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

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.

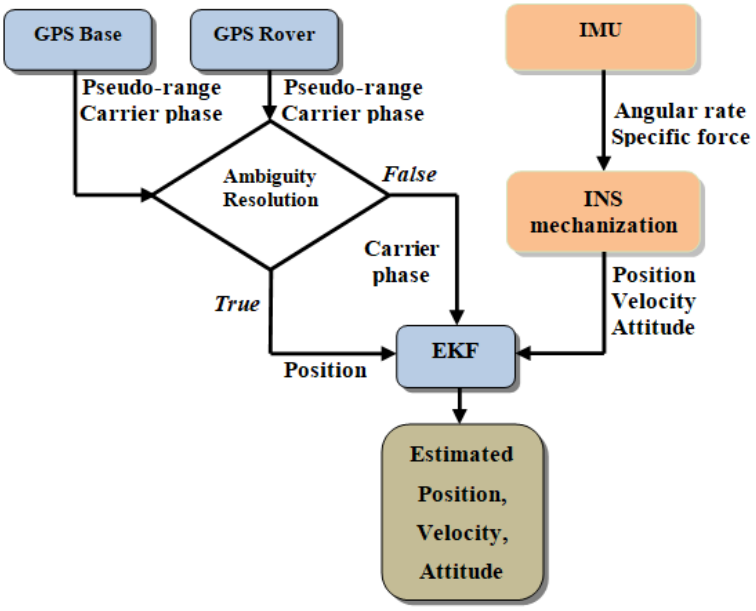


Fig. 1 The integration scheme.

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:

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

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:

$$\dot{x} = Fx + Gu \tag{2}$$

Where

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

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

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

Where $H_r = H_v = I_{3\times3}$ are mapping matrices, δr^e is the position error vector, δv^e is the velocity vector expressed in the ECEF (or e-frame), and ε_r and ε_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:

$$z_k = H_k x_k + \varepsilon_k \tag{5}$$

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.

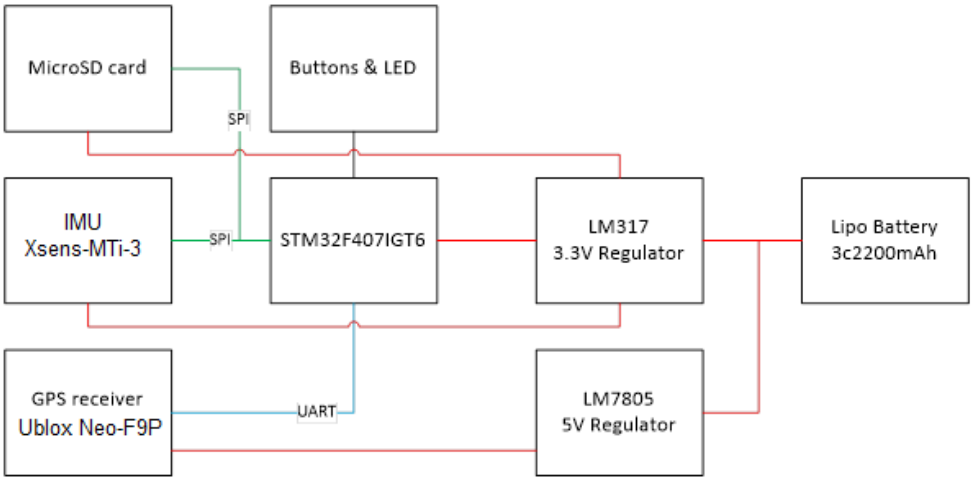


Figure 2: Diagram of the system design.



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.

