TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

KHOA TRẮC ĐỊA BẢN ĐỒ VÀ QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI

BỘ MÔN TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH

ENGINEERING SURVEYING
FOR SUSTAINABLE
DEVERLOPMENT - ESSD2023

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC
TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG
(ESSD 2023)

ENGINEERING SURVEYING FOR SUBTAINABLE DEVELOPMENT - ESSD 2023

HÀ NỘI - 2023

BAN TỔ CHỨC

1. GS.TS. Trần Thanh Hải, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Trưởng ban*
2. PGS.TS. Nguyễn Việt Hà, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
3. PGS.TS. Lê Đức Tình, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
4. TS. Dương Thành Trung, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Uỷ viên*
5. PGS.TS. Bùi Ngọc Quý, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Uỷ viên*
6. PGS.TS. Đỗ Ngọc Anh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Uỷ viên*
7. PGS.TS. Nguyễn Viết Nghĩa, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Uỷ viên*
8. TS. Diêm Công Huy, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng IBST - *Uỷ viên*
9. TS. Nguyễn Phi Sơn, Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ - *Uỷ viên*
10. GS.TS. Võ Chí Mỹ, Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam - *Uỷ viên*
11. TS. Dương Văn Hải, Cục phó Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam - *Ủy viên*

BAN KHOA HỌC

1. GS.TS. Bùi Xuân Nam, Phó Hiệu trưởng Trường Đại học Mỏ - Địa chất (HUMG) - *Trưởng ban*
2. PGS.TS. Nguyễn Việt Hà, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
3. TS. Phạm Quốc Khánh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
4. TS. Trần Đình Trọng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội - *Uỷ viên*
5. TS. Trần Quang Học, Trường Đại học Giao thông vận tải - *Uỷ viên*
6. TS. Lã Phú Hiến, Trường Đại học Thủy lợi - *Uỷ viên*
7. TS. Lê Thị Minh Phương, Trường Đại học Kiến trúc - *Uỷ viên*
8. TS. Vũ Danh Tuyên, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội - *Uỷ viên*
9. TS. Trần Ngọc Đông, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng IBST - *Uỷ viên*
10. TS. Vũ Duy Tân, Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ - *Uỷ viên*
11. GS.TSKH. Hoàng Ngọc Hà, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Uỷ viên*
12. PGS.TS. Trần Khánh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Uỷ viên*
13. PGS.TS. Nguyễn Quang Minh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Uỷ viên*
14. TS. Trần Trung Anh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Uỷ viên*
15. TS. Nguyễn Quốc Long, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Uỷ viên*
16. TS. Nguyễn Gia Trọng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Uỷ viên*
17. TS. Trần Thùy Dương, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Uỷ viên*
18. TS. Nguyễn Đại Đồng, Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam - *Uỷ viên*

BAN THƯ KÝ

1. TS. Phạm Trung Dũng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Trưởng ban*
2. TS. Nguyễn Thị Kim Thanh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
3. TS. Vũ Thái Hà, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội - *Uỷ viên*
4. TS. Lê Văn Hiến, Trường Đại học Giao thông vận tải - *Uỷ viên*

BAN BIÊN TẬP

1. TS. Nguyễn Hà, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Trưởng ban*
2. ThS. Trần Thùy Linh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Phó Trưởng ban*
3. ThS. Tạ Thị Thu Hường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Uỷ viên*
4. ThS. Nguyễn Thị Mến, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Uỷ viên*
5. ThS. Nguyễn Thị Mỹ Hạnh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất - *Uỷ viên*

LỜI NÓI ĐẦU

"***Hội nghị toàn quốc Trắc địa công trình vì sự phát triển bền vững***" (ESDD 2023) được tổ chức tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất, thành phố Hà Nội trong ngày 21 tháng 9 năm 2023. Hội nghị do Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Viện Công nghệ Xây dựng IBST, Viện Đo đạc Bản đồ Việt Nam, Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam, và Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam đồng tổ chức.

Ban Tổ chức Hội nghị đã nhận được hơn 40 bài báo của các nhà khoa học trong cả nước gửi đến Hội nghị. Các bài báo khoa học đăng trong tuyển tập này trình bày những kết quả nghiên cứu về các lĩnh vực: Tự động hóa Trắc địa và Xử lý số liệu; Định vị - dẫn đường và hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu; Công nghệ mới trong đo đạc, xử lý số liệu và quan trắc công trình; Công nghệ quét laser hàng không và mặt đất, Công nghệ máy bay không người lái trong ứng dụng đời sống số 4.0; Ứng dụng nền tảng công nghệ 4.0 trong Trắc địa công trình; Kiểm định chất lượng công trình; Công nghệ Địa không gian trong quản lý bất động sản đã được Ban Khoa học của Hội nghị thẩm định, biên tập.

Chúng tôi hy vọng rằng, Hội nghị không chỉ là diễn đàn để các nhà khoa học chia sẻ, thảo luận những kết quả nghiên cứu mới về các lĩnh vực khoa học liên quan mà còn là dịp để các tổ chức, cá nhân gặp gỡ, ký kết hợp tác nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động khoa học và công nghệ trong các lĩnh vực chuyên môn.

Trong quá trình chuẩn bị tổ chức Hội nghị, Ban Tổ chức đã nhận được sự hỗ trợ cả về tinh thần và vật chất của các tổ chức và cá nhân. Ban Tổ chức Hội nghị xin gửi tới các tổ chức, cá nhân lời cảm ơn sâu sắc về sự ủng hộ, giúp đỡ quý báu đó.

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 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.

Xin chân thành cảm ơn Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ đã giúp đỡ xuất bản tuyển tập này.

Thay mặt Ban tổ chức

Trưởng Bộ môn Trắc địa công trình
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

PGS.TS. Nguyễn Việt Hà

MỤC LỤC

Đánh giá thuật toán BeamForming và MUSIC trong ước lượng vận tốc xuyên tâm của dòng chảy bề mặt biển trích xuất từ dữ liệu radar mảng tần số cao 1

Đào Duy Toàn, Hwa Chien, Cheng-Da Lee, Trần Đình Trọng, Hà Thị Hằng, Nguyễn Đình Huy, Khúc Thành Đông

Nghiên cứu ứng dụng công nghệ Georadar để thành lập bản đồ công trình ngầm tỷ lệ 1:500 tại khu vực Hà Nội 12

Diêm Công Huy

Nghiên cứu mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng bằng công nghệ Địa không gian, thử nghiệm cho khu vực phía Tây tỉnh Nghệ An 19

Đoàn Thị Nam Phương, Nguyễn Văn Trung, Trần Xuân Trường, Lê Thị Thu Hà, Nguyễn Tiến Hơn, Đỗ Ngọc Sang

Thử nghiệm quan trắc tự động các cột thu phát sóng bằng công nghệ GNSS RTK 30

Dương Thành Trung, Lại Đức Trường, Nguyễn Đỗ Quang Duy, Diêm Công Trang

Nghiên cứu đánh giá sự tương quan số liệu đo mặn giữa các trạm quan trắc bằng phương pháp hệ số tương quan r 41

Bùi Duy Quỳnh, Hà Thị Hằng, Lưu Thị Diệu Chinh, Trần Xuân Trường

Nghiên cứu ứng dụng GIS trong quản lý thông tin quy hoạch xây dựng đô thị tại xã Hải Tiến, thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh 51

Hà Thị Hằng, Đào Duy Toàn, Hà Trung Khiên

Nghiên cứu bình sai và phân tích chuyển dịch ngang công trình xây dựng ứng dụng công nghệ GNSS 59

Hoàng Ngọc Hà

Xây dựng mô hình nhạy cảm nguy cơ trượt lở đất bằng hàm niềm tin bằng chứng (EBF) tại khu vực huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái 65

Khúc Thành Đông, Hà Thị Hằng, Trần Vân Anh, Bùi Đức Phong, Trương Xuân Quang, Nguyễn Chí Công, Trần Thị Hồng Minh, Trương Mạnh Đạt

Nghiên cứu khảo sát độ chính xác ứng dụng trạm tham chiếu hoạt động liên tục (CORS) trong xây dựng công trình giao thông 76

Lê Minh Ngọc, Lê Văn Hiến, Trần Đức Công

Nghiên cứu xây dựng và quản lý dữ liệu địa không gian công trình xây dựng 86

Lương Ngọc Dũng, Vũ Đình Chiều, Dương Công Hiểu

Ứng dụng thuật toán truy hồi để thiết kế tối ưu lưới thi công theo độ chính xác 96

Nguyễn Hà, Lê Anh Cường

Xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển từ số liệu đo cao vệ tinh SENTINEL-3A bằng phương pháp Collocation 102

Nguyễn Văn Sáng, Đỗ Văn Mong

Nghiên cứu khả năng sử dụng Lidar phân khúc thấp AA450 trong khảo sát công trình giao thông hiện hữu 110

Nguyễn Việt Hà, Vũ Ngọc Quang, Đồng Văn Huyên

Ứng dụng đồng bộ công nghệ UAV, xử lý ảnh trong kiểm soát chất lượng và an toàn nổ mìn tại mỏ đá vôi Hồng Sơn, tỉnh Hà Nam 120

Phạm Văn Việt, Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Hòa, Trần Đình Bão, Lê Thị Thu Hoa

Nghiên cứu kết hợp công nghệ GNSS và 3D Laser Scan quan trắc chuyển vị đê chắn sóng 130

Trần Ngọc Đông, Nguyễn Văn Nghĩa, Nguyễn Văn Hùng

Nghiên cứu hoàn thiện phương pháp phân tích độ ổn định lưới độ cao cơ sở trong quan trắc lún công trình 141

Trần Thùy Linh

Xây dựng lưới tam giác thủy công trên cơ sở kết hợp tính chuyển tọa độ công trình và bình sai tự do 147

Trần Trung Anh, Nguyễn Quang Hà

Quy trình khảo sát địa hình mỏ lộ thiên bằng công nghệ UAV phục vụ đánh giá ổn định bờ mỏ: Thực nghiệm tại cụm mỏ đá thuộc Công ty cổ phần xi măng VICEM Hà Tiên 155

Trần Trung Anh, Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Quốc Khánh, Phạm Văn Việt

Giải pháp Lidar di động cho khảo sát bề mặt đường: Nghiên cứu với Lidar tích hợp Au20 vận hành trên xe ô tô 166

Vũ Ngọc Quang, Nguyễn Việt Hà, Phạm Thị Thanh Hòa

Ứng dụng GIS trong công tác giải phóng mặt bằng dự án tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái 176

Vũ Thái Hà, Phạm Chinh Thảo, Khúc Thành Đông

Trắc địa công trình trong cách mạng số và cơ sở dữ liệu thông tin xây dựng 185

Vũ Văn Thặng, Vũ Thái Hà

Nghiên cứu xây dựng mô hình dự báo biến động bề mặt không thấm khu vực Thành phố Hồ Chí Minh từ dữ liệu viễn thám và GIS 193

Phạm Văn Tùng, Nguyễn Văn Trung, Vũ Xuân Cường, Lê Văn Phú

Đánh giá độ chính xác xử lý số liệu trạm CORS Việt Nam theo phương pháp PPP online sử dụng dịch vụ CSRS-PPP 203

Nguyễn Đình Huy, Trần Đình Trọng, Lương Ngọc Dũng

Ứng dụng GNSS - RTK trong quan trắc chuyển dịch cầu dây văng ở Việt Nam và một số vấn đề trong xử lý số liệu quan trắc 213

Nguyễn Thùy Linh, Lê Văn Hiến, Lê Minh Ngọc, Cù Văn Lĩnh

Thực trạng và giải pháp hoàn thiện pháp luật về giá đất, cơ chế vận hành, khai thác cơ sở dữ liệu giá đất 223

Nguyễn Thị Dung, Nguyễn Thế Công, Trần Xuân Miễn

Kinh doanh bất động sản và phương pháp đánh giá hiệu quả đầu tư dự án 233

Phạm Thị Kim Thoa, Trần Xuân Miễn, Nguyễn Thế Công, Nguyễn Thị Kim Yến, Trần Thị Bích Hạnh

Nghiên cứu thiết kế xây dựng hệ thống quan trắc liên tục công trình cầu lớn dựa trên công nghệ GNSS/CORS 243

Phạm Công Khải

Nghiên cứu xây dựng một số module chương trình xử lý số liệu trong khảo sát địa hình dưới nước 254

Lê Đức Tình, Tạ Thị Thu Hường, Nguyễn Thị Kim Thanh, Hoàng Ngọc Thê

Ứng dụng máy quét lazer mặt đất đánh giá độ phẳng bề mặt công trình 269

Phạm Trung Dũng, Nguyễn Như Tuấn Anh

Khảo sát sự sụt lún tuyến đê, kè biển Cửa Đại bằng phương pháp trắc địa và công nghệ Georadar 279

Lê Văn Hùng, Vũ Duy Tân

ENGINEERING SURVEYING FOR SUSTAINABLE DEVERLOPMENT - ESSD2023

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ESSD 2023)

Đánh giá thuật toán BeamForming và MUSIC trong ước lượng vận tốc xuyên tâm của dòng chảy bề mặt biển trích xuất từ dữ liệu radar mảng tần số cao

Đào Duy Toàn[1, *], Hwa Chien[2], Cheng-Da Lee[3], Trần Đình Trọng[1], Hà Thị Hằng[1], Nguyễn Đình Huy[1], Khúc Thành Đông[1]

[1]*Bộ môn Trắc địa, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, Việt Nam*

[2] *Viện Khoa học Thủy văn và Đại dương, Đại học Quốc gia, Đài Loan (ROC)*

[3] *Viện Công nghệ Cảng biển và Hàng hải, Viện Giao thông vận tải, Bộ Giao thông vận tải, Đài Loan (ROC)*

TÓM TẮT

Nghiên cứu này sử dụng thuật toán BeamForming (BF) và MUtiple SIgnal Classification (MUSIC) để xác định vận tốc xuyên tâm của dòng chảy bề mặt biển từ phổ Doppler - khoảng cách thu nhận bởi hệ thống radar mảng tần số cao. Kết quả ước tính sẽ được so sánh với quan sát đo tại chỗ để đánh giá hiệu suất của các thuật toán. Kết quả so sánh cho thấy thuật toán BF cung cấp dữ liệu vận tốc xuyên tâm ổn định nhưng độ phân giải góc định hướng thấp, trong khi thuật toán MUSIC cung cấp dữ liệu có độ phân giải góc định hướng cao hơn, không gian bao phủ rộng hơn, nhưng tỷ lệ có sẵn của dữ liệu ở mức trung bình. So sánh chuỗi thời gian và biểu đồ phân tán cho thấy kết quả ước tính từ cả thuật toán BF và MUSIC phù hợp với dữ liệu đo tại chỗ với hệ số tương quan, R = 0,795 và sai số trung phương rmse < 7 cm/s. Kết quả nghiên cứu chỉ ra thuật toán MUSIC cung cấp kết quả ước tính vận tốc xuyên tâm có hiệu suất tương đương với thuật toán BF, chứng minh thuật toán MUSIC có thể áp dụng để thu thập dữ liệu vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề mặt biển từ phổ Doppler - khoảng cách của hệ thống radar mảng tần số cao với độ phân giải không gian cao.

Từ khóa: Vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề mặt, radar mảng tần số cao, conventional BeamForming, MUltiple SIgnal Classification.

1. Đặt vấn đề

Hệ thống radar tần số cao ven bờ (high-frequency coastal radar) là công cụ chủ lực trong giám sát sự vận động lớp nước bề mặt biển khu vực ven bờ và vùng duyên hải của nhiều quốc gia trên thế giới (Roarty và nnk., 2019). Công nghệ radar tần số cao đã được ứng dụng trong thu thập dữ liệu dòng chảy bề mặt biển từ những năm 70 của thế kỷ XX (Barrick, 1971; 1972a; 1972b; Crombie, 1972). Phiên bản thương mại đầu tiên của công nghệ radar tần số cao có ăng ten thu nhận dữ liệu được chế tạo với cấu hình đơn cực chéo/vòng (cross/loop monopole), được phát triển bởi Phòng thí nghiệm Truyền sóng, Cục quản lý Khí quyển và Đại dương (NOAA), Hoa Kỳ vào những năm 1980, được biết đến với cái tên CODAR (the Coastal Ocean Dynamics Application Radar) (Rubio và nnk., 2017). Bộ phận thu nhận của hệ thống CODAR có 3 ăng ten thu, gồm 1 ăng ten đơn cực đặt thẳng đứng để thu nhận tín hiệu phổ tán xạ ngược của sóng radar và 2 ăng ten đan ngang vuông góc với nhau được dùng để xác định hướng đến của tín hiệu radar. Phổ Doppler - khoảng cách của mỗi ăng ten thu là đa hướng. Với cấu hình ăng ten của hệ thống CODAR, các phương pháp xác định hướng đến của tín hiệu, mà cụ thể là thuật toán MUSIC (MUtiple SIgnal Classification) được sử dụng để xác định hướng đến của vận tốc dòng chảy xuyên tâm từ tín hiệu phổ Doppler bậc 1 (the first-order Doppler spectra) (Barrick, 1972a; Barrick và Lipa, 1985; Kirincich, 2017; Liu và nnk., 2014). Phương pháp này cung cấp dữ liệu vận tốc xuyên tâm dòng chảy mặt với độ phân giải góc định hướng cao (1^o), nhưng độ chính xác của kết quả thu được phụ thuộc lớn vào đồ hình pha ăng ten thực tế (Barrick và Lipa, 1986), do nó dễ bị biến dạng dưới ảnh hưởng của các nguồn nhiễu khác nhau và phải được đo hiệu chỉnh lại hàng năm. Từ những năm 1990, một hệ thống ăng ten thu mảng pha tuyến tính (the linear phased-array receiving antenna system) được phát triển bởi Đại học Hamburg, Đức đã được đề xuất để thu nhận dữ liệu trường sóng và gió trên bề mặt biển từ tín hiệu phổ Doppler thứ cấp (the second-order Doppler spectra), được biết đến với cái tên WERA (Wellen Radar) (Gurgel và nnk., 1999; Helzel và nnk., 2006; Rubio và nnk., 2017). Trong hệ thống mảng pha tuyến tính, 8, 12, 16 hoặc 32

* *Tác giả liên hệ*
Email: toandd@huce.edu.vn

ăng ten đơn cực được sắp xếp theo một đường thẳng tuyến tính với khoảng cách ngang d giữ 2 ăng ten liền kề nằm trong khoảng từ 1/3 đến 1/2 chiều dài bước sóng radar phát đi (λ). Do bộ phận thu tín hiệu là các ăng ten đơn cực nên đồ hình pha thực tế rất giống với đồ hình pha lý thuyết. Các thuật toán tạo chùm tia, mà cụ thể là thuật toán BeamForming (BF) được sử dụng để trích xuất phổ Doppler - khoảng cách của tín hiệu radar tán xạ ngược ở các hướng khác nhau (Bhuiya và nnk., 2012; Gurgel và nnk., 1999). Thuật toán BeamForming cung cấp tín hiệu thành phần phổ Doppler thứ cấp mạnh mẽ hơn, kết quả ước lượng tham số trường sóng cũng đạt độ chính xác cao, nhưng độ phân giải góc định hướng không cao do giới hạn bởi số lượng phần tử ăng ten thu (Gurgel và nnk., 1999). Để tìm kiếm phương vị chính xác hơn, nghiên cứu này thử nghiệm áp dụng thuật toán MUSIC để xác định vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề mặt biển từ dữ liệu phổ tín hiệu tán xạ ngược thu thập bởi một hệ thống radar mảng tuyến tính tần số cao. Bài báo cũng trình bày khái quát quá trình xác định vận tốc dòng chảy xuyên tâm từ tín hiệu radar tán xạ ngược sử dụng thuật toán BF và MUSIC. Các kết quả sẽ được so sánh với dữ liệu đo tại chỗ và các thảo luận được đưa ra để đánh giá hiệu quả của thuật toán MUSIC.

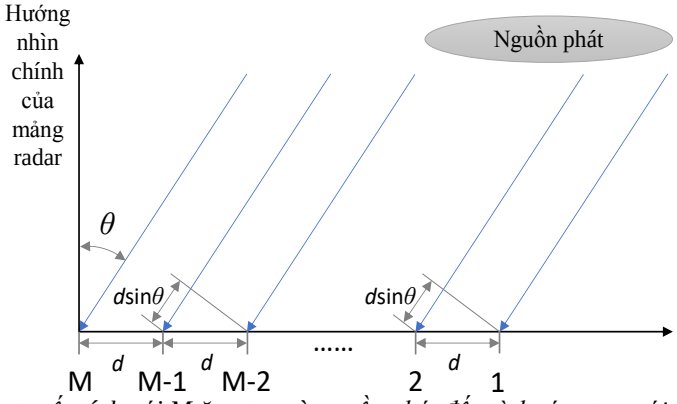
2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp nghiên cứu

2.1.1. Thuật toán BeamForming

Để xác định vận tốc xuyên tâm của dòng chảy bề mặt biển từ dữ liệu tán xạ ngược thu nhận bởi hệ thống radar mảng pha tuyến tính tần số cao, đầu tiên cần trích xuất phổ Doppler - khoảng cách (Doppler-range spectral) từ các hướng đến của tín hiệu sử dụng thuật toán BeamForming. Trong phần này, các tác giả sẽ trình bày cách xác định hướng đến của tín hiệu đối với một mảng pha tuyến tính thống nhất.

Trong một hệ thống mảng pha thu tuyến tính thống nhất, bộ phận thu gồm M phần tử ăng ten được đặt cách nhau một khoảng cách không đổi d (Hình 1). Các ăng ten thu này sẽ thu nhận tín hiệu tán xạ ngược từ nhiều hướng và tín hiệu đầu ra được sử dụng để tính toán phổ không gian theo các phương hướng khác nhau.



Hình 1. Mảng radar tuyến tính với M ăng ten và nguồn phát đến từ hướng tạo với hướng nhìn chính của mảng radar một góc θ

Giả sử, tồn tại tín hiệu tán xạ ngược xuất phát từ nguồn xác định có hướng đến hợp với hướng nhìn chính của mảng radar một góc θ_i và tín hiệu di chuyển một khoảng cách nhất định tới ăng ten gần nhất (ăng ten số 1), là $S_i(t)$. Sau đó, tín hiệu tiếp tục di chuyển lần lượt tới các phần tử khác trong mảng pha ăng ten. Giả sử rằng tất cả các tín hiệu được tạo từ tất cả các nguồn D, $S_i(t)$ ($1 \le i \le D$), tổng tín hiệu và nhiễu được thu nhận bởi ăng ten thứ M tại thời điểm t có thể được biểu diễn như sau (Bhuiya và nnk., 2012):

$$x_M(t) = S_i(t) \sum_{i=1}^{D} e^{j(M-1)\mu_i} + n_M(t), M = 1 \quad (1)$$

Phương trình (1) có thể được biểu diễn dưới dạng ma trận như sau:

$$x = \boldsymbol{A}s(t) + n(t) \quad (2)$$

trong đó: x là tín hiệu tổng, s là vector cột dữ liệu thu nhận được bởi M phần tử ăng ten, n là nhiễu của các ăng ten đó và A là ma trận lái, bao gồm vector lái của mảng ăng ten đáp ứng theo một hướng cụ thể.

Ý tưởng là điều khiển mảng pha thu theo một hướng nhất định trong một khoảng thời gian và đo công suất đầu ra. Khi hướng lái trùng với hướng đến của tín hiệu tán xạ ngược sẽ thu được công suất đầu ra tối đa, có nghĩa là phương vị của tín hiệu được xác định. Lúc này, hệ thống mảng pha tuyến tính radar tần số

cao có thể được xem như là mảng điện tử. Một vector trọng số, w, được thiết kế để kết hợp tuyến tính dữ liệu ở các ăng ten thu nhằm tạo thành một tín hiệu đầu ra duy nhất $Y(t)$:

$$Y(t) = \sum_{i=1}^{M} w_i^* x_i(t) = w^+ X(t) \quad (3)$$

Tổng công suất đầu ra trung bình của mảng pha trên K lần chụp nhanh là:

$$P(w) = \frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}|Y(t_k)|^2 = \frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} w^H X(t_k)X(t_k)^H w \quad (4)$$

hoặc:

$$P(w) = w^H R_{xx} w \quad (5)$$

trong đó: w_i là trọng số tại nguồn i, dấu "*" thể hiện cho sự phức hợp, "^{H}" thể hiện cho sự chuyển vị liên hợp của vector và R là ma trận hiệp phương sai của tín hiệu.

Giá trị của w_i có thể thay đổi tùy theo thuật toán BeamForming áp dụng khác nhau. Đối với thuật toán BF thông thường (conventional BeamForming), $A(\theta)$ với góc quét θ được lựa chọn như vector trọng số:

$$w = A(\theta) \quad (6)$$

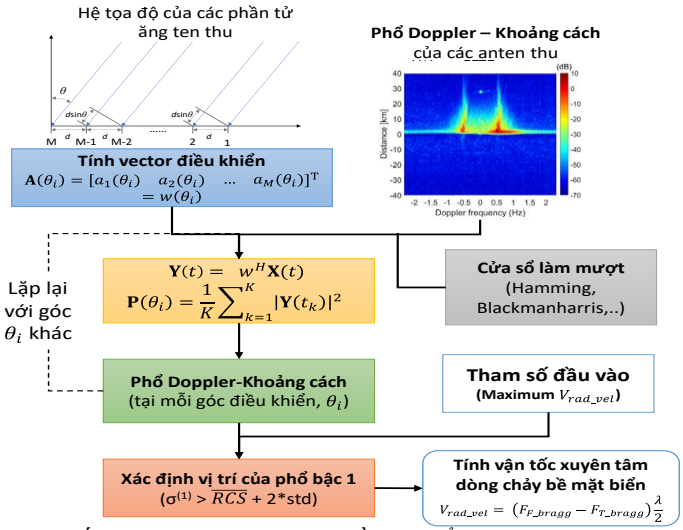
Thay (6) vào (5), công suất phổ đầu ra được xem là hàm của phương vị, xác định như sau:

$$P(\theta)_{BF} = A(\theta)R_{xx}A(\theta)^H \quad (7)$$

Hướng tạo ra công suất đầu ra đáng kể nhất là hướng ước tính của tín hiệu mong muốn (Bhuiya và nnk., 2012). Quá trình xử lý này sẽ giúp tạo ra phổ Doppler - khoảng cách ở tất cả các góc điều khiển θ (Hình 2).

Từ phổ Doppler - khoảng cách tại mỗi hướng đến θ_i, các tham số cài đặt đầu vào gồm vận tốc xuyên tâm cực đại, tần số phát của tín hiệu radar, giới hạn cận dưới của tỉ số tín hiệu trên nhiễu (signal-to-noise ratio - SNR), giới hạn của phổ Doppler bậc 1 sẽ được xác định. Dựa trên thuật toán phát hiện theo ngưỡng hoặc kỹ thuật xử lý ảnh (Kirincich, 2017), vị trí và năng lượng của thành phần phổ Doppler bậc 1 sẽ được xác định. Cuối cùng, vận tốc xuyên tâm trung bình của dòng chảy bề mặt biển tại mỗi khoảng cách và góc nhìn θ được ước lượng.

Sơ đồ tóm tắt quy trình tính toán, ước tính vận tốc xuyên tâm của dòng hải lưu bề mặt được trình bày trên Hình 2. Trong đó, quy trình xác định phổ Doppler - khoảng cách của từng ăng ten thu có tham khảo chi tiết trong tài liệu (Dao và nnk., 2019).



Hình 2. Sơ đồ ước tính vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề mặt biển từ tín hiệu tán xạ ngược của mảng radar tuyến tính tần số cao sử dụng thuật toán BeamForming

2.1.2. Thuật toán MUSIC

Năm 1986, thuật toán MUtiple SIgnal Classification (MUSIC) đã được đề xuất bởi Schmidt để xác định hướng của nguồn phát tín hiệu (Schmidt, 1986). Nó là tiền đề cho sự ra đời và phát triển của các thuật toán cấu trúc đặc trưng và trở thành một kỹ thuật tìm hướng điển hình trong hệ thống lý thuyết về ước lượng hướng của phổ không gian. Các phương pháp tính toán phổ trước đó như chuỗi Fourier, phương pháp Maximum Likelihood, phương pháp Maximum Entropy,… đều được xử lý trực tiếp cho ma trận hiệp phương sai (covariance matrix) của dữ liệu radar mảng nhận được, trong khi thuật toán MUSIC

thực hiện phân tách riêng trên ma trận hiệp phương sai của bất kỳ tín hiệu đầu ra nào để thu được không gian con tín hiệu (signal subspace) và không gian nhiễu (noise subspace) trực giao với nó. Sau đó, tính trực giao của 2 không gian con này được sử dụng để thiết lập hàm phổ không gian theo biến góc để xác định hướng đến của tín hiệu thông qua tìm kiếm đỉnh phổ. Thuật toán MUSIC khá nhạy cảm với vị trí ăng ten thu, độ lợi của ăng ten (antena gain) và nhiễu (noise). Nội dung của thuật toán MUSIC sẽ được trình bày như sau đây:

Tín hiệu X thu nhận bởi mảng radar với M phần tử là sự kết hợp tuyến tính của N nguồn phát và tiếng ồn, và X có thể được mô tả dưới dạng tổng quát như (Schmidt, 1986):

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_M \end{bmatrix} = [a(\theta_1) \quad a(\theta_2) \quad \cdots \quad a(\theta_D)] \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_D \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_M \end{bmatrix} \tag{8}$$

hoặc có thể viết là:

$$X = AF + W \tag{9}$$

trong đó: X là tín hiệu tổng hợp thu nhận bởi M phần tử ăng ten thu, F là tín hiệu đến của D là nguồn phát bao gồm cả nhiễu (W), N = M - D, là số lượng không gian nhiễu, A là mà trận hệ số có kích thước M×D.

Ma trận hiệp phương sai của tín hiệu được xác định như sau:

$$R = E[XX^H] = E[AFF^HA^H] + E[WW^H] \tag{10}$$

hay:

$$R = APA^H + \sigma^2 I \tag{11}$$

trong đó: P là mà trận tự tương quan (auto-correlation) của tín hiệu radar, σ là nhiễu nội tại của từng ăng ten thu và I là ma trận đơn vị.

Giả sử:

$$R_S = APA^H \tag{12}$$

trong đó: R_S sẽ mà trận hiệp phương sai, bao gồm cả giá trị tự tương quan và giá trị tương quan chéo (cross-correlation), chỉ của tín hiệu radar có kích thước M×M và hạng là D. Do đó, M-D vector riêng sẽ có giá trị bằng 0. Lúc này, tồn tại một vector riêng q_d, đảm bảo:

$$R_S q_d = 0 \tag{13}$$

Thay (12) vào (13):

$$APA^H q_d = 0 \tag{14}$$

hoặc

$$q_d{}^H APA^H q_d = 0 \tag{15}$$

Do P là ma trận luôn dương, nên (14) có thể hiểu thành:

$$A^H q_d = 0 \tag{16}$$

Phương trình (15) có nghĩa rằng N = M-D vector riêng (vector nhiễu riêng) trong ma trận hiệp phương sai tín hiệu là trực giao với tất cả các vector điều khiển tín hiệu D. Đây chính là ý nghĩa của thuật toán MUSIC. Do đó, tồn tại ma trận riêng Q_n của các vector riêng q_d và có kích thước M×N. Phổ giả của thuật toán MUSIC có thể được xác định như sau:

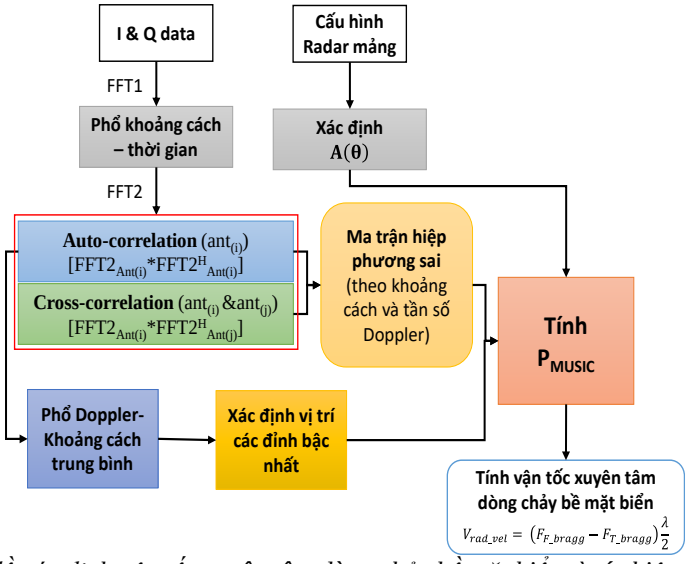
$$P_{MUSIC}(\theta) = \frac{1}{A(\theta)^H Q_n Q_n{}^H A(\theta)} \tag{17}$$

Trong thực tế, chúng ta không có R_S mà chỉ có R. Nên Q_n sẽ được tính toán từ việc phân giã giá trị (eigenvalue decomposition) của ma trận hiệp phương sai R theo biểu thức sau:

$$R = Q(\Lambda + \sigma^2 I)Q^H \tag{18}$$

Lúc này, Q bao gồm ma trận tín hiệu Q_S (M×D) tương ứng với giá trị riêng của D nguồn tín hiệu và Q_n (M×N) tương ứng với giá trị riêng của N vector nhiễu riêng, và $Q_S \perp Q_n$.

Một điểm đáng lưu ý là giá trị riêng nhỏ nhất của R là giá trị riêng của nhiễu và đều bằng σ^2. Nên, việc xác định các giá trị riêng nhỏ bằng nhau có thể giúp phân biệt giữa giá trị riêng của tín hiệu và nhiễu. Tuy nhiên, điều này là không hề dễ dàng. Do đó, đầu vào thường giả định số lượng nguồn đến tối đa. Nếu như có M ăng ten thu thì số lượng nguồn đến nằm trong khoảng từ 1 đến M-1, còn lại số lượng nhiễu. Tồn tại vector q_m là một trong N vector nhiễu ($1 \leqslant m \leqslant N$), nếu θ là hướng đến của một tín hiệu, thì $a(\theta) \perp q_m$ và $a(\theta)q_m = 0$. Có nghĩa là đỉnh của $P_{MUSIC}(\theta)$ được xác định là các hướng đến của tín hiệu.



Hình 3. Sơ đồ xác định vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề mặt biển từ tín hiệu tán xạ ngược của mảng radar tuyến tính tần số cao sử dụng thuật toán MUSIC

Để thuận lợi trong việc triển khai thuật toán MUSIC, người ta phải giả định số lượng nguồn tín hiệu đến tối đa (D) và xác định ma trận Q_S, Q_n tương ứng với số lượng nguồn phát giả định ($1 \leqslant i \leqslant D$). Với giá trị đầu vào của θ từ -90° đến 90° so với hướng nhìn chính của mảng radar, giá trị P_{MUSIC} được tính toán tương ứng với số lượng nguồn vào i. Nếu số lượng đỉnh của P_{MUSIC} bằng giá trị của i thì giá trị góc θ tương ứng với các đỉnh $P_{MUSIC}(\theta)$ là đầu ra của thuật toán MUSIC. Nếu so sánh trên là sai, giá trị khác của i sẽ được lặp lại cho đến khi kết thúc. Sơ đồ ước tính vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề mặt biển từ tín hiệu tán xạ ngược của mảng radar tuyến tính tần số cao sử dụng thuật toán MUSIC được trình bày như Hình 3. Các bước thực hiện gồm:

Bước 1: Tính toán phổ Doppler - khoảng cách của M ăng ten thu thông quá 2 lần biến đổi Fourier nhanh (Fast Fourier transfrom, FFT).

Bước 2: Tính ma trận hiệp phương sai của tất cả các tín hiệu thu được từ M ăng ten. Tính phổ Doppler - khoảng cách trung bình của tất cả các ăng ten thu.

Bước 3: Xác định vị trí phổ Doppler bậc 1 trong phổ Doppler - khoảng cách trung bình.

Bước 4: Xác định ma trận hiệp phương sai con của các phổ bậc 1 ở từng khoảng cách và tần số Doppler.

Bước 5: Tính toán ma trận điều hướng $A(\theta)$ từ cấu hình của hệ thống ăng ten thu.

Bước 6: Giả định số lượng nguồn phát có thể đối với tín hiệu phổ bậc 1 tại mỗi tần số Doppler và khoảng cách, tính toán giá trị của P_{MUSIC}, xác định số lượng đỉnh và kiểm tra lại giả định ban đầu.

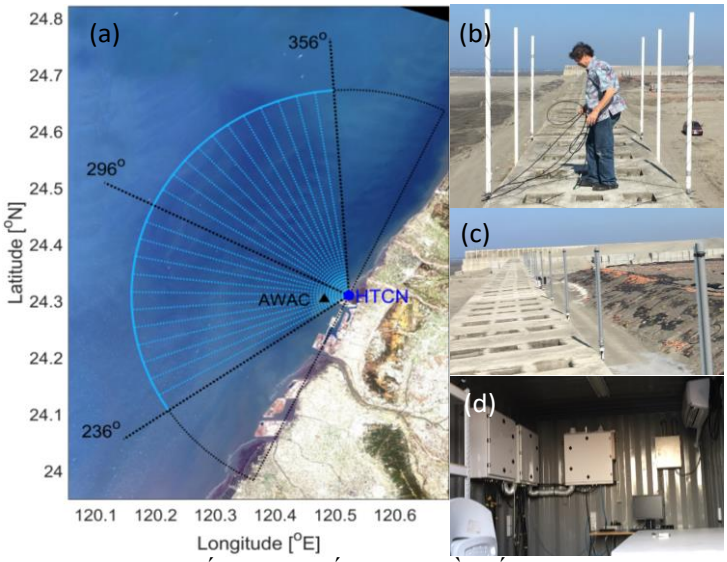
Bước 7: Xác định thông tin về góc định hướng, khoảng cách, vị trí tọa độ, vận tốc xuyên tâm trung bình. SNR, … của nguồn phát tín hiệu tương ứng với các vị trí phổ Doppler bậc 1 đã xác định ở bước 3. Vẽ bản đồ vận tốc xuyên tâm của dòng chảy bề mặt biển.

2.2. Dữ liệu thực nghiệm

Tháng 11 năm 2018, một hệ thống radar mảng pha tuyến tính phiên bản MK-III của hệ thống Least Expensive Radar (LERA) hoạt động ở tần số 27,75 MHz và băng thông 300 kHz đã được lắp đặt ở phía Bắc cảng Đài Trung, Đài Loan (Trung Quốc) (Hình 4(a)) phục vụ cho mục đích quan sát sự biến động bề mặt biển và giám sát vận tải biển xung quanh cảng Đài Trung và khu vực phía Tây trung tâm eo biển Đài Loan (Trung Quốc). Hệ thống radar này được phát triển bởi Phòng thí nghiệm Vô tuyến Hải dương học (Radio Ocenography Laboratory), Đại học Hawaii, Hoa Kỳ, được đầu tư xây dựng bởi Viện Công nghệ Cảng và Hàng hải (Institute of Harbor and Marine Technology - IHMT), Viện Giao thông vận tải (Institute of Transportantion), Bộ Giao thông vận tải và Truyền thông (Ministry of Transportation and Communications), Đài Loan (Trung Quốc) và hiện đang được giám sát, vận hành bởi Phòng thí nghiệm của Nhóm nghiên cứu quan sát Vật lý biển (Marine Physical Observation Research Group - MPORG), Đại học Quốc lập Trung ương (National Central University - NCU), Đài Loan (Trung Quốc). Trong hệ

thống radar tần số cao này, bộ phận phát tín hiệu gồm 2×2 ăng ten đơn cực sắp xếp theo hình chữ nhật với khoảng cách lần lượt là λ/4 và λ/2 theo hướng nhìn chính của hệ thống radar và theo hướng vuông góc (Hình 4(b)), giúp cho tín hiệu truyền đi được xa hơn theo hướng nhìn chính của mảng radar và triệt tiêu các tín hiệu tán xạ ngược ở phía sau (λ là chiều dài bước sóng của tín hiệu truyền đi). Tín hiệu của bộ phận phát là các sóng liên tục được điều chế tần số (Frequency-Modulated Continuous Wave - FMCW) với chiều dài nhịp xung (chirp-length) là 0,21666 giây. Bộ phận thu gồm 16 ăng ten đơn cực được sắp xếp theo đường thẳng tuyến tính (Hình 4(c)), với khoảng cách giữa 2 phần tử ăng ten liền kề là 4 m và đặt cách bộ phận phát khoảng 20λ. Tín hiệu từ mỗi ăng ten thu sẽ được truyền dẫn theo một tuyến cáp riêng tới bộ phận thu nhận và phân tách tín hiệu (Dtacq) đặt trong một nhà container (Hình 4(d)). Cấu hình hệ thống ăng ten thu cho phép triển khai thuật toán tạo chùm tia (BF) để trích xuất phổ Doppler - khoảng cách của tín hiệu radar tán xạ ngược từ các hướng khác nhau. Các phổ Doppler - khoảng cách được tạo ra với độ phân giải góc định hướng và khoảng cách lần lượt là 10^o và 0,5 km, khoảng cách thu tín hiệu lớn nhất là 40 km tính từ vị trí đặt trạm radar. Độ phân giải thời gian của quan sát là 30 phút. Các tham số radar liên quan khác có thể tìm thấy trong tài liệu tham khảo (Dao và nnk., 2019).

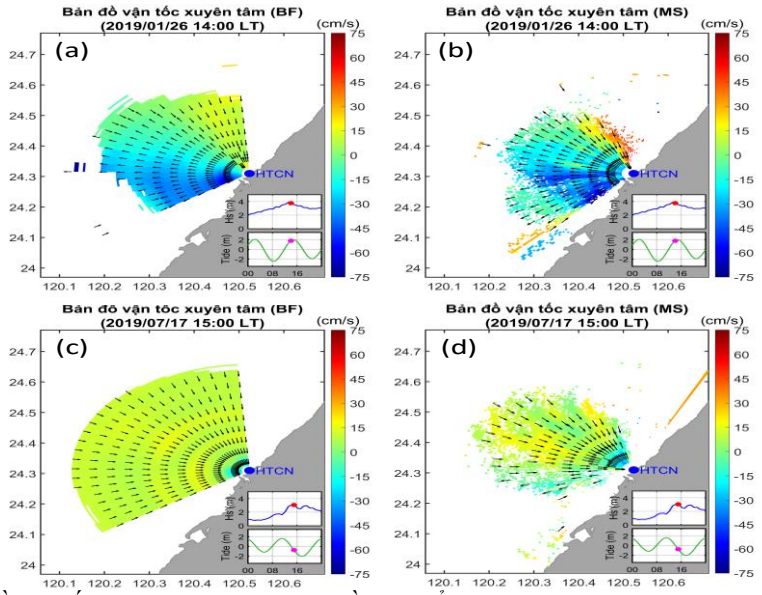
Để kiểm tra các kết quả ước tính từ dữ liệu radar, một thiết bị sóng âm để đo trường sóng và dòng chảy (Acoustic Wave And Current profiler - AWAC) đã được lắp đặt ở vị trí 24^o18,199’ vĩ độ Bắc, 120^o29,916’ kinh độ Đông và ở độ sâu 30 m dưới mặt biển (Hình 4a) để thu thập các thông số hải dương gần lối vào cảng Đài Trung. Thiết bị AWAC nằm hoàn toàn trong vùng quan sát của trạm radar tần số cao, có phương hướng và khoảng cách tương ứng là 267^o và 4,59 km so với vị trí trạm radar. Thiết bị này hoạt động ở tần số 600 kHz và có cấu hình Janus với 4 chùm (beams), gồm 01 chùm dọc theo thân thiết bị, và 03 trùm đặt cân xứng 3 góc, có hướng tạo với hướng của chùm dọc một góc 25^o. Dữ liệu được thu thập theo từng giờ và được xử lý bởi phầm mềm Storm do nhà sản xuất cung cấp. Dữ liệu dòng chảy, tham số sóng và phổ tần số - hướng của trường sóng được ước tính, truyền qua một tuyến cáp dẫn, và lưu trữ trong hệ thống máy chủ đặt tại trụ sở của IHMT theo thời gian thực. Dữ liệu dòng chảy tại chỗ thu thập bởi AWAC được xem như là dữ liệu thật trên biển và sẽ được dùng để kiểm tra độ cậy của các kết quả ước tính từ tín hiệu radar.



Hình 4. Khu vực nghiên cứu và cấu tạo hệ thống radar tần số cao. Trong đó, (a) là vị trí, hướng nhìn và phạm vi bao phủ của hệ thống radar, (b) và (c) là cấu tạo của hệ thống ăng ten phát và thu tín hiệu, (d) là bộ phận điều khiển truyền, thu, xử lý và lưu trữ dữ liệu radar

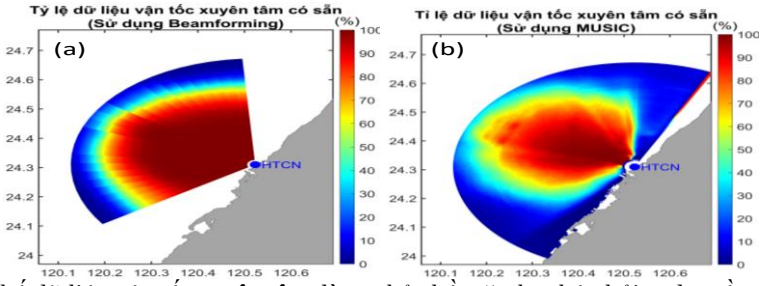
3. Kết quả và thảo luận

Nghiên cứu này phân tích dữ liệu tại trạm radar HTCN thu nhận trong 3 giai đoạn, gồm:
+ Giai đoạn 1: 24-30/01/2019 dưới ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc.
+ Giai đoạn 2: 24/4 -24/5/2019 dưới ảnh hưởng của gió mùa cuối mùa xuân.
+ Giai đoạn 3: 06/7-16/8/2019 dưới ảnh hưởng của áp thấp nhiệt đới và thời tiết mùa hè.



Hình 5. Bản đồ vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề mặt biển ước lượng từ dữ liệu radar tần số cao dưới ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc (a, b) và áp thấp nhiệt đới DANAS (2019) (c, d) sử dụng phương pháp BeamForming (BF) và MUSIC (MS)

Trước tiên, so sánh sự phân bố không gian của dòng chảy xuyên tâm bề mặt biển. Ở Hình 5, dòng hướng tâm màu đỏ chảy về phía trạm radar, trong khi dòng hướng tâm màu xanh chảy ra xa trạm radar. Hình 5(a) và (b) thể hiện phân bố không gian của trường vận tốc hướng tâm dòng chảy bề mặt ước tính từ thuật toán BF và MUSIC lúc 14h00 ngày 26/01/2019, khi ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc gần như mạnh nhất với chiều cao sóng đáng kể xấp xỉ 4 m và thủy triều tiến gần đỉnh nước cao nhất. Hơn nữa, dễ dàng nhận thấy có sự tương đồng về phân bố không gian của dòng chảy xuyên tâm ở Hình 5(a) và 5(b), với dòng hải lưu chảy vào ở khu vực phía Tây Bắc và dòng hải lưu chảy ra ở khu vực phía Tây Nam. Trong Hình 5(c) và 5(d), kết quả ước tính từ dữ liệu radar thu thập lúc 15h00 ngày 17/7/2019 sử dụng thuật toán BF và MUSIC đều chỉ ra ở vùng xa bờ có một dòng chảy từ giữa eo biển Đài Loan (Trung Quốc) chảy (chậm) về phía trạm radar, trong khi khu vực gần bờ có một dòng hải lưu chảy ra về phía Tây Nam. Ảnh hưởng của áp thấp nhiệt đới DANAS lúc này là không rõ ràng mặc dù gió và hướng sóng di chuyển theo hướng Đông Bắc - Tây Nam và chiều cao sóng đáng kể đạt khoảng 3 m. Cả hai trường hợp trong Hình 5 đều cho thấy hai thuật toán có sự tương đồng tốt về phân bố không gian của vận tốc dòng chảy và hướng dòng chảy.

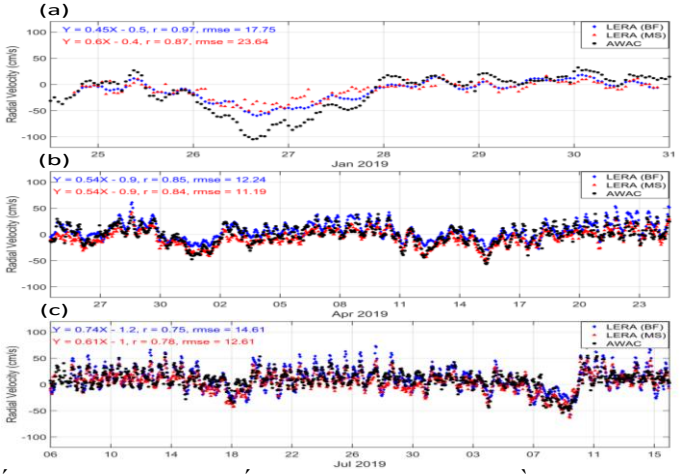


Hình 6. Phân bố dữ liệu vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề mặt thu thập bởi radar tần số cao sử dụng phương pháp BeamForming (a) và MUSIC (b) trong khoảng 2 tháng rưỡi

Hình 5 cũng chỉ ra bản đồ vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề mặt ước lượng từ phương pháp BF là cố định với θ nằm trong khoảng từ -60^o đến 60^o, trong khi các bản đồ ước tính từ phương pháp MUSIC cho kết quả phân bố không gian thay đổi tùy thuộc vào chất lượng tín hiệu. Dựa trên cùng một dữ liệu, các tín hiệu phổ bậc 1 có giá trị SNR > 15 dB được lựa chọn và bản đồ phân bố tỷ lệ có sẵn của dữ liệu vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề mặt được thể hiện trên Hình 6. Nhận thấy rằng dữ liệu vận tốc xuyên tâm ước

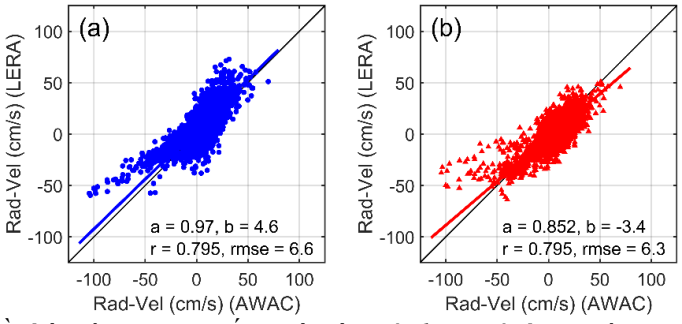
tính từ thuật toán BF trong phạm vi bảo phủ của tín hiệu radar từ 236^o đến 356^o về góc định hướng, từ 1,5 km đến 30 km về khoảng cách luôn trên 90 %, trong khi dữ liệu vận tốc xuyên tâm ước tính từ thuật toán MUSIC khá đầy đủ ở gần hướng nhìn chính của radar và thưa dần về hai phía cũng như ra xa bờ. Điều này là do thuật toán BF cung cấp kết quả ước tính trong lưới tọa độ cực có độ phân giải góc định hướng trung bình là 10^o, trong khi thuật toán MUSIC cung cấp dữ liệu ở độ phân giải góc định hướng là 1^o. Tuy nhiên, có thể thấy rằng thuật toán MUSIC cung cấp dữ liệu ở phạm vi góc định hướng rộng hơn (-70^o $\leqslant$ θ $\leqslant$ 65^o) so với thuật toán BF với mức độ có sẵn của dữ liệu luôn trên 35 %. Điều này cho thấy ưu điểm của thuật toán MUSIC là độ phân giải góc định hướng cao và pham vi bao phủ góc hướng tâm rộng, trong khi thuật toán BF cung cấp dữ liệu trong một phạm vi cố định với tỷ lệ có sẵn của dữ liệu cao, nhưng độ phân giải góc định hướng thấp. Mặc dù vậy, vấn đề độ phân giải góc định hướng trong thuật toán BF có thể được cải thiện bằng trích xuất dữ liệu phổ Doppler - khoảng cách với độ phân giải góc cao hơn (có thể đến 2^o), nhưng điều này sẽ làm tăng thời gian xử lý số liệu.

Để đánh giá hiệu suất của thuật toán BF và MUSIC, dữ liệu dòng chảy bề mặt biển thực được sử dụng để so sánh với kết quả vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề mặt biển ước tính từ dữ liệu radar. Kết quả so sánh được trình bày trong các Hình 7 và 8. Hình 7 thể hiện sự so sánh giữa dữ liệu dòng chảy xuyên tâm theo thời gian ước tính từ thuật toán BF (hình thoi màu xanh), thuật toán MUSIC (tam giác màu đỏ) và dữ liệu tại chỗ (chấm màu đen) ở 3 giai đoạn khác nhau. Các tham số thống kê như giá trị tương quan (correlation coefficient, R), sai số trung phương (Root-Mean-Square Error, RMSE) giữa dữ liệu ước tính và dữ liệu đo tại chỗ cũng được tính toán và thể hiện trên cùng hình vẽ. Kết quả cho thấy vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề ước tính từ dữ hiệu radar khá đồng thuận với kết quả dữ liệu đo tại chỗ dưới mọi điều kiện thời tiết và mùa với hệ số tương quan từ 0,75 đến 0,97. Hơn nữa, nhận thấy rằng kết quả vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề mặt ước tính bởi thuật toán MUSIC cho giá trị rmse nhỏ hơn, ngoại trừ trường hợp trong Hình 7(a) khi vận tốc dòng chảy chịu ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc với vận tốc đạt hơn 100 cm/s. Các kết quả ước tính từ thuật toán BF tương đối trơn chu, nhất quán với dữ liệu tại chỗ ở Hình 7(a) dù biên độ dòng chảy ước lượng thấp hơn (under estimation), nhưng thường bị ước lượng vượt quá (over estimation) so với dữ liệu tại chỗ trong Hình 7(b) và (c). Điều này có thể là do nhược điểm của thuật toán BF khi lấy trung bình giá trị dòng chảy xuyên tâm trong một không gian có độ phân giải góc định hướng thấp.



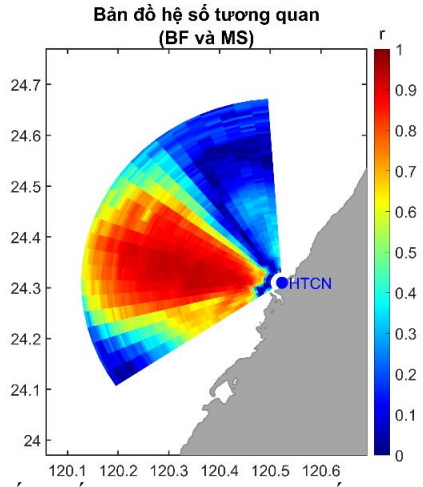
Hình 7. So sánh kết quả ước lượng vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề thu thập bởi radar tần số cao sử dụng thuật toán BF (hình thoi màu xanh) và MUSIC (tam giác màu đỏ) với kết quả đo dòng chảy tại chỗ (chấm tròn màu đen) dưới ảnh hưởng của thời tiết gió mùa Đông Bắc (a), gió mùa cuối mùa xuân (b), và áp thấp nhiệt đới DANAS trong mùa hè (c) trong năm 2019

Hình 8 thể hiện biểu đồ phân tán giữa kết quả từ thuật toán BF và MUSIC và dữ liệu tại chỗ thu thập bởi AWAC trong khoảng 2,5 tháng. Có thể thấy kết quả ước tính từ dữ liệu radar (dùng thuật toán BF hoặc MUSIC) đều khá phù hợp với trị đo tại chỗ (R = 0,795, rmse < 7 cm/s). Điều này minh chứng cho tính khả thi của thuật toán MUSIC áp dụng trong ước tính vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề mặt từ dữ liệu tán xạ ngược thu nhận bởi hệ thống radar mảng tần số cao.



Hình 8. Sơ đồ phân tán giữa vận tốc xuyên tâm ước lượng từ thuật toán BeamForming (a) và MUSIC (b) và dữ liệu đo tại chỗ

Để đánh giá sự khác biệt về phân bố tương quan không gian của dữ liệu dòng chảy hướng tâm ước tính từ hai thuật toán BF và MUSIC, bản đồ tương quan không gian được thể hiện trong Hình 9. Kết quả cho thấy tương quan dòng chảy trên mặt biển của hai thuật toán ở khu vực biển phía Nam tốt hơn khu vực biển phía Bắc. Nguyên nhân chủ yếu là do dòng chảy mặt biển khu vực phía Bắc khá phức tạp và tốc độ dòng chảy không cao (Kao và nnk., 2008) dẫn đến sai số trong quá trình ước tính vận tốc dòng chảy bề mặt, đưa tới hệ số tương quan giữa hai thuật toán kém ở khu vực này. Tuy nhiên, vẫn cần thêm thời gian và dữ liệu tại chỗ để kiểm chứng kết quả tương quan ở khu vực nghiên cứu.



Hình 9. Bản đồ phân bố hệ số tương quan giữa vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề mặt ước tính từ phương pháp BeamForming và MUSIC

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy về sự hiện diện của dữ liệu, thuật toán BF cung cấp dữ liệu vận tốc xuyên tâm dòng hải lưu mặt ổn định hơn, trong khi thuật toán MUSIC cung cấp dữ liệu với độ phân giải góc định hướng tốt hơn và không gian bao phủ rộng hơn. Về phương diện độ chính xác, kết quả vận tốc xuyên tâm dòng chảy bề mặt ước tính bởi hai thuật toán trên là tương đồng và hoàn toàn phù hợp với dữ liệu đo dòng chảy tại chỗ, với R = 0,795 và rmse < 7 cm/s. Sự phù hợp về kết quả giữa hai cách tiếp cận tốt khi vận tốc dòng chảy đủ lớn, ngược lại khi vận tốc dòng chảy nhỏ, phức tạp thì các kết quả ước tính chưa tương quan tốt. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng bên cạnh thuật toán BF, thuật toán MUSIC có đủ khả năng áp dụng để thu thập dữ liệu dòng chảy bề mặt biển từ tín hiệu tán xạ ngược của hệ thống radar mảng tần số cao. Trong tương lai, cả thuật toán BF và MUSIC sẽ tiếp tục được cải tiến nhằm khắc phục những nhược điểm còn tồn tại và nâng cao hiệu quả trong thu thập dữ liệu dòng chảy bề mặt biển, cả các tham số trường sóng, gió, phổ sóng từ dữ liệu radar mảng tần số cao.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này nằm trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu khoa học trọng điểm cấp trường được tài trợ bởi Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, mã số 20-2023/KHXD-TĐ. Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Viện

Công nghệ Cảng và Hàng hải (IHMT) và Phòng thí nhiệm của nhóm Nghiên cứu Quan sát Vật lý biển (MPORG), Đại học Quốc lập Trung ương (NCU), Đài Loan (Trung Quốc) đã hỗ trợ dữ liệu để thực hiện nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

Barrick D.E., 1971. Theory of HF and VHF Propagation Across the Rough Sea, 2, Application to HF and VHF Propagation Above the Sea. Radio Science, 6(5): 527-533.

Barrick D.E., 1972(a). First-order theory and analysis of MF/HF/VHF scatter from the sea. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 20(1): 2-10.

Barrick, D.E., 1972(b). Remote sensing of sea state by radar. In Ocean 72 - IEEE International Conference on Engineering in the Ocean Environment, 13-15 September 1972, Newport, RI, USA. 186-192.

Barrick D.E., Lipa B., 1985. Mapping surface currents. Sea Technol, 26: 43-48.

Barrick D.E., Lipa B., 1986. Correcting for distorted antenna patterns in CODAR ocean surface measurements. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 11(2): 304-309.

Bhuiya S.N., Islam F., Matin M., 2012. Analysis of Direction of Arrival Techniques Using Uniform Linear Array. International Journal of Computer Theory and Engineering, 4: 931-934.

Crombie D.D., 1972. Resonant backscatter from the sea and its application to physical oceanography. In Ocean 72 - IEEE International Conference on Engineering in the Ocean Environment, 13-15 September 1972, Newport, RI, USA.174-179.

Dao D.T., Chien H., Lai J.W., HuangY.H., Flament P., 2019. Evaluation of HF radar in mapping surface wave field in Taiwan Strait under winter monsoon. In OCEANS 2019 - Marseille, 17-20 June 2019, Marseille, France. 1-7.

Gurgel K.W., Antonischki G., Essen H.H., Schlick T., 1999. Wellen Radar (WERA): A new ground-wave HF radar for ocean remote sensing. Coastal Engineering, 37(3-4): 219-234.

Gurgel K.W., Essen H.H., Kingsley S.P., 1999. High-frequency radars: physical limitations and recent developments. Coastal Engineering, 37(3-4): 201-218.

Helzel T., Kniephoff M., Petersen L., 2006. WERA: Remote ocean sensing for current, wave and wind direction. In 2006 IEEE US/EU Baltic International Symposium, 23-26 May 2006, Klaipeda, Lithuania. 1-8.

Kao S.J.I., Jan S., Hsu S.C., Lee T.Y., Dai M., 2008. Sediment Budget in the Taiwan Strait with High Fluvial Sediment Inputs from Mountainous Rivers: New Observations and Synthesis. Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences, 19(5): 525-546.

Kirincich A.R., 2017. Improved Detection of the First-Order Region for Direction-Finding HF Radars Using Image Processing Techniques. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 34(8): 1679-1691.

Liu Y., Weisberg R.H., Merz C.R., 2014. Assessment of CODAR SeaSonde and WERA HF Radars in Mapping Surface Currents on the West Florida Shelf. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 31(6): 1363-1382.

Roarty H., Cook T., Hazard L., George D., Harlan J., Cosoli S., Wyatt L., Alvarez Fanjul E., Terrill E., và Otero M., 2019. The global high frequency radar network. Frontiers in Marine Science, 6(164): 1-26.

Rubio A., Mader J., Corgnati L., Mantovani C., Griffa A., Novellino A., Quentin C., Wyatt L., Schulz-Stellenfleth J., Horstmann J., 2017. HF radar activity in European coastal seas: Next steps toward a pan-European HF radar network. Frontiers in Marine Science, 4(8): 1-20.

Schmidt R.O., 1986. Multiple emitter location and signal parameter estimation. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 34(3): 276-280.

ABSTRACT

Assessment of BeamForming and MUSIC algorithms in estimating ocean surface current radial velocity from sea-echoes data of a phased-array high-frequency radar system

Toan Duy Dao[1, *], Hwa Chien[2], Cheng-Da Lee[3], Dinh Trong Tran[1], Thi Hang Ha[1], Dinh Huy Nguyen[1], Thanh Dong Khuc[1]

[1]*Department of Geodesy & Geomatics Engineering, Hanoi University of Civil Engineering, Vietnam*
[2]*Institute of Hdrological and Oceanic Sciences, National Central University, Taiwan (ROC)*
[3]*Institute of Harbor and Marine Technology, Institute of Transportantion, Ministry of Transportation and Communications, Taiwan (ROC)*

This study utilized BeamForming (BF) and MUltiple SIgnal Classification (MUSIC) algorithms to determine the current radial velocity using the Doppler-range spectrum acquired from a linear phased-array high-frequency radar system. The performance of these methods was evaluated by comparing the output results with in-situ current measurements. The comparison revealed that the BF algorithm yields stable radial velocity data but with lower nominal bearing resolution, while the MUSIC algorithm provides higher bearing resolution and wider coverage space, albeit with a moderate level of data availability. Time series and scatter plot analyses demonstrated that both the BF and MUSIC algorithms produce results that closely align with the in-situ data, exhibiting a correlation coefficient of 0.795 and a root-mean-square error of less than 7 cm/s. Additionally, the research findings also indicate that the MUSIC algorithm performs comparably to the BF algorithm in estimating radial velocity data. Thus, the MUSIC algorithm can be employed to acquire ocean surface current data from the Doppler-range spectra of a linear phased-array HF radar system, offering superior bearing resolution.

Keywords: Radial velocity, phased-array high-frequency radar, conventional BeamForming, MUltiple Signal Classification.

Nghiên cứu ứng dụng công nghệ Georadar để thành lập bản đồ công trình ngầm tỷ lệ 1:500 tại khu vực Hà Nội

Diêm Công Huy *

Viện Khoa học công nghệ Xây dựng, Bộ Xây dựng (IBST)

TÓM TẮT

Nội dung bài báo trình bày tóm tắt về công nghệ Georadar (Ground-Penetrating Radar - GPR), khả năng ứng dụng của công nghệ Georadar trong công tác thành lập Bản đồ công trình ngầm tỷ lệ 1:500 trong phạm vi độ sâu nhỏ hơn 3 m so với mặt đất. Từ các kết quả đo đạc thực nghiệm, đánh giá khả năng ứng dụng của công nghệ Georadar trong công tác thành lập bản đồ công trình ngầm tỷ lệ 1:500 tại khu vực quận Tây Hồ, thành phố Hà Nội.

Từ khoá: Công nghệ Georadar, bản đồ, công trình ngầm.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, ở Việt Nam công tác thành lập bản đồ công trình ngầm ở các khu vực đô thị là rất cần thiết, nhằm phục vụ cho công tác thi công các công trình cơ sở hạ tầng cũng như quy hoạch phát triển không gian ngầm. Trong khi đó, hồ sơ tài liệu về công trình ngầm (CTN) ở nước ta từ trước đến nay chưa được quản lý thống nhất và đặc biệt là chưa có bản đồ công trình ngầm thống nhất. Đây là một trong các nguyên nhân gây khó khăn rất lớn cho các đơn vị thiết kế và thi công các công trình quan trọng trong khu vực đô thị. Tất cả các yếu tố đã nêu trên đặt ra một yêu cầu mang tính cấp thiết đó là cần phải thành lập bản đồ công trình ngầm ở khu vực đô thị với mục đích phục vụ quản lý, khai thác và quy hoạch phát triển không gian ngầm ở các khu vực đô thị tại Việt Nam.

Điểm khác biệt khi đo vẽ, thành lập bản đồ công trình ngầm và đo vẽ thành lập bản đồ địa hình trên mặt đất là: Các đối tượng đo vẽ bản đồ CTN đều nằm dưới mặt đất, ở những độ sâu khác nhau nên phải thể hiện các đối tượng trên bản đồ CTN ở dạng 3D. Các công trình ngầm lại được xây dựng rất đa dạng bằng nhiều loại vật liệu như kim loại, ống nhựa PVC, gạch, bê tông,... Do đó vấn đề quyết định độ chính xác trong công tác thành lập bản đồ công trình ngầm là thiết bị dò tìm và phát hiện đối tượng công trình ngầm. Để đáp ứng được yêu cầu này đã có nhiều nhà sản xuất thiết bị trên thế giới đã và đang chế tạo nhiều loại thiết bị, công nghệ khác nhau. Một trong những phương pháp dò tìm đối tượng công trình ngầm để thành lập bản đồ CTN là sử dụng hệ thống thiết bị, công nghệ Georadar (Ground Penetrating Radar - GPR) (Trần Viết Tuấn, 2011). Ở khu vực Hà Nội do điều kiện địa chất và điều kiện tự nhiên có những đặc điểm khác biệt so với các nơi khác, nên việc khảo sát, thử nghiệm và đánh giá khả năng dò tìm công trình ngầm bằng công nghệ Georadar để thành lập bản đồ CTN rất cần thiết.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Công nghệ Georadar (Ground Penetrating Radar - GPR)

Công nghệ Radar xuyên đất hay còn gọi là công nghệ Georadar (Ground-Penetrating Radar - GPR) là một trong các công nghệ hiện đại phục vụ công tác dò tìm các đối tượng dưới lòng đất để thành lập bản đồ công trình ngầm. Công nghệ GPR có thể dò tìm được các đối tượng có cấu tạo bằng các chất liệu kim loại và phi kim loại như: Hệ thống đường ống xả thải ngầm, cống ngầm, bể ngầm, dây cáp thông tin, cáp điện, hố ga, ống dẫn dầu, dẫn khí,… Công nghệ GPR cũng xác định được độ sâu của các đối tượng dưới lòng đất tùy thuộc vào cấu hình của các thiết bị GPR (Phan Văn Hiến và nnk., 2004).

* *Tác giả liên hệ*
Email: dchuyibst@gmail.com

2.2. Nguyên lý hoạt động của công nghệ Georadar (Ground Penetrating Radar - GPR)

Công nghệ Georadar (Ground Penetrating Radar - GPR) là phương pháp Địa vật lý nông dựa trên nguyên lý thu phát sóng điện từ ở tần số siêu cao tần (từ 15-2.600 MHz). Khi đó sóng điện từ được truyền theo tia phát ra từ các ăng ten phát và thu sóng phản xạ được tạo ra từ các đối tượng là những mặt ranh giới trong môi trường địa chất. Các đối tượng đó được tạo thành do cấu trúc địa chất như: ranh giới đá móng, các lớp vật liệu trầm tích có tính chất vật lí khác nhau chứa vật liệu sét, những hang hốc, các hang rỗng, các khối xâm thực cũng như các vật thể bị chôn vùi nhân tạo hoặc các khối bê tông, các lỗ rỗng liên quan đến vị trí hàm ếch, tổ mối,... Đó là các đối tượng được phát hiện khi dò tìm bằng công nghệ Georadar (GPR). Hình 1 là nguyên lý hoạt động của công nghệ Georadar (Đỗ Minh Tính, 2021), (Trần Viết Tuấn, 2011).

Độ sâu thẩm thấu của phương pháp phụ thuộc vào tần số của ăng ten phát, thu và tính chất vật lí của môi trường địa chất trong đó giá trị hằng số điện môi tương đối (ε_r) và độ dẫn điện (σ) là chủ yếu. Tần số càng cao, độ dẫn điện và hằng số điện môi càng lớn thì chiều sâu khảo sát càng nhỏ và ngược lại.

Các đại lượng vật lí đặc trưng của sóng điện từ được dùng trong công nghệ Georadar như: Vận tốc truyền sóng (V), bước sóng (λ), hệ số suy giảm (α), hằng số điện môi tương đối hay độ điện thẩm tương đối (ε_r), độ từ thẩm (μ), độ dẫn điện (σ),… Sóng điện từ lan truyền trong môi trường đất với vận tốc được biểu diễn theo công thức:

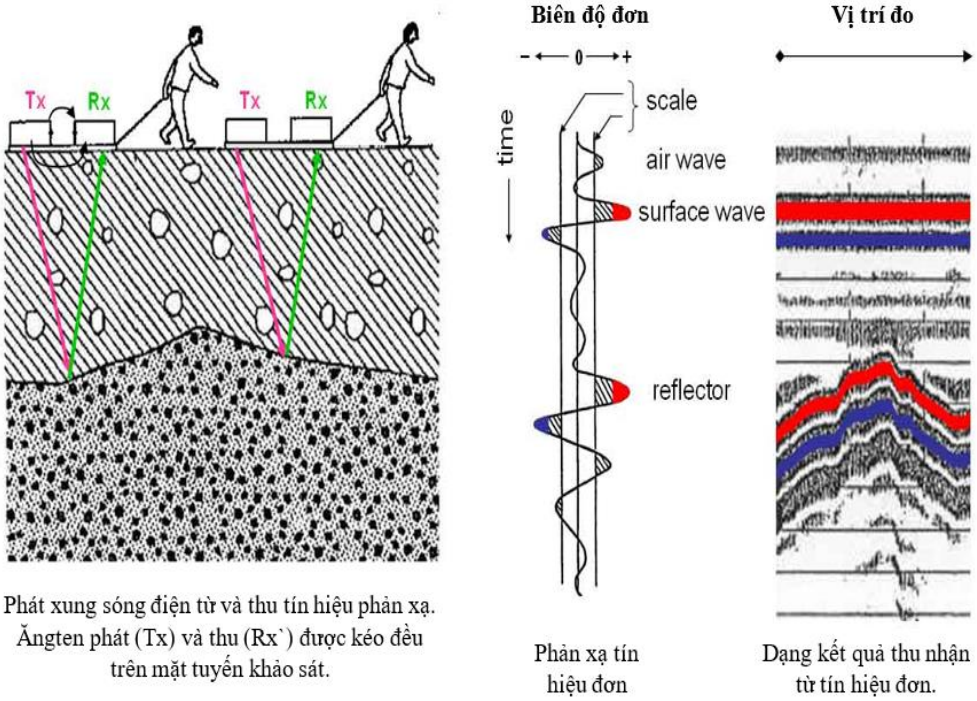
$$V = \frac{C}{\varepsilon_r^{1/2}} \quad (1)$$

trong đó:

ε_r - Hằng số điện môi của đất.

C - Vận tốc truyền sóng điện từ trong không khí (C = 0,3 m/ns).

V - Vận tốc truyền sóng điện từ trong môi trường đất (V (m/ns)).



Hình 1. Nguyên lý hoạt động của công nghệ Georadar (GPR)

Sở dĩ công nghệ Georadar có thể phát hiện vị trí đường ống ngầm là vì không khí trong đường ống có giá trị hằng số điện môi khác biệt so với môi trường đất đá xung quanh. Chính sự khác biệt này khiến cho sóng điện từ bị phản xạ mạnh tại ranh giới tiếp xúc giữa đường ống và môi trường xung quanh, với hệ số phản xạ được tính theo công thức sau:

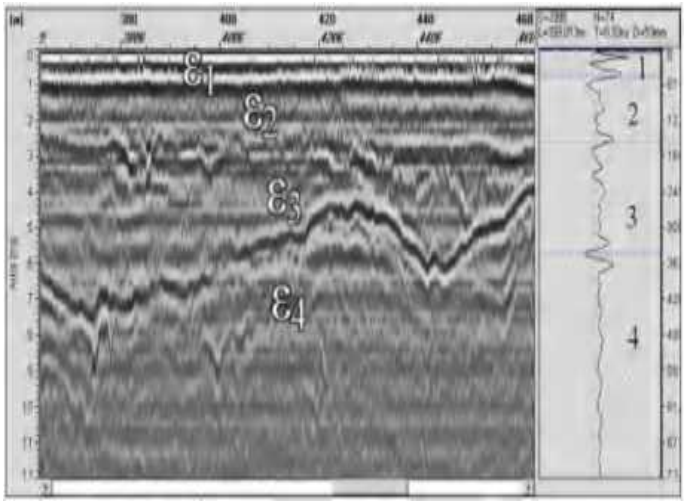
$$R = \frac{\varepsilon_1^{1/2} - \varepsilon_2^{1/2}}{\varepsilon_1^{1/2} + \varepsilon_2^{1/2}} \quad (2)$$

trong đó:

ε_1 - Hằng số điện môi tương đối của môi trường thứ nhất.

ε_2 - Hằng số điện môi tương đối của môi trường thứ hai.

Dựa trên nguyên lý truyền sóng và phản xạ của sóng radar để xử lý, phân tích tín hiệu sóng điện từ phản hồi này để đưa ra thông tin về đặc điểm và vị trí của các đối tượng quan tâm bên dưới bề mặt đất.



Hình 2. Hình ảnh Radar thể hiện các dị vật dưới lòng đất

Như vậy ranh giới các môi trường vật chất càng khác nhau về hằng số điện môi thì áp dụng công nghệ Georadar càng có độ chính xác cao và hiệu quả. Bảng 1 là bảng tổng hợp hằng số điện môi của một số vật chất thường gặp trong tự nhiên.

Bảng 1. Giá trị hằng số điện môi của một số vật chất thường gặp trong tự nhiên

STT	Tên vật chất	Giá trị hằng số điện môi ε_r	Ghi chú
1	Không khí	1	
2	Đất khô	5	
3	Đất ướt	25	
4	Nước ngọt	81	
5	Đất bồi	5-30	
6	Đất sét	5-40	
7	Đá phiến sét	5-15	
8	Đá granit	4-6	
9	Đá vôi	4-8	
10	Cát khô	3-5	
11	Cát ướt	20-30	
12	Nước biển	80	

2.3. Khảo sát, thực nghiệm ứng dụng công nghệ Georadar (Ground Penetrating Radar - GPR) để thành lập Bản đồ công trình ngầm tỷ lệ 1:500 trong phạm vi độ sâu nhỏ hơn 3 m so với mặt đất

2.3.1. Thiết bị GPR khảo sát thực nghiệm

Tác giả và cộng sự sử dụng thiết bị Georadar RIS MF Hi-Mod của Tập đoàn IDS (Italy) cho công tác khảo sát, thực nghiệm để thành lập bản đồ công trình ngầm tỷ lệ 1:500 trong phạm vi độ sâu nhỏ hơn 3 m tại khu vực phường Phú Thượng, quận Tây Hồ, thành phố Hà Nội. Đây là thiết bị tiên tiến hiện nay trong việc dò tìm và thành lập bản đồ công trình ngầm. Thiết bị gồm có 04 ăng ten GPR xử lý tức thời đảm bảo định vị không gian 3D, việc ứng dụng công nghệ Georadar cho phép xác định các đối tượng và công trình kỹ thuật ngầm khác nhau một cách nhanh và tin cậy.



Hình 3. Thiết bị RIS MF Hi-Mod

2.3.2. Thông số kỹ thuật thiết bị RIS MF Hi-Mod

Thiết bị RIS MF Hi-Mod cung cấp hệ thống radar hiệu suất cao đa mục đích, có khả năng quét mạnh (độ sâu, xuyên thấu) trên khu vực khảo sát trong thời gian ngắn, cung cấp hình ảnh 3D chính xác lòng đất với độ phân giải cao. RIS MF Hi-Mod cung cấp một giải pháp hoàn chỉnh từ việc thu thập dữ liệu thực địa cho ra kết quả là các bản vẽ tường minh trên các phần mềm đồ họa thông dụng.

Bảng 2. Bảng thông số kỹ thuật của thiết bị Georadar RIS MF Hi-Mod

STT	Tên thir RIS	Thông sr RIS MF H
1	Khối lượng tổng thể (không bao gồm máy	31 kg (1 antenna) và 58 kg (4 antenna)
2	Máy Laptop	Panasonic CF-19 Tough-Book
3	Thời gian quét tiêu chuẩn	9 kph (5,6 mph)
4	Điện năng tiêu thụ	13,3 W/1 antenna và 26,6 W/4 antenna
5	Định vị	Bằng GNSS hoặc ToTal Station
6	Số đơn vị điều khiển	1 DAD MCH FW
7	Tốc độ quét	Từ 181 scan/sec đến 741 scan/sec
8	Khoảng mật độ quét	42 scan/m
9	Antena Center Frequencies	200 MHz, 600 MHz, 80 Mhz, 40 Mhz, 25 Mhz
10	Nguồn điện	SLA Battery 12VDC 12 AH
11	Độ sâu tối đa cho phép xác định	Từ 0-25 m (tùy môi trường và tần số ăng ten sử dụng)
12	Độ chính xác xác định bề ngang của mục tiêu	Trong khoảng lớn hơn l cm (theo từng ăng ten)
13	Độ chính xác đo sâu	Trong khoảng 10 % độ sâu đạt được

2.3.3. Phương pháp khảo sát thực nghiệm

- Bước 1: Trước khi tiến hành khảo sát thực nghiệm, tác giả và cộng sự chuẩn bị mặt bằng, xác định hiện trạng trước khi thi công, mặt bằng thi công phải an toàn cho con người và thiết bị máy móc. Nền đất nơi thiết bị GPR làm việc phải bằng phẳng, không ngập nước,... lắp đặt thiết bị biển báo, cảnh báo an toàn, khoanh phạm vi công trường.

Với yêu cầu độ sâu khảo sát thực nghiệm nhỏ hơn 3 m và nền địa chất thực tế tại hiện trường là nền đất, tác giả và cộng sự dùng 01 bộ thiết bị radar xuyên đất Ris Hi-Mod gồm:

+ Máy tính chuyên dụng: 01 bộ.

+ Máy dóng hướng: 01 bộ.

+ Ăng ten tần số kép 200 và 600 MHz.

+ Bộ điều kiển trung tâm.

+ Hệ thống khung, càng, bánh xe công tác, thiết bị định vị, giá lắp thiết bị.

- Bước 2: Lựa chọn ăng ten tần số thích hợp tương ứng đồng bộ về các yêu cầu kỹ thuật cơ bản:

+ Kiểm tra kết nối, hệ thống điện, truyền dẫn tín hiệu quét.

+ Xác định các thông số liên quan đến đặc điểm nền đất, vị trí nơi tiến hành rà quét.

+ Kiểm tra máy để khẳng định tình trạng kỹ thuật hoàn hảo của máy (đèn, còi, tay lái máy,...) trước khi đưa thiết bị vào vận hành. Nếu không đảm bảo chất lượng phải có biện pháp khắc phục ngay mới cho phép hoạt động.

- Bước 3: Điều kiển máy cho máy chạy thử ở chế độ tự động nhận biết môi trường làm việc tối thiểu 20 m, sau đó tiến hành điều chỉnh thông số kỹ thuật thu nhận theo yêu cầu kỹ thuật khảo sát đề ra.

+ Lắp đặt và kiểm tra kết nối tín hiệu của thiết bị: Bộ điều khiển, các loại ăng ten có màn chắn và không màn chắn, máy tính xách tay, khung, giá đeo, cáp nối tín hiệu, bộ đo khoảng cách, hệ thống định vị GPS (Khi sử dụng GPS-RTK), máy toàn đạc điện tử, bộ phát wifi, thiết bị dò điện từ, nguồn điện.

+ Kiểm tra máy ở trạng thái tĩnh: Đặt máy tại một vị trí cố định và ghi số liệu. Kiểm tra mọi hoạt động của máy và theo dõi trường sóng trên băng ghi. Nếu trường sóng trên băng ghi tại mọi thời điểm giống nhau là máy hoạt động bình thường.

+ Kiểm tra hoạt động của máy ở trạng thái động: Chọn khu vực trống không có các ảnh hưởng làm nhiễu sóng radar, tiến hành đo lặp trên 2 đoạn tuyến có chiều dài tối thiểu 10 m.

+ Kết quả giữa các lần đo trạng thái trên cần đạt: Hình ảnh các băng ghi số liệu phải giống nhau.

- Bước 4: Người sử dụng thiết bị căn chỉnh lập lưới quét theo hình vuông, hướng dẫn máy di chuyển theo đúng hàng, cột đã được định tuyến tránh để sót và chồng đè đường quét quá lớn.

Cần lựa chọn tốc độ thu nhận dữ liệu phù hợp với địa chất khu quét, cần đảm bảo thu nhận đầy đủ dữ liệu nhưng tránh được nhiễu nhiều nhất, trong quá trình di chuyển thiết bị cần đảm bảo tốc độ di chuyển của thiết bị trên bề mặt đất có tốc độ ổn định đều, tránh trường hợp tốc độ không ổn định ảnh hưởng đến quá trình thu nhận dữ liệu.

Trong quá trình vận hành người điều khiển thiết bị cần lưu ý:

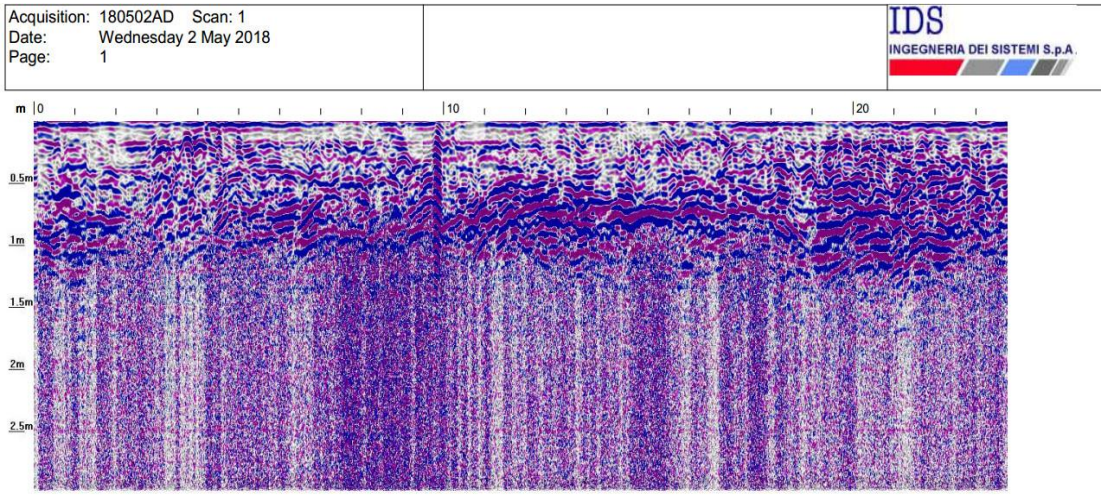
+ Tuyệt đối đi đúng hàng lối theo sơ đồ quét đã được thiết kế.

+ Tốc độ di chuyển phải ổn định và phù hợp với thông số thu nhận dữ liệu.

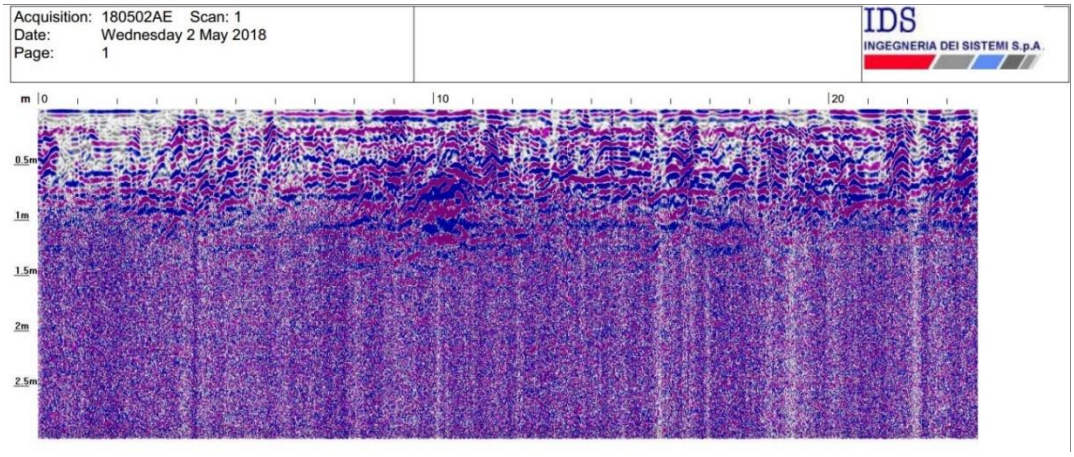
3. Kết quả khảo sát thực nghiệm

Khu vực khảo sát thực nghiệm có diện tích 18,6 ha tại phường Phú Thượng, quận Tây Hồ, thành phố Hà Nội, khu đất giáp đường Lạc Long Quân ở phía Đông và bao quanh đường nội bộ ở các mặt phía Nam, phía Bắc và phía Tây. Toàn bộ khu vực khảo sát được chia thành 05 khu. Mỗi khu tiến hành chia thành 03 đường quét đánh số từ 1; 2; ... 3. Để kết quả khảo sát thực nghiệm thực hiện có độ tin cậy, tác

giả và cộng sự liên hệ với cơ quan quản lý chuyên ngành của thành phố Hà Nội xin cấp các số liệu cập nhật mới nhất về hệ thống hạ tầng kỹ thuật ngầm xung quanh khu vực khảo sát thực nghiệm. Dựa trên số liệu được cấp tác giả và cộng sự tiến hành kiểm tra và xác minh ngoài thực địa vị trí các công trình hạ tầng kỹ thuật ngầm: Cấp điện, cấp thoát nước, chiếu sáng, thông tin liên lạc xung quanh và nằm trong khu vực khảo sát thực nghiệm. Kết quả quét ngoài việc xác định được bề dày tầng phủ, còn xác định trong khu vực có một số đối tượng công trình ngầm. Cụ thể hình ảnh mặt cắt sóng phản xạ radar như Hình 4 và Hình 5 (Báo cáo của Viện KHCN Xây dựng, 2018). Kết quả quét tại các tuyến từ số 1; 2;…; 3 cho thấy địa chất của các lớp địa tầng theo tuyến quét chủ yếu là cát và các vật liệu xây dựng cũ, tại độ sâu dưới 1,5 m là nền đất nguyên thổ, ổn định đồng nhất. Trên toàn tuyến quét có một số đoạn là nền được đổ từ chạc vữa, phế liệu xây dựng cũ và cọc bê tông,... Tác giả và cộng sự đã thực hiện quét 347,6 m tuyến dài với độ rộng tuyến quét là 1 m tại thực địa, không thấy có xuất hiện các công trình hạ tầng ngầm và tiện ích ngầm đi qua tuyến quét. Kết quả này phù hợp với kết quả kiểm tra, xác minh ngoài thực địa vị trí các công trình hạ tầng kỹ thuật ngầm dựa trên số liệu do cơ quan quản lý chuyên ngành của thành phố Hà Nội cung cấp.



Hình 4. Mặt cắt sóng phản xạ Georadar phân chia các lớp địa tầng đến độ sâu 3 m tại tuyến số 3-5



Hình 5. Mặt cắt sóng phản xạ Georadar phân chia các lớp địa tầng đến độ sâu 3 m tại tuyến số 2

4. Kết luận

Từ các phân tích về mặt lý thuyết và thông qua kết quả khảo sát thực nghiệm thực tế nêu trên có thể nhận thấy:

- Công nghệ Georadar (Ground Penetrating Radar - GPR) cho kết quả quét là các hình ảnh mặt cắt radar nên rất trực quan, cung cấp cho người sử dụng "Bức tranh tổng thể" về không gian ngầm và các đối tượng công trình ngầm.

- Công nghệ Georadar phụ thuộc vào tần số của ăng ten khi xác định độ sâu thăm dò. Tần số ăng ten càng thấp thì chiều sâu thăm dò càng lớn nhưng độ chính xác càng thấp và ngược lại, GPR có thể dò tìm được các đối tượng được cấu tạo từ chất liệu kim loại và phi kim loại. Công nghệ này không chỉ dò tìm chính xác đối tượng công trình ngầm mà còn cho biết các bất thường trong cấu trúc ngầm bên dưới lòng đất như (lỗ rỗng, hàm ếch,...).

- Công nghệ Georadar hoàn toàn có thể được kết hợp sử dụng với các phương pháp đo đạc trên mặt đất khác để thành lập bản đồ công trình ngầm tỷ lệ 1:500. Nó là giải pháp công nghệ hiệu quả nhất hiện nay trong công tác dò tìm và thành lập bản đồ công trình ngầm, GPR không chỉ giúp giảm chi phí khảo sát mà còn cho kết quả nhanh và có độ tin cậy cao.

- Cần tiếp tục nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật và phương pháp xử lý số liệu nhằm nâng cao khả năng ứng dụng công nghệ Georadar khi thành lập bản đồ công trình ngầm tỷ lệ 1:500 ở Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

Phan Văn Hiến và nnk., 2004. Nghiên cứu ứng dụng phương pháp hiện đại để điều tra lập bản đồ công trình ngầm một khu vực của thành phố Hà Nội. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp thành phố, MS đề tài TC-ĐT/08-02-2, Hà Nội.

Trần Mạnh Nhất và nnk., 2009. Quy trình kỹ thuật điều tra và đo vẽ bản đồ công trình ngầm đô thị trên cơ sở tiêu chuẩn CJJ 61-94 "Technical specification for detecting and surveying underground pipelines and cabler in city". Báo cáo tổng kết đề tài biên soạn tiêu chuẩn, mã số TC 25-08.

Đỗ Minh Tính, 2021. Sử dụng công nghệ radar xuyên đất trong công tác khảo sát địa kỹ thuật. Lấy ví dụ cho một số dự án điển hình. Tạp chí Xây dựng, số 06.(2021).

Trần Viết Tuấn, 2011. Ứng dụng Radar xuyên đất (GPR) để dò tìm và đo vẽ thành lập bản đồ công trình ngầm đô thị. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, số 8, 2011.

Trung tâm Tư vấn Trắc địa và Xây dựng, Viện Khoa học công nghệ Xây dựng, 2018. Báo cáo kết quả quét thăm dò công trình ngầm bằng công nghệ Georadar dự án Happy Building tại quận Tây Hồ, Hà Nội.

US7, 528, 762 Signal processing methods for ground penetrating radar from elevated platforms, 2009.

ABSTRACT

Studying on the application of GEORADAR (Ground-Penetrating Radar - GPR) to establishing of maps for underground structures with a scale of 1:500 in Hanoi area

Diem Cong Huy*

Vietnam Institute for Building Science and Technology, Ministry of Construction (IBST)

This paper briefly presents the Georadar (Ground-Penetrating Radar - GPR) technology, the applicable ability of this technology in establishing of maps for underground structures with a scale of 1:500 within the depth less than 3m from the ground surface. Based on the experimental surveying results, the author evaluates the applicable ability of Georadar technology in establishing of maps for underground structures with a scale of 1:500 in the Tay Ho district, Hanoi.

Keywords: Georadar technology, maps, underground structures.

Nghiên cứu mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng bằng công nghệ Địa không gian, thử nghiệm cho khu vực phía Tây tỉnh Nghệ An

Đoàn Thị Nam Phương[1, *], Nguyễn Văn Trung[1], Trần Xuân Trường[1], Lê Thị Thu Hà[1],
Nguyễn Tiến Hơn[2], Đỗ Ngọc Sang[2]

[1]*Nhóm nghiên cứu Công nghệ Địa tin học trong Khoa học Trái đất (GES), Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Học viên cao học K44 ngành Bản đồ viễn thám và Hệ thông tin địa lý, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Các vụ cháy rừng thường xuyên đang gây ra tác hại nghiêm trọng cho môi trường tự nhiên, chẳng hạn như làm giảm chất lượng không khí và đe dọa các loài khác nhau. Nghiên cứu mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng là một nhiệm vụ rất quan trọng, có tính cấp bách trong điều kiện hiện nay. Công nghệ địa không gian, trong đó chủ đạo là công nghệ viễn thám và hệ thông tin địa lý (GIS) đã được sử dụng rộng rãi và hiệu quả trong xây dựng các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng trên thế giới. Viễn thám và GIS cho phép thu thập dữ liệu về thảm phủ rừng và sử dụng chúng để phân tích, quản lý, mô hình hóa nhằm cảnh báo sớm nguy cơ xảy ra cháy rừng. Để dự báo nguy cơ cháy rừng, 04 phương pháp được thử nghiệm, bao gồm: phương pháp phân tích thứ bậc AHP và 03 phương pháp học máy (RF, SVM, CART). So sánh giá trị AUC của các mô hình dự báo, kết quả nhận được cho thấy, thuật toán Random Forest với tham số numberOfTrees bằng 100 (RF100) có độ chính xác cao nhất, giá trị AUC là 0.951 thử nghiệm ở khu vực phía tây tỉnh Nghệ An. Bản đồ nguy cơ cháy rừng từ nghiên cứu này có thể hữu ích cho các nhà hoạch định chính sách và chính quyền tỉnh Nghệ An, hỗ trợ quy hoạch và sử dụng đất bền vững.
Từ khóa: Nguy cơ cháy rừng, GIS, Random Forest, Nghệ An.

1. Đặt vấn đề

Các mô hình học máy (machine learning) đã được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu trên thế giới và ở Việt Nam nhằm xây dựng các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng. Jaiswal và cộng sự (2002) sử dụng phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) để thành lập bản đồ dự báo nguy cơ cháy rừng khu vực Gorna Subwatershed (bang Madhya Pradesh, Ấn Độ) trên cơ sở dữ liệu ảnh vệ tinh IRS và công nghệ GIS. Ảnh vệ tinh IRS 1D LISS III được sử dụng để thành lập bản đồ thảm phủ thực vật, kết hợp các lớp thông tin khác như độ dốc, bản đồ địa hình, khoảng cách đến khu dân cư,... để thành lập bản đồ nguy cơ cháy rừng, trong đó mỗi yếu tố được xác định trọng số ảnh hưởng đến khả năng cháy. Kết quả nhận được cho thấy, gần 30 % diện tích khu vực nghiên cứu nằm ở nguy cơ cháy rừng 'cao' đến 'rất cao', phù hợp với các địa điểm xảy ra cháy rừng (Jaiswal et al., 2002). Yassemi và cộng sự (2008) tích hợp sử dụng công nghệ GIS, các mô hình môi trường và các thiết bị di động (Cellular Automata - CA) nhằm xây dựng một mô hình dự báo cháy rừng, áp dụng cho khu vực Nordegg Alberta (Canada). Kết quả nhận được cho thấy sự phù hợp giữa kết quả mô phỏng từ mô hình đề xuất và dữ liệu cháy tại khu vực nghiên cứu. Việc tích hợp công nghệ GIS-CA cho phép mô phỏng thực tế các kịch bản cháy rừng (Yassemi et al., 2008). Chowdhury và cộng sự (2013) sử dụng ảnh vệ tinh MODIS nhằm dự báo nguy cơ cháy rừng khu vực phía Bắc Alberta (Canada). Từ ảnh MODIS, các tác giả đã tính toán các thông số đầu vào, bao gồm: nhiệt độ bề mặt (land surface temperature), chỉ số hạn (Normalized Multi-band Drought Index - NMDI), chỉ số độ ẩm thực vật (TVWI - Temperature Vegetation Wetness Index) để xây dựng bản đồ dự báo nguy cơ cháy rừng (Chowdhury et al., 2013). Kết quả nhận được cho thấy, 91,63 % số vụ cháy rừng xảy ra trong khu vực được phân cấp mức độ cháy là ''rất cao''. Để nâng cao độ chính xác của các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng từ dữ liệu viễn thám và GIS, một số nghiên cứu đã sử dụng các kỹ thuật trí tuệ nhân tạo (mạng neural nhân tạo, random forest, support vector machine,...) kết hợp phương pháp phân tích thứ bậc AHP để nâng cao độ chính xác (Vasilakos et al., 2009; Oliveira et al., 2012; Dieu Tien Bui et al., 2016).

* *Tác giả liên hệ*
Email: doanthinamphuong@humg.edu.vn

Các kỹ thuật hồi quy như hồi quy đa biến (multiple regression) (Oliveira et al., 2012), hồi quy logistic (Pourghasemi, 2015), hồi quy trọng số địa lý (Geographically Weighted Regression - GWR) (Fernandez et al., 2012), kỹ thuật khai phá dữ liệu (data mining) (Arpaci et al., 2014) cũng được sử dụng để xây dựng các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng trên cơ sở đánh giá mối quan hệ giữa các yếu tố tự nhiên, xã hội và khả năng xảy ra cháy.

Arndt và cộng sự (2013) đã nghiên cứu mối quan hệ giữa các hoạt động du lịch, cơ sở hạ tầng, nông nghiệp và lâm nghiệp và sự phân bố không gian của các đám cháy rừng trong khoảng thời gian từ 1993 - 2009 bằng phương pháp hồi quy logistic. Trong nghiên cứu này, 59 biến số kinh tế - xã hội độc lập đã được được phân tích với các mô hình khác nhau, kết quả nhận được chỉ ra rằng mật độ đường sắt, đường rừng và đường mòn cùng với hoạt động nông nghiệp và lâm nghiệp có ảnh hưởng đáng kể đến nguy cơ cháy rừng (Arndt et al., 2013).

Enoh và cộng sự (2021) sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI, mô hình số độ cao DEM xác định từ dữ liệu Aster, ảnh viễn thám độ phân giải cao Google Earth để xây dựng các lớp thông tin như bản đồ lớp phủ mặt đất, các thông tin địa hình (độ dốc, độ cao, độ dài sườn), mạng lưới đường bộ, khu dân cư,... nhằm thành lập bản đồ nguy cơ cháy rừng khu vực Cross (Niger). Kết quả nhận được trong nghiên cứu cho thấy sự hiệu quả của công nghệ viễn thám và GIS trong dự báo sớm nguy cơ cháy rừng, cũng như chứng minh nguồn gốc chủ yếu của cháy rừng tại khu vực Cross là do các hoạt động của con người gây ra (Enod et al., 2021).

Nghiên cứu của Ruano và cộng sự (2022) sử dụng chỉ số thực vật NDVI xác định từ ảnh viễn thám và các dữ liệu khác về địa hình, vật liệu cháy, hạ tầng giao thông nhằm xây dựng một số mô hình dự báo khả năng cháy rừng do ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên, xã hội. Các tác giả đã lựa chọn thử nghiệm với các mô hình như mô hình tuyến tính tổng quát hóa (GLMs - Generalized Linear Models), mô hình tổng quát GAMs - Generalized Additive Models để đánh giá nguy cơ phát sinh cháy rừng do con người và các yếu tố tự nhiên gây ra. Độ chính xác của các mô hình được đánh giá trên cơ sở đường cong AUC, trong đó đạt 0,84 và 0,89 với các mô hình GLMs, GAMs (Ruano et al., 2022).

Ở Việt Nam, một số nghiên cứu đã sử dụng dữ liệu nhiệt độ bề mặt đất tính toán từ ảnh hồng ngoại nhiệt Landsat và MODIS để cảnh báo sớm các vùng có nguy cơ cháy rừng cao (Vương Văn Quỳnh, 2005; Doãn Hà Phong, 2007; Trần Quang Báo và nnk., 2016). Dữ liệu viễn thám hồng ngoại nhiệt cũng được sử dụng trong nghiên cứu (Trinh và Zablotskii, 2017) để phát hiện cháy than dưới bề mặt trong các mỏ than. Các nghiên cứu (Nguyễn Ngọc Thạch và cộng sự, 2015; Đặng Ngô Bảo Toàn, 2021; Hoàng và cộng sự, 2020) cũng đã sử dụng dữ liệu viễn thám và GIS để lập bản đồ nguy cơ cháy rừng ở các khu vực khác nhau ở Việt Nam dựa trên kỹ thuật máy học. Kết quả thu được cho thấy kỹ thuật máy học cho phép phân loại rủi ro cháy rừng với độ chính xác cao hơn so với phương pháp truyền thống sử dụng kỹ thuật phân tích thứ bậc (AHP). Nhìn chung, các nghiên cứu trên đã chứng minh hiệu quả của công nghệ viễn thám và GIS trong xây dựng mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng phục vụ công tác giám sát, giảm thiểu thiệt hại do cháy rừng gây ra.

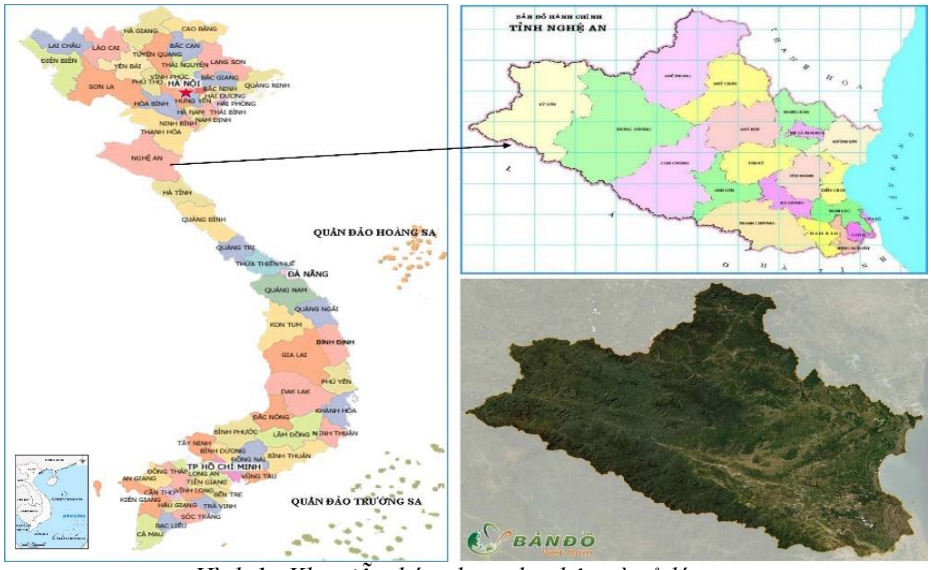
Các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng đều có những ưu, nhược điểm riêng và việc lựa chọn mô hình phù hợp với điều kiện tự nhiên, xã hội, dữ liệu ở từng khu vực cụ thể là một vấn đề có tính thực tiễn cao. Do vậy bài báo này nghiên cứu các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng bằng công nghệ Địa không gian, thử nghiệm cho khu vực phía Tây tỉnh Nghệ An.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Dữ liệu

Khu vực nghiên cứu (Hình 1) nằm ở phía Tây tỉnh Nghệ An, thuộc vùng Bắc Trung Bộ Việt Nam, có tọa độ địa lý từ 18º33'-20º01'N, 103º52'-105º48'E. Khu vực này có địa hình đa dạng và phức tạp, bị chia cắt mạnh bởi đồi, núi và hệ thống sông suối.

Dữ liệu viễn thám là các ảnh vệ tinh quang học Sentinel 2 MSI và Landsat 8, thu thập từ cơ sở dữ liệu Copernicus của Cơ quan Hàng không vũ trụ châu Âu (ảnh Sentinel 2 MSI) và Cục Khảo sát Địa chất Mỹ (USGS, ảnh Landsat 8). Dữ liệu viễn thám được thu thập và xử lý trực tiếp trên nền tảng điện toán đám mây GEE.



Hình 1. Khu viễn thám được thu thập và xử lý trực

65 cảnh ảnh Sentinel 2 MSI, bao gồm ảnh Sentinel 2A và Sentinel 2B ở các phiên hiệu T48 QUG, T48 QVG, T48 QWG, T48 QVF và T48 QWF chụp giai đoạn từ 15/11/2021 đến 16/01/2022 được sử dụng để tạo ảnh không mây khu vực nghiên cứu (phía Tây tỉnh Nghệ An). Ảnh Sentinel 2 MSI khu vực thực nghiệm được tiến hành lọc mây và lọc bóng mây bằng cách sử dụng thuật toán Google cloudScore để tạo mặt nạ cho đám mây và Temporal Dark Outlier Mask (TDOM) cho bóng mây.

Mô hình số độ cao DEM SRTM với độ phân giải không gian 30 m được thu thập trên nền tảng Google Earth Engine (GEE). Dữ liệu về mật độ dân cư được thu thập từ cơ sở dữ liệu WorldPop. Trong khi đó, dữ liệu về tốc độ gió và lượng mưa trung bình tháng được thu thập từ cơ sở dữ liệu WorldClim

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp phân tích thứ bậc AHP

Phương pháp AHP được phát triển bởi Saaty là một trong những cách tiếp cận phân tích đa chỉ tiêu (MCA) linh hoạt và thuận lợi nhất, đã được sử dụng rộng rãi trong xây dựng các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng từ dữ liệu viễn thám và GIS. Trong mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng theo phương pháp AHP, mỗi yếu tố đầu vào có giá trị trọng số ảnh hưởng riêng, từ đó xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ cháy rừng.

Bước 1: Xác định các yếu tố có liên quan đến nguy cơ cháy rừng (lớp phủ thực vật, độ ẩm bề mặt, nhiệt độ, độ dốc, hướng dốc,...), sắp xếp chúng theo cấu trúc thứ bậc.

Bước 2: Xác định mức độ quan trọng tương đối của các chỉ tiêu bằng cách so sánh cặp.

Việc so sánh được thực hiện giữa các cặp chỉ tiêu với nhau và tổng hợp lại thành một ma trận gồm n dòng và n cột (n là số chỉ tiêu). Phần tử a_{ij} thể hiện mức độ quan trọng của chỉ tiêu hàng *i* so với chỉ tiêu cột *j*.

$$A = (a_{ij})_{n\times n} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Mức độ quan trọng tương đối của chỉ tiêu *i* so với *j* được tính theo tỷ lệ *k* (*k* từ 1 đến 9), ngược lại của chỉ tiêu *j* so với i là *1/k*. Như vậy, $a_{ij} > 0$, $a_{ij} = 1/a_{ji}$, $a_{ii} = 1$ (Saaty, 2000; Saaty, 2008).

Bước 3: Tính tỉ số nhất quán (CR) của từng ma trận so sánh cặp. Những ma trận so sánh có tỉ số nhất quán (CR) ≤ 10% thì đưa vào tính toán tổng hợp, ngược lại thì cần phải thẩm định lại mức độ quan trọng của các chỉ tiêu. Chỉ số nhất quán được xác định theo công thức (Saaty, 2000; Saaty, 2008):

$$\mathrm{CR} = \frac{\mathrm{CI}}{\mathrm{RI}} \quad (2)$$

trong đó: CI - chỉ số nhất quán, là chỉ số đo lường mức độ chệch hướng nhất quán, được xác định theo công thức (Saaty, 2000; Saaty, 2008):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Với λ_{max} là giá trị trung bình của vector nhất quán và n là số chỉ tiêu:

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}.w_j}{w_i} \quad (4)$$

RI là chỉ số ngẫu nhiên, hay giá trị trung bình của CI khi nhận định so sánh ngẫu nhiên, phụ thuộc vào số chỉ tiêu được so sánh.

Bước 4: Tính toán trọng số (W) cho từng chỉ tiêu theo phương pháp vector riêng hoặc phương pháp chuẩn hóa ma trận.

Bước 5: Tổng hợp chỉ số thích nghi theo công thức:

$$S = \Sigma(W_i.X_i) \quad (5)$$

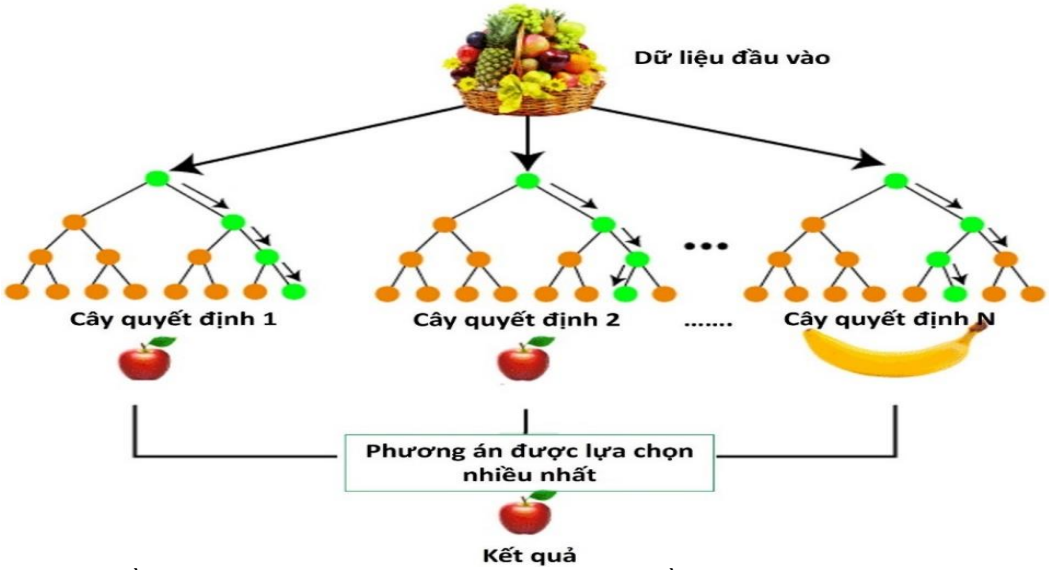
trong đó: S là chỉ số thích nghi, W_i là trọng số của chỉ tiêu i, X_i là giá trị (đã lượng hóa) của chỉ tiêu i, i là chỉ tiêu (i = 1, n).

Bước 6: Chuyển đổi từ chỉ số thích nghi sang mức độ thích nghi (S1, S2, S3, N).

Trong mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng từ dữ liệu viễn thám và GIS trên cơ sở phương pháp phân tích thứ bậc AHP, ứng với mỗi chỉ tiêu (yếu tố ảnh hưởng đến khả năng xảy ra cháy rừng) sẽ xây dựng một lớp thông tin chuyên đề GIS, tiến hành tổng hợp và chồng xếp các lớp thông tin, tích hợp các trọng số đánh giá và phân loại theo cấp độ ảnh hưởng phù hợp để thành lập bản đồ dự báo nguy cơ cháy rừng.

2.2.2. Phương pháp sử dụng thuật toán Rrừng từ dữ

Thuật toán Random Forest tỏ ra hữu ích đối với nhiều loại dữ liệu khác nhau, bao gồm cả các lớp dữ liệu không gian. Đây là thuật toán dễ sử dụng, quá trình đào tạo nhanh và kết quả phân loại (dự đoán) có độ chính xác cao.

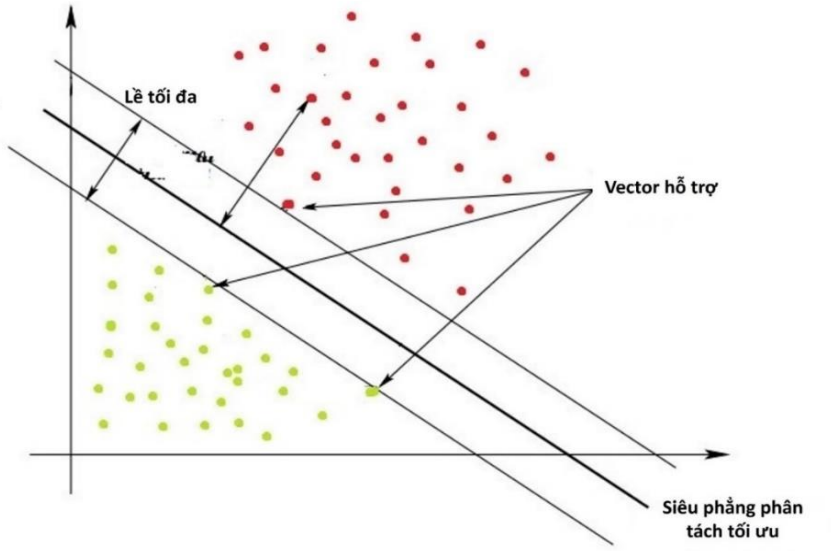


Hình 2. Sơ đồ thuật toán RF trong phân loại (chỉnh sửa từ nguồn: https://www.section.io/)

RF ho://www.section.io/.section.io/" phân loại yết định (decision tree) trên các mẫu huấn luyện, mỗi cây quyết định sẽ khác nhau (có yếu tố ngẫu nhiên). Sau đó ở bước dự đoán, với một dữ liệu mới, với mỗi cây quyết định sẽ đi từ trên xuống theo các điều kiện để thu được kết quả dự đoán.

2.2.3. Phương pháp sử dụng thuật toán Máy hỗ trợ vector

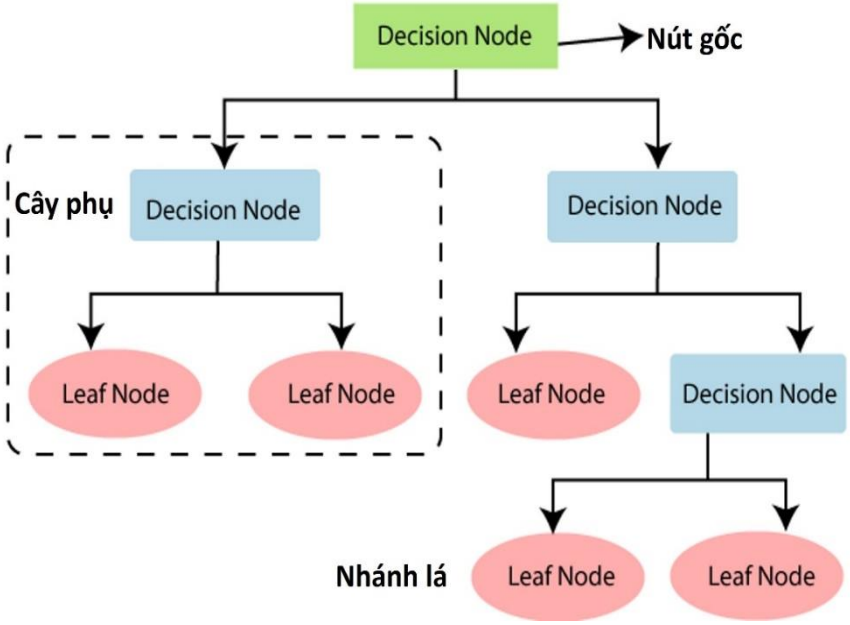
Máy vector hơ torg pháp sử dụng thuật toán Máy hỗ trợ yết định (decision tree) trên các mẫu huấn luyện, mỗi cây quyết định sẽ khác nhau (có yếu tố ngẫu nhiên). Sau đó ở bước dự đoán, hiều (tương ứng với N đặc trưng) để phân loại các điểm dữ liệu.



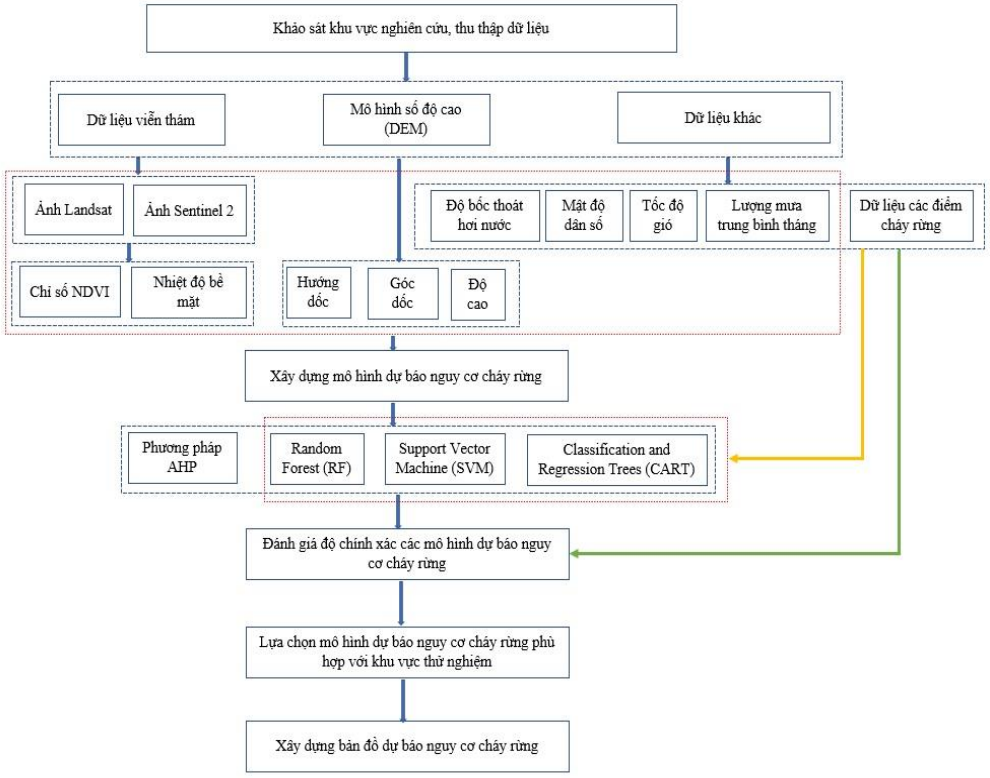
Hình 3. Mô tả các vector hỗ trợ trong thuật toán SVM

2.2.4. Phương pháp sử dụng thuật toán cây phân loyết định (dec

Cây phân loại và hồi quy (CART) là một kỹ thuật học máy có giám sát thường được sử dụng để dự đoán biến mục tiêu định tính, tạo lại cây phân loại hoặc biến mục tiêu liên tục, tạo cây hồi quy. Việc phân loại của CART đòi hỏi một cây nhị phân, là sự kết hợp của nút gốc ban đầu, nút quyết định và nút kết thúc. Nút gốc và mỗi nút quyết định đại diện cho một đặc tính và giá trị ngưỡng của nó.



Hình 4. Mô tả thuật toán Cây phân loại và hồi quy CART (nguồn: https://www.javatpoint.com/)

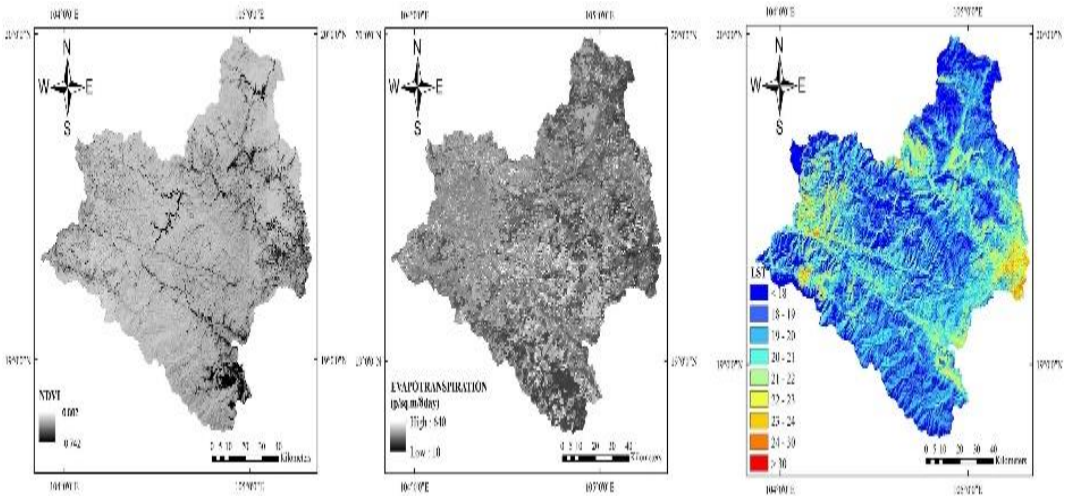


Hình 5. Quy trình xây dựng bản đồ dự báo nguy cơ cháy rừng bằng công nghệ địa không gian

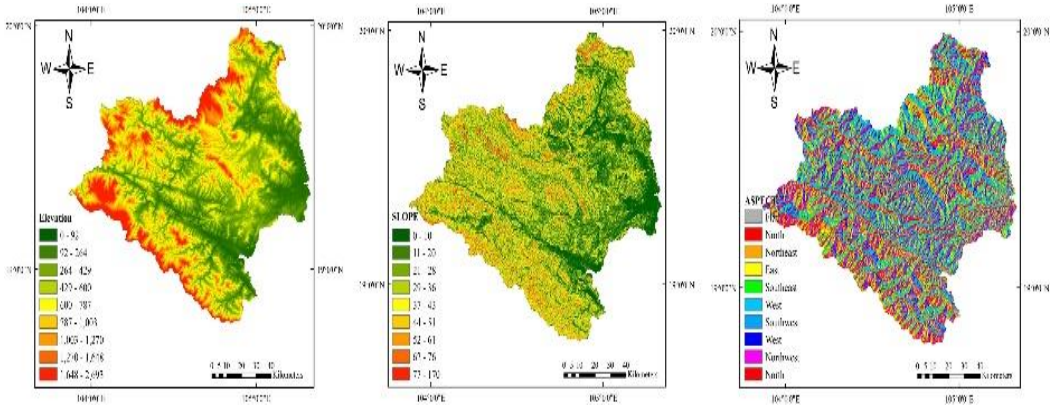
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả xây dựng các lớp thông tin chuyên đề

Hình ảnh Sentinel 2 MSI sau khi thu thập và tiền xử lý được sử dụng để tính toán chỉ số thực vật NVDI. Trong khi đó, ảnh Landsat 8 được dùng để tính toán nhiệt độ bề mặt đất theo mô hình của NASA. Kết quả thành lập bản đồ lớp phủ thực vật (chỉ số NDVI), bốc thoát hơi nước bề mặt và các tầng nhiệt độ bề mặt đất khu vực phía Tây tỉnh Nghệ An từ tư liệu viễn thám được trình bày trong Hình 6.

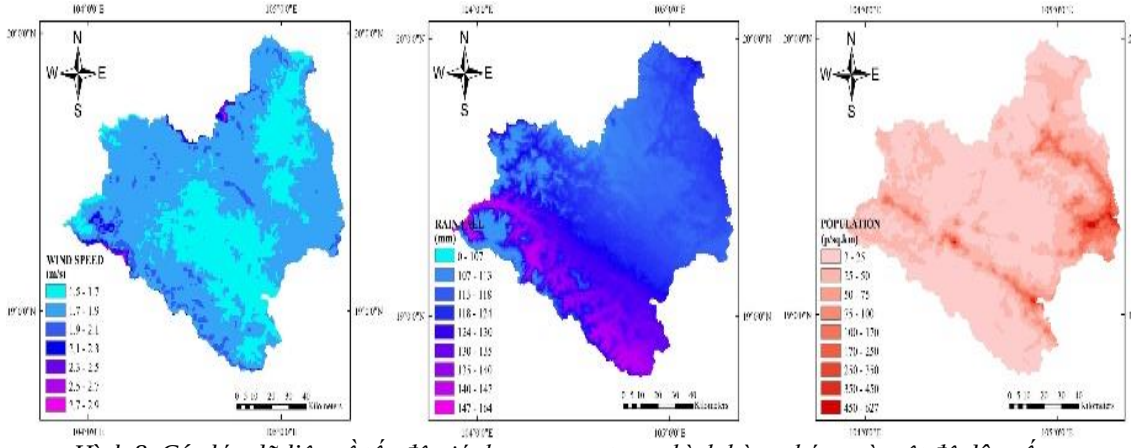


Hình 6. Các lớp dữ liệu NDVI, NMDI và nhiệt độ bề mặt đất cho mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng



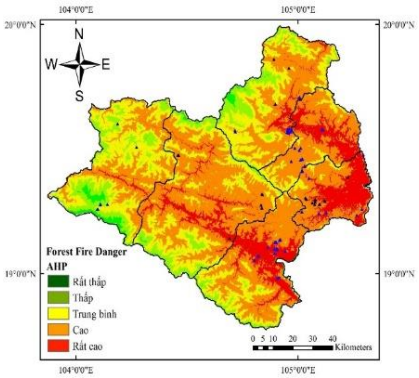
Hình 7. Các lớp dữ liệu độ cao, độ dốc và hướng sườn cho mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng

Hình 8 trình bày tốc độ gió, lượng mưa trung bình tháng và các lớp đầu vào mật độ dân số của mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng ở khu vực phía Tây tỉnh Nghệ An. Do độ phân giải của dữ liệu được thu thập từ cơ sở dữ liệu WorldPop và WorldClime là 1000 m nên để phù hợp với các lớp dữ liệu khác của mô hình dự báo rủi ro cháy rừng, các lớp dữ liệu này được nội suy thành kích thước pixel 10 m.

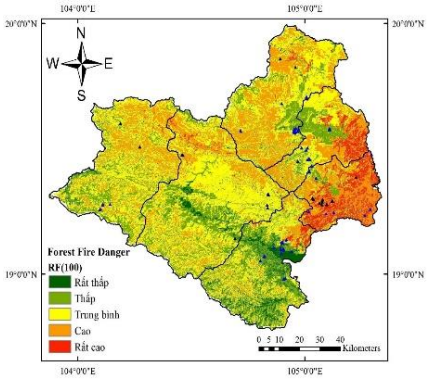


Hình 8. Các lớp dữ liệu về tốc độ gió, lượng mưa trung bình hàng tháng và mật độ dân số cho mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng

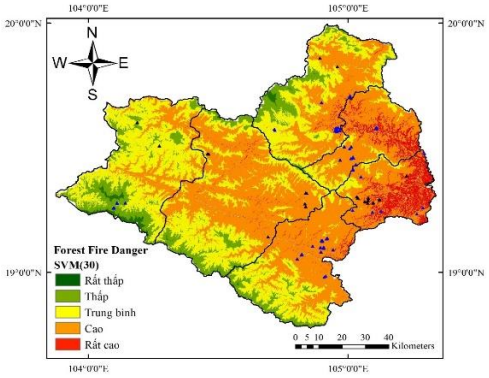
3.2. Kết quả lập bản đồ dự báo nguy cơ cháy rừng



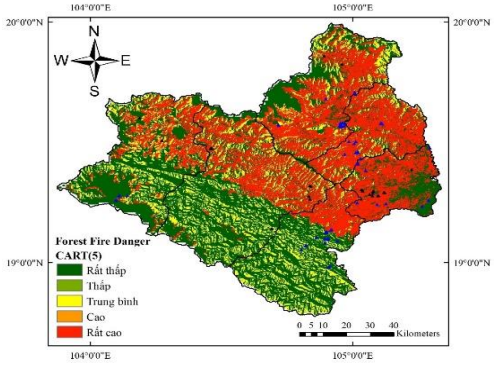
Hình 9. Kết quả lập bản đồ nguy cơ cháy rừng bằng kỹ thuật AHP



Hình 10. Kết quả lập bản đồ nguy cơ cháy rừng bằng thuật toán RF



Hình 11. Kết quả lập bản đồ nguy cơ cháy rừng bằng thuật toán SVM



Hình 12. Kết quả lập bản đồ nguy cơ cháy rừng bằng thuật toán CART

3.3. Đánh giá độ chính xác của mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng

Dữ liệu thực địa từ cơ sở dữ liệu của Cục Kiểm lâm (Bộ NN&PTNT) gồm 36 điểm cháy và 61 điểm không cháy được sử dụng để so sánh, đánh giá độ chính xác của các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng (Bảng 1). Kết quả thu được cho thấy, mô hình sử dụng thuật toán RF100 có độ chính xác cao nhất, trong đó 31/36 điểm cháy phân bố ở khu vực có mức độ cháy cao và rất cao.

Bảng 1. So sánh kết quả dự báo nguy cơ cháy rừng giữa các mô hình

Thuật toán	**Cấp độ nguy cơ cháy rừng**					
		Rất thấp	**Thấp**	**TB**	**Cao**	**Rất cao**
RF100	Điểm cháy	**0**	**2**	**3**	**8**	**23**
	Điểm không cháy	**14**	**25**	**15**	**5**	**2**
CART30	Điểm cháy	0	2	2	8	24
	Điểm không cháy	10	19	2	1	29
SVM25	Điểm cháy	1	3	11	18	3
	Điểm không cháy	3	17	8	28	5
AHP	Điểm cháy	0	8	7	15	6
	Điểm không cháy	0	3	5	1	22

Đánh giá dựa trên đường cong ROC

Ngoài ra, nghiên cứu còn sử dụng đường cong ROC và chỉ số AUC để đánh giá độ chính xác của các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng (Bảng 2), trong đó thuật toán RF100 cũng có giá trị AUC cao nhất.

Bảng 2. Giá trị AUC của các mô hình học máy

	RF (3)	**RF (100)**	CART (30)	SVM (25)
AUC	0.947	**0.951**	0.916	0.756

3.4. Thảo luận

Trong những năm gần đây, do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu các vụ cháy rừng xảy ra ngày càng thường xuyên và trên diện rộng, gây ra những hậu quả có hại cho môi trường tự nhiên, bao gồm giảm chất lượng không khí và nước, gây nguy hiểm cho nhiều loài khác nhau và thiệt hại kinh tế. Vì vậy, bài báo này trình bày các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng và lựa chọn mô hình tối ưu nhất cho khu vực nghiên cứu. 09 lớp dữ liệu đầu vào của mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng bao gồm: mật độ dân số, lớp phủ thực vật, bốc thoát hơi nước bề mặt, độ cao, độ dốc, khía cạnh, tốc độ gió, nhiệt độ bề mặt đất và lượng mưa trung bình hàng tháng.

Để dự báo nguy cơ cháy rừng, 04 phương pháp đã được thử nghiệm bao gồm: kỹ thuật AHP và 03 phương pháp học máy (RF, SVM, CART). Độ chính xác của các phương pháp này được đánh giá và so sánh dựa trên số liệu thực tế của Cục Kiểm lâm (Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn) và đường cong ROC. Kết quả thu được cho thấy thuật toán RF với tham số numberOfTrees 100 cho phép dự báo nguy cơ cháy rừng với độ chính xác cao.

Do khả năng chủ động của nguồn dữ liệu viễn thám và GIS, bước tiếp theo có thể xây dựng phần mềm tự động cập nhật và bóc tách các lớp đầu vào của mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng, từ đó đưa ra kết quả dự báo kịp thời.

Ngoài dữ liệu tại chỗ từ cơ sở dữ liệu của Cục Kiểm lâm (Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn), cần thu thập các dữ liệu khác về các khu vực từng xảy ra cháy rừng để giúp tăng độ chính xác của mô hình học máy trong quá trình học tập và phân loại.

4. Kết luận

Nghiên cứu các mô hình dự báo nguy cơ cháy rừng bằng công nghệ địa không gian, thử nghiệm cho khu vực phía Tây tỉnh Nghệ An đạt hiệu quả cao.

Trên cơ sở so sánh, đánh giá kết quả dự báo nguy cơ cháy rừng từ mô hình đề xuất và dữ liệu các điểm cháy, điểm không cháy từ CSDL của Cục Kiểm lâm, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn cho thấy, phương án sử dụng thuật toán Random Forest với giá trị tham số numberOfTrees bằng 100 (RF100) cho độ chính xác cao nhất, thể hiện ở tỉ lệ các điểm cháy phân bố ở các khu vực có cấp độ dự báo nguy cơ cháy 'cao' và 'rất cao', đạt cao nhất.

Bản đồ dự báo nguy cơ cháy rừng được xây dựng trong nghiên cứu này có khả năng cung cấp những thông tin cho các nhà quản lý rừng và chính quyền tỉnh Nghệ An, hỗ trợ quy hoạch sử dụng đất và phòng chống cháy rừng.

Tài liệu tham khảo

Aronoff S., 1989. Geographic Information System, WDL Publication, Ottaw, 19.

Arndt N., Vacik H., Koch V., Arpaci A., Gossow H., 2013. Modelling human-caused forest fire ignition for assessing forest fire danger in Austria. iForest 6: 315-325.

Arpaci A., Eastaugh C., Vacik H., 2013. Selecting the best performing fire weather indices for Austrian ecoregions. Theoretical and Applied Climatology, 114, 393-406.

Arpaci A., Malowerschnig B., Sass O., Vacik H., 2014. Using multi variate data mining techniques for estimating fire susceptibility of Tyrolean forests. Applied Geography, 53, 258-270.

Avetisyan D., Nedkov R., 2015. Assessment of fire hazard zones in the forest landscapes in Simitli Municipality (Bulgaria). Journal of Environment Protection and Sustainable Development, 1(4), 225-233.

Beals E.A., 1914. The value of weather forecasts in the problem of protecting forests from fire. Monthly Weather Review, 42, 111-119.

Breiman L., 2001. Random Forests, Machine Learning 45, 5-32, https://doi.org/10.1023/A:1010933404324.

Breiman L., Friedman J., Olshen R., Stone C., 1984. Classification and regression trees, Monterey. CA: Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software, ISBN 978-0-412-04841-8.

Bế Minh Châu, Vương Văn Quỳnh, 2010. Nghiên cứu hoàn thiện phương pháp và phần mềm cảnh báo nguy cơ cháy rừng ở Việt Nam, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, số 10, trang 105-111.

Chính phủ nước CHXHCN Việt Nam, 2018. Nghị định Quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Lâm nghiệp, số 156-2018/NĐ-CP.

Chandler C., Thomas P., Trabaud L., Williams D., 1993. Fire in forestry, Volume I: Forest fire behavior and effects. John Wiley & Sons, New Yok.

Chowdhury H., Hassan K., 2013. Use of remote sensingderived variables in developing a forest fire danger forecasting system. Natural Hazards, 67, 321-334

Cooper S., Neiman K., Roberts D., 1991. Forest habitat types of northern Idaho: A second approximation, General Technical Report, INT 236, Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture. Forest Service, Intermountain Research Station. 143 p.

Cortes C., Vapnik V. 1995. Support-vector networks. Mach Learn 20, 273-297, https://doi.org/10.1007/BF00994018.

Danielson J., Gesch D., 2011. Global multi-resolution terrain elevation data 2010 (GMTED 2010). Open-File Report 2011-1073.

Dieu Tien Bui, Quang Thanh Bui, Quoc Phi Nguyen, Pradhan B., Nampak H., Phan Trong Trinh, 2017. A hybrid artificial intelligence approach using GIS-based neural-fuzzy inference system and particle swarm optimization for forest fire susceptibility modeling at a tropical area. Agricultural and Forest Meteorology, 233, 32-44.

Dieu Tien Bui, Kim Thoa Thi Le, Van Cam Nguyen, Hoang Duc Le, Revhaug I., 2016. Tropical Forest Fire Susceptibility Mapping at the Cat Ba National Park Area, Hai Phong city, Vietnam, Using GIS-Based Kernel Logistic Regression. Remote Sensing, 8, 347, doi:10.3390/rs8040347.

Dong X., 2005. Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe Forestry Bureau, Jilin, China. Journal of Forestry Research 16(3): 169-174.

Lê Sỹ Doanh, Vương Văn Quỳnh, 2014. Phương pháp dự báo nguy cơ cháy rừng theo điều kiện khí hậu ở Việt Nam. Tạp chí Khoa học công nghệ Lâm nghiệp, số 1, 3-10.

Lê Ngọc Hoàn, Trần Quang Bảo, 2018. Ứng dụng thuật toán trích xuất điểm dị thường nhiệt từ ảnh vệ tinh MODIS để phát hiện cháy rừng ở Việt Nam, Tạp chí Khoa học công nghệ Lâm nghiệp, số 1, 94-102.

Lê Văn Hưng, Nguyễn Thị Thanh, Đặng Hữu Nghị, Hