:

$$\begin{cases} w_i = 1 & |\bar{v}_i| \le c \\ w_i = \frac{c}{|\bar{v}_i|}; |\bar{v}_i| = \frac{v_i}{\sigma_{v_i}}; \bar{p}_i = p_i w_i; & |\bar{v}_i| > c \\ w_{ii} = w_{jj} = 1; & |\bar{v}_i| \le c; |\bar{v}_j| \le c; \\ w_{ii} = \frac{c}{|\bar{v}_i|}; |\bar{v}_i| = \frac{v_i}{\sigma_{v_i}}; w_{jj} = \frac{c}{|\bar{v}_j|}; |\bar{v}_j| = \frac{v_j}{\sigma_{v_j}}; \bar{p}_{ij} = p_{ij} w_{ij}; & |\bar{v}_i| > c; |\bar{v}_j| > c; \end{cases} \quad (9)$$

Trong đó, c là hằng số và được chọn c = 1.5

*2.2.2 Các bước tính toán ước lượng vững theo phương pháp Huber thực nghiệm*

Bước 1: Lập hệ phương trình sai số (1)

Lấy $w_1 = w_2 = w_3 = ... = w_n = 1$, W = I, thì $\overline{P}^{(0)} = P$

Trong đó P là ma trận trọng số của các trị đo.

Bước 2: Giải hệ phương trình chuẩn (6) được trị ước lượng lần 1 của $\hat{X}$ và số hiệu chỉnh V,

$$\hat{X}^{(1)} = (A^T \overline{P} A)^{-1} x A^T \overline{P} L = 0$$

$$V^{(1)} = A\hat{X}^{(1)} + L$$

Bước 3: Từ $V^{(1)}$, xác định trọng số của các trị đo mới theo hàm (9).

Tiếp tục giải hệ phương trình chuẩn (6) được $\hat{X}^{(2)}, V^{(2)}$

$$\hat{X}^{(2)} = (A^T \overline{P}^{(1)} A)^{-1} x A^T \overline{P}^{(1)} L = 0$$

$$V^{(2)} = A\hat{X}^{(2)} + L$$

Bước 4: Tương tự bước 3, từ $\hat{X}^{(2)}, \overline{P}^{(2)}$ giải hệ phương trình (6) tính thay thế tương tự, cho đến khi giá trị sai lệch nghiệm 2 lần giải liên tiếp nhỏ hơn $10^{-6}$ thì dừng.

Bước 5: Kết quả cuối cùng:

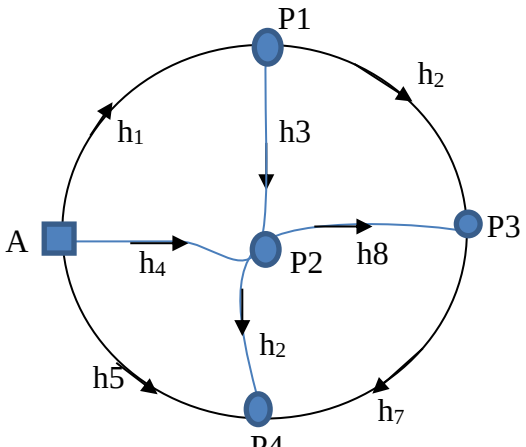
$$\hat{X}^{(k)} = (A^T \overline{P}^{(k-1)} A)^{-1} x A^T \overline{P}^{(k-1)} L = 0$$

### *2.3 Tính toán thực nghiệm*

*2.3.1 Sơ đồ lưới và số liệu đo*

*Bảng 1: Số liệu đo*

| TT | Chênh cao đo (m) | Chiều dài tuyến đo (Km) | TT | Chênh cao đo (m) | Chiều dài tuyến đo (Km) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | -4.0 | 2 | 5 | 4.4 | 2 |
| 2 | -2.2 | 2 | 6 | -1.9 | 4 |
| 3 | -3.7 | 4 | 7 | -3.4 | 2 |
| 4 | -0.7 | 4 | 8 | -2.5 | 4 |




*Hình 1. Sơ đồ lưới*

*2.3.2 Kết quả thực nghiệm*

*2.3.2.1. Phương pháp L1*

*Bảng 2: Độ lệch số hiệu chỉnh khi 1 trị đo chứa sai số thô*

| N0 | Gán sai số thô | Dãy trị đo không chứa sai số thô | Dãy trị đo chứa sai sô thô | |
|---|---|---|---|---|
| | $h_i$(mm) | $v_i$(mm) | $v_i'$ | $\Delta v_i'$ |
| 1 | | -4.0 | -11.0 | 7.0 |
| 2 | | -2.2 | 2.0 | 4.2 |
| 3 | | -3.7 | 0 | 3.7 |
| 4 | | -0.7 | 0 | 0.7 |
| 5 | | 4.4 | 9.0 | 4.6 |
| 6 | | -1.9 | 0 | 1.9 |
| 7 | **+100mm** | ***-3.4*** | -92.0 | 88.6 |
| 8 | | -2.5 | -8.0 | 5.5 |

*Bảng 3: Độ lệch số hiệu chỉnh khi 2 trị đo chứa sai số thô*

| N0 | Gán sai số thô | Dãy trị đo không chứa sai số thô | Dãy trị đo chứa sai sô thô | |
|---|---|---|---|---|
| | $h_i$(mm) | $v_i$(mm) | $v_i'$ | $\Delta v_i'$ |
| 1 | | -4.0 | -14.0 | 10.0 |
| 2 | ***+100mm*** | ***-2.2*** | ***-88.0*** | ***85.8*** |
| 3 | | -3.7 | 3.0 | 6.7 |
| 4 | | -0.7 | 0.0 | 0.7 |
| 5 | | 4.4 | 11.0 | 6.6 |
| 6 | | -1.9 | 0 | 1.9 |
| 7 | ***+100mm*** | ***-3.4*** | ***-93.0*** | ***89.6*** |
| 8 | | -2.5 | 0 | 2.5 |

Độ lệch số hiệu chỉnh $\Delta v_i' = |v_i - v_i'|$;

*2.3.2.2. Phương pháp sử dụng hàm Huber thực nghiệm*

*Bảng 3: Độ lệch số hiệu chỉnh khi 1 trị đo chứa sai số thô*

| N0 | Gán sai số thô | Dãy trị đo không chứa sai số thô | Dãy trị đo chứa sai sô thô | | N0 | Gán sai số thô | Dãy trị đo không chứa sai số thô | Dãy trị đo chứa sai sô thô | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $h_i$(mm) | $v_i$(mm) | $v_i'$ | $\Delta v_i'$ | | $h_i$(mm) | $v_i$(mm) | $v_i'$ | $\Delta v_i'$ |
| 1 | | -4.0 | -7.0 | 3 | 5 | | 4.4 | 7.0 | 2.6 |
| 2 | | -2.2 | 0 | 2.2 | 6 | | -1.9 | 0 | 1.9 |
| 3 | | -3.7 | 0 | 3.7 | 7 | **+100mm** | ***-3.4*** | ***-100.0*** | ***96.6*** |
| 4 | | -0.7 | 0 | 0.7 | 8 | | -2.5 | -4.0 | 1.5 |

*Bảng 4: Độ lệch số hiệu chỉnh khi 1 trị đo chứa sai số thô*

| N0 | Gán sai số thô | Dãy trị đo không chứa sai số thô | Dãy trị đo chứa sai số thô | | N0 | Gán sai số thô | Dãy trị đo không chứa sai số thô | Dãy trị đo chứa sai số thô | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $h_i$(mm) | $v_i$(mm) | $v_i'$ | $\Delta v_i'$ | | $h_i$(mm) | $v_i$(mm) | $v_i'$ | $\Delta v_i'$ |
| 1 | | -4.0 | -7.0 | 3 | 5 | | 4.4 | 7.00 | 2.6 |
| 2 | **+100mm** | ***-2.2*** | ***-96.0*** | ***93.8*** | 6 | | -1.9 | 0 | 1.9 |
| 3 | | -3.7 | 0 | 3.7 | 7 | | -3.4 | -4.0 | 0.6 |
| 4 | | -0.7 | 0 | 0.7 | 8 | | -2.5 | 0 | 2.5 |

*Bảng 5: Độ lệch số hiệu chỉnh khi 2 trị đo chứa sai số thô*

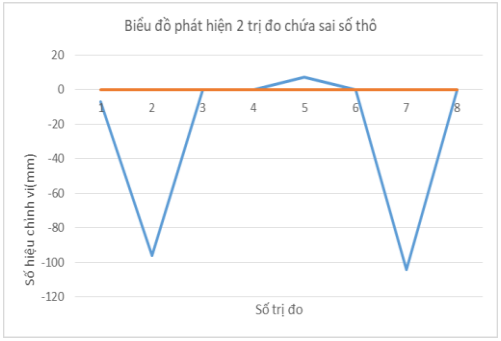
| N0 | Gán sai số thô | Dãy trị đo không chứa sai số thô | Dãy trị đo chứa sai số thô | | N0 | Gán sai số thô | Dãy trị đo không chứa sai số thô | Dãy trị đo chứa sai số thô | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $h_i$(mm) | $v_i$(mm) | $v_i'$ | $\Delta v_i'$ | | $h_i$(mm) | $v_i$(mm) | $v_i'$ | $\Delta v_i'$ |
| 1 | | -4 | -7 | 3 | 5 | | 4.4 | 7 | 2.6 |
| 2 | **+100mm** | ***-2.2*** | ***-96*** | ***93.8*** | 6 | | -1.9 | 0 | 1.9 |
| 3 | | -3.7 | 0 | 3.7 | 7 | **+100mm** | ***-3.4*** | ***-104*** | ***100.6*** |
| 4 | | -0.7 | 0 | 0.7 | 8 | | -2.5 | 0 | 2.5 |

Độ lệch số hiệu chỉnh $\Delta v_i' = |v_i - v_i'|$;

*2.3.2.3. Biểu đồ phát hiện sai số thô bằng phương pháp hàm Huber thực nghiệm*




*Hình 2. Một trị đo h2 chứa sai số thô*




*Hình 3. Hai trị đo h2 và h7 chứa sai số thô*

*2.3.2.3. Nhận xét*

***a. Phương pháp L1***

+ Từ kết quả tính toán cho thấy khi gán 1 trị đo $h_7$ chứa sai số thô (T) T=100mm, ước lượng vững và tính lặp thay thế 13 lần thì hội tụ và số hiệu chỉnh trị đo h7 là -92mm.

+ Từ kết quả tính toán cho thấy khi gán sai số thô (T) T=100mm cho 2 trị đo h2 và h7, ước lượng vững và tính lặp thay thế 16 lần thì hội tụ và số hiệu chỉnh tương ứng h2 và h7 là -88mm và -93mm.

***b. Phương pháp hàm Huber thực nghiệm***

+ Từ kết quả tính toán và biểu đồ cho thấy khi gán 1 trị đo $h_7$ chứa sai số thô (T) T=100mm, ước lượng vững và tính lặp thay thế 7 lần thì hội tụ và số hiệu chỉnh trị đo h7 là -100mm.

+ Từ kết quả tính toán và biểu đồ cho thấy khi gán sai số thô (T) T=100mm cho 2 trị đo h2 và h7, ước lượng vững và tính lặp thay thế 7 lần thì hội tụ và số hiệu chỉnh tương ứng h2 và h7 là -96mm và -104mm.

**3. Kết luận**

- Phương pháp Robust sử dụng hàm Huber thực nghiệm có độ hội tụ nhanh hơn phương pháp L1.

- Phương pháp Robust sử dụng hàm Huber thực nghiệm xác định được chính xác trị đo chứa sai số thô và độ lớn của sai số thô tìm được xấp xỉ bằng độ lớn sai số thô gán cho mô hình.

**Tài liệu tham khảo**

1. GS.TSKH. Hoàng Ngọc Hà, 2006. Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS, nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
2. TS. Lưu Anh Tuấn, 2020, luận án Tiến sĩ "Nghiên cứu phương pháp thiết kế tối ưu và bình sai hỗn hợp lưới tự do mặt đất – GPS ứng dụng trong điều kiện Việt Nam". Đại học Mỏ - Địa chất.
3. Huber, P. J., 1981. Robust Statistics, John Wiley & Sons, New York.
4. Wang X., Tao B., Qiu W., Yao Y., 2006. Advanced surveying adjustment. Publishing house of association geodetic, Beijing. China.
5. Liu Jingnan, Yao Yibin, Shi Chuang. Theoretical research of the least robustness square based on the equal variance – covariance method. Journal of Geodetic Science, 1-6, 2002(3).
6. Yang Yuanxi, Song Lijie, Xu Tianhe. Method resistance error in High Geodetic. Journal of scientific association geodetic, (2002).

## ABSTRACT

### APPLICATION OF ROBUST METHOD IN ADJUSTMENT AND ANALYSIS ELEVATION NETWORK FOR MODERNIZATION OF ELEVATION NETWORK IN VIETNAM

**Luu Anh Tuan*, Hoang Ngoc Ha**

* *Corresponding author: luuanhtuan@humg.edu.vn*

Currently, in our country, we are in the process of implementing modernization of the elevation network. The tasks to be done include defining the national "0" landmark, completing the construction of the elevation network; Additional measurement and data processing. In the report, an algorithm is proposed on the basis of application of Robust method (robust estimation) to adjust and analyze the elevation network as a solution to process data in this condition. Effects of rough or systematic errors. Experimental calculation with specific examples with elevation network. The research results are intended to provide more tools for processing elevation network data of Nation.

*Keywords:* Robust estimation, elevation network, network adjustment, least square estimation, outliers.

SERVICE FOR YOUR PROJECTS

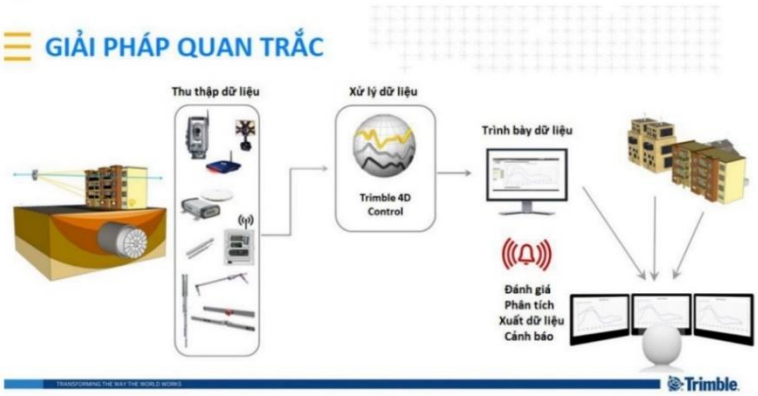
**CÔNG TY CỔ PHẦN DỊCH VỤ THƯƠNG MẠI KHẢO SÁT HÀ ĐÔNG**
**HA DONG SERVICE TRADING SURVEY JOINT STOCK COMPANY (HDS)**
Địa chỉ: B19 - TT. Đoàn Vật Lý 79 - Khối 2 - La Khê - Hà Đông - Thành Phố Hà Nội
Điện thoại: 04.8588.1218 * Fax: 04.3351.5260 - Website: http://hdsurvey.vn

Công ty Cổ phần Dịch vụ Thương mại Khảo sát Hà Đông (**HDS**) thành lập năm 2009.
Hiện tại **HDS** đang là đại diện bán hàng tại Việt Nam của các hãng sau:
- Trimble Navigation Ltd. USA: Thiết bị khảo sát GeoSpatial - Land Survey, Marine Survey
- Wingtra: Thiết bị tàu bay không người lái Wingtra Gen II
- Fugro - Holand: Sóng cải chính tín hiệu GNSS toàn cầu

Công ty **HDS** hoạt động trong một số lĩnh vực chính sau đây:
- Tư vấn, cung cấp giải pháp và thiết bị phục vụ ngành đo đạc khảo sát.
- Đo vẽ địa chính, địa hình, đo đạc thủy văn các loại tỷ lệ.
- Quét và xây dựng mô hình 3D sử dụng máy Laser Scan Trimble SX10, Trimble X7

**CÔNG NGHỆ - THIẾT BỊ TIÊU BIỂU**


*Quét 3D Scan Trimble SX10*




**Thiết bị khảo sát Land Survey**


*Định vị GNSS Trimble R9s*


*Định vị GNSS Trimble R8s*


*Toàn đạc điện tử Trimble C3&C5*

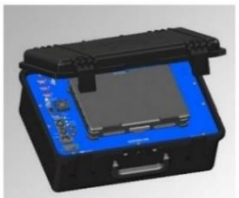

*Thủy chuẩn điện tử Trimble DiNi*

**Thiết bị thủy đạc Marine Survey**


*Trimble SPS 361*


*Trimble SPS 585*


*Trimble SPS 855*


*Đo sâu hồi âm Odom*

http://hdsurvey.vn

# TRUNG TÂM NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ MỚI TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ



**Giám đốc**
**NGUT.PGS.TS**
**Trần Khánh**

- Thành lập theo quyết định số 206/QĐ.TCCB ngày 25 tháng 9 năm 1995 của trường Đại học Mỏ - Địa chất. Giấy chứng nhận đăng ký hoạt động khoa học và công nghệ số: 63/ĐK-KHCNMT ngày 31/12/1995, cấp lại 21/11/2014 của Sở Khoa học công nghệ và môi trường thành phố Hà Nội

- Địa chỉ: Tầng 1 Nhà A, Trường Đại học Mỏ - Địa Chất, số 18 Phố Viên, Phường Đức Thắng, Quận Bắc Từ Liêm, Thành phố Hà Nội;
- Điện thoại: 0912323688/ 0243.8355.402/ 0243.7523.819
- E-mail: ttncudcnmtdbd@gmail.com

Trung tâm Nghiên cứu ứng dụng công nghệ mới Trắc địa Bản đồ được thành lập theo quyết định số 206/QĐ.TCCB ngày 25 tháng 9 năm 1995 của trường Đại học Mỏ - Địa chất. Giấy chứng nhận đăng ký hoạt động khoa học và công nghệ số: 63/ĐK-KHCNMT ngày 31/12/1995, cấp lại 21/11/2014 của Sở Khoa học công nghệ và môi trường thành phố Hà Nội.

Chức năng, nhiệm vụ hoạt động chính của trung tâm:

Nghiên cứu thực nghiệm, triển khai áp dụng các công nghệ mới, các kỹ thuật mới, các phương pháp mới và biện pháp tổ chức mới về về Trắc địa, Bản đồ, Địa kỹ thuật. Triển khai kết quả nghiên cứu ứng dụng công nghệ mới vào sản xuất, tạo nên các sản phẩm mới với trình độ công nghệ cao tham gia, phối hợp, thành lập các quy trình, quy phạm, các chỉ tiêu kỹ thuật Trắc địa, Bản đồ trên cơ sở ứng dụng công nghệ mới. Thực hiện các dịch vụ khoa học công nghệ, thông tin, tư vấn nghiệp vụ Trắc địa, Bản đồ, Địa kỹ thuật. Tham gia, phối hợp tổ chức đào tạo, bồi dưỡng cán bộ có trình độ Đại học và trên Đại học, nâng cao trình độ chuyên môn, nghiệp vụ. Hợp tác quốc tê về đào tạo khoa học công nghệ thuộc lĩnh vực Trắc địa, Bản đồ, Địa kỹ thuật.

Giấy phép hoạt động đo đạc và bản đồ số 00580 do Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam - Bộ Tài Nguyên & Môi trường cấp ngày 8/10/2020.

Để thực hiện các công tác chuyên môn Trung tâm có các loại máy móc, thiết bị hiện đại: Máy toàn đạc điện tử, máy đo dài, máy đo sâu, máy dò công trình ngầm, máy chiếu đứng Laser, máy đo GPS một và hai tần, các thiết bị phần cứng và phần mềm xử lý nội nghiệp

Cán bộ trong biên chế kiêm nhiệm, hợp đồng dài hạn của Trung tâm là 40 người trong đó có: 6 PGS, 8 TS, 10 ThS, 16 KS. Ngoài ra, trung tâm còn hợp tác hoạt động khoa học công nghệ với hàng chục cộng tác viên là các nhà khoa học có uy tín ở trong và ngoài trường Đại học Mỏ - Địa chất.







# TRUNG TÂM HỖ TRỢ PHÁT TRIỂN KHOA HỌC KỸ THUẬT

- Thành lập theo Quyết định số 190/TCCB ngày 21/01/1991 và chuyển đổi theo Quyết định số 1893/QĐ-BGDĐT ngày 30/5/2014 của Bộ Giáo dục và Đào tạo.
- Đăng ký hoạt động Khoa học và Công nghệ số A-944. Giấy phép Hoạt động Đo đạc và Bản đồ số 929.
- Địa chỉ: Tầng 1- nhà A Trường Đại học Mỏ - Địa chất, số 18 phố Viên, Phường Đức Thắng - Quận Bắc Từ Liêm – Thành phố Hà Nội.
- Website: http://htptkhkt.humg.edu.vn/
- Điện thoại: 0242.2183.046 / 0165.4806.361
- E-mail: tthotro.mdc@gmail.com



**Giám đốc**
**NGƯT.PGS.TS**
**Nguyễn Trường Xuân**

## LĨNH VỰC HOẠT ĐỘNG KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

Nghiên cứu và sản xuất thử nghiệm các sản phẩm mới theo công nghệ mới trong lĩnh vực Mỏ, Địa chất, Dầu khí và Trắc địa; Nghiên cứu thiết kế, áp dụng các biện pháp thi công tiên tiến và thẩm định nước dân dụng và công nghiệp; áp dụng công nghệ tiên tiến trong khai thác mỏ và dầu khí.

Tư vấn, đào tạo trong lĩnh vực Mỏ, Địa chất, Dầu khí, Trắc địa, Bản đồ, Viễn thám, Hệ thông tin địa lý, Công nghệ Thông tin và Môi trường; Tư vấn lập các dự án đầu tư trong lĩnh vực Mỏ, Địa chất, Dầu khí, Trắc địa, Bản đồ, Viễn thám, Hệ thông tin địa lý, Công nghệ Thông tin và Môi trường, khảo sát đánh giá tác động môi trường và các công trình hạ tầng; Tư vấn phát triển hợp tác đầu tư trong lĩnh vực thăm dò, khai thác khoáng sản, đánh giá trữ lượng, chất lượng tài nguyên và đo đạc các loại bản đồ; Lập trình phần mềm ứng dụng trong các lĩnh vực liên quan; Chế tạo gia công cơ khí; Khoan thăm dò, khảo sát địa chất, địa chất công trình và địa kỹ thuật; Kiểm định và sửa chữa thiết bị đo đạc và thực hiện các dịch vụ khoa học và công nghệ khác trong lĩnh vực dầu khí và công nghệ tin.

Khảo sát, lập dự án, thiết kế kỹ thuật - Dự toán công trình đo đạc và bản đồ; Kiểm tra chất lượng công trình, sản phẩm đo đạc và bản đồ; Xây dựng điểm tọa độ, độ cao; Đo vẽ, thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:200, 1:500, 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000 và 1:10.000; Đo vẽ, thành lập bản đồ địa chính các tỷ lệ; Thành lập bản đồ hành chính cấp huyện; Đo vẽ, thành lập bản đồ địa giới hành chính các cấp; Xây dựng cơ sở dữ liệu đo đạc và bản đồ; Xây dựng cơ sở dữ liệu địa lý; Thành lập bản đồ chuyên đề; Khảo sát, đo đạc công trình.



# ĐOÀN KHẢO SÁT CÔNG TRÌNH ĐIỆN

## (Công ty cổ phần tư vấn xây dựng điện 1)

- Địa chỉ liên hệ: Km9+200 Đường Nguyễn Trãi, Phường Thanh Xuân Nam, Quận Thanh Xuân, TP. Hà Nội
- Điện thoại: 0963 318 316 - Fax: 02438541208
- E-mail: khoadkstv1@gmail.com
- **Đoàn trưởng: ThS Trần Đăng Khoa**

## NĂNG LỰC TRANG THIẾT BỊ

| Loại thiết bị | Loại thiết bị |
|---|---|
| ***Đo vẽ địa hình, quan trắc*** | ***Khảo sát địa chất, địa vật lý*** |
| Máy thủy bình điện tử NA2 | Máy khoan Long year 38 |
| Gương phản xạ | Máy khoan mẫu thí nghiệm |
| Máy thủy chuẩn Ni004 | Máy khoan địa chất UKB XY-50 |
| Mia Invar | Máy khoan đá thủy lực |
| Máy định vị vệ tinh Trimble R3; R8s | Máy khoan CKB-4; NL-26, GX, XI, XJ |
| Lidar sensor for UAVs | Máy khoan xuyên tĩnh CPTU; CPU |
| UAV: Inspire 2; Phantom 4RTK | Hệ thống camera lỗ khoan |
| Máy toàn đạc điện tử (NIKON LEICA); TOPCON-ES55 | Máy đo sóng địa chấn STRATAVISOR-NZ24 |
| | Máy thu địa chấn hố khoan Geostuff |
| | Máy KAPOTA WELLMAKLI; máy thăm dò điện |



Máy khoan địa chất UKB-50



Flycam DJI Inspire 2



Khảo sát bồi lắng NMNĐ Duyên Hải bằng máy định vị vệ tinh Trimble R8s

**NHÀ XUẤT BẢN TÀI NGUYÊN - MÔI TRƯỜNG
VÀ BẢN ĐỒ VIỆT NAM**

85 Nguyễn Chí Thanh, Đống Đa, Hà Nội
Điện thoại: **024.38344108**; **024.38343646**
Fax: **024.38344610**; Email: **Info@bando.com.vn**;
Website: http://bando.com.vn/

# HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC
# CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN
# TRONG KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ MÔI TRƯỜNG

***Chịu trách nhiệm xuất bản***

**Tổng giám đốc, Tổng biên tập**
**THS. KIM QUANG MINH**

**Phó Tổng biên tập**

**NGUYỄN VĂN CHÍNH**

***Biên tập viên***

**Đào Thị Hậu**
**Lê Anh Sơn**

***Thiết kế và trình bày bìa***

**TS. Nguyễn Quốc Long**

**ISBN: 978-604-952-674-9**

In 500 cuốn, khổ 21×29,7 cm, tại Công ty TNHH in Vietcolor.
Địa chỉ: số 2/32A, ngõ 209 phố Đội Cấn, phường Ngọc Hà, quận Ba Đình, Thành phố Hà Nội.
ĐKKH xuất bản số: 3529-2021/CXBIPH/02-737/BaĐ
Quyết định xuất bản số: 39/QĐ-TMBVN, cấp ngày 12 tháng 10 năm 2021.
In xong và nộp lưu chiểu quý IV năm 2021.

Hội nghị khoa học toàn quốc về Công nghệ Địa không gian trong Khoa học Trái đất và Môi trường (National Conference on Geospatial Technology in the Earth science and Environment - NCGEE 2021) được tổ chức với sự phối hợp hiệu quả của các đơn vị Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Trường Đại học Khoa học (Đại học Huế), Cục Bản đồ (Bộ Tổng tham mưu) và sự tham gia của một số đơn vị khác.

Hội nghị được tổ chức thành 3 tiểu ban gồm: (1) Xử lý dữ liệu số trong quan trắc công trình, trái đất và môi trường; (2) Công nghệ mới trong viễn thám và địa tin học; (3) Quản lý địa không gian thông minh. Các tiểu ban trên cơ sở chủ đề cụ thể như:

1. Tự động hóa Trắc địa và Xử lý số liệu
2. Định vị - dẫn đường và hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu
3. Khung quy chiếu và địa động lực học
4. Công nghệ mới trong đo đạc, xử lý số liệu và quan trắc công trình
5. Trắc địa mỏ hầm lò & lộ thiên
6. Quan trắc và đánh giá tácđộng môi trường
7. Hệ thống thông tin địa lý
8. Bản đồ đa phương tiện trong giáo dục, dịch vụ và công nghiệp
9. Công nghệ quét laser hàng không và mặt đất
10. Công nghệ viễn thám trong giám sát tai biến thiên nhiên và môi trường
11. Công nghệ máy bay không người lái trong ứng dụng đời sống số 4.0
12. Ứng dụng IoT (Internet vạn vật) và AI (Trí tuệ nhân tạo) trong Địa tin học
13. Công nghệ trong quản lý và sử dụng tài nguyên đất bền vững
14. Đô thị thông minh và quản lý đô thị
15. Các lĩnh khác của đời sống số 4.0

Hội nghị đã nhận được hơn 100 bài báo khoa học, trong đó 55 bài được lựa chọn đăng trong tuyển tập này. Ban tổ chức tin rằng Tuyển tập các công trình của Hội nghị khoa học toàn quốc về Công nghệ Địa không gian trong Khoa học Trái đất và Môi trường sẽ là một ấn phẩm khoa học có chất lượng, cập nhật tổng thể những tiến bộ gần đây trong lĩnh vực địa không gian.



ISBN 9 786049 526749