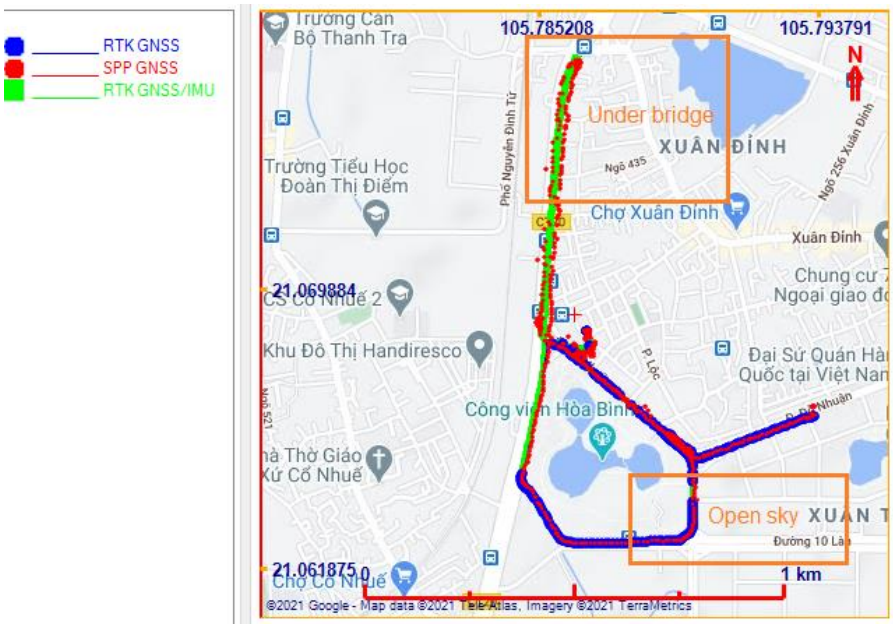


Figure 5: Testing trajectory.

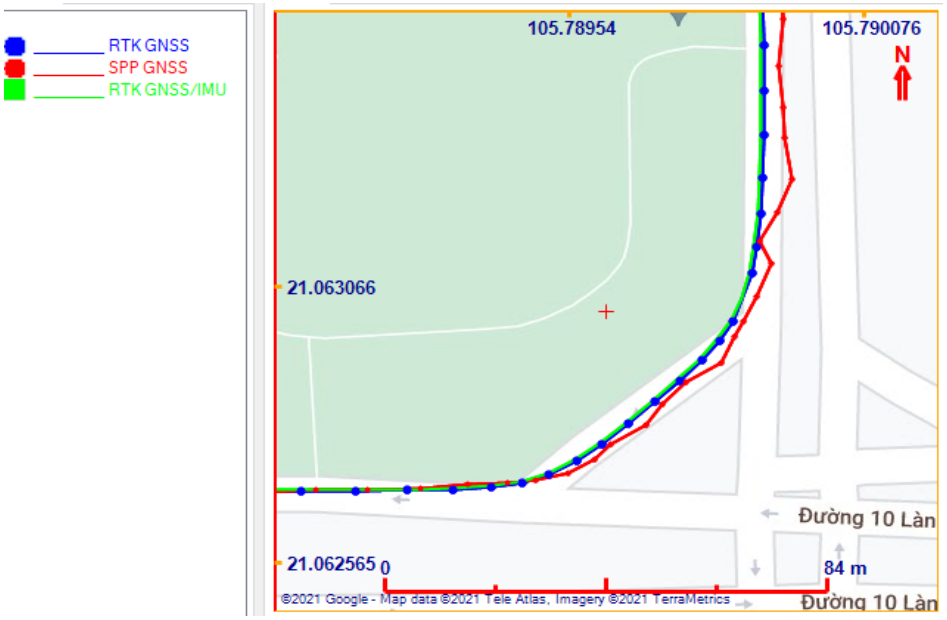


Figure 6 Enlargement of scenario open sky view area

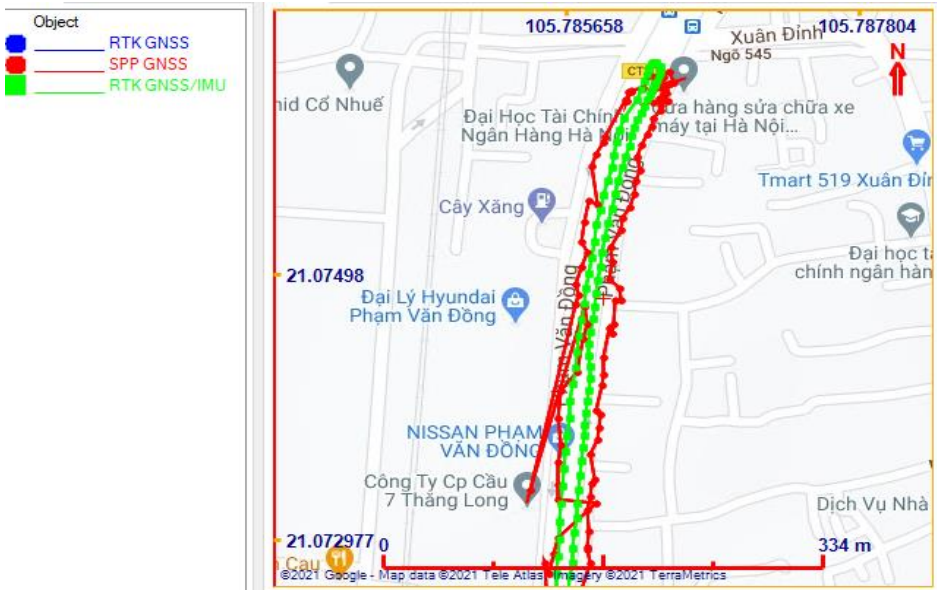


Figure 7: Enlargement of under bridge area

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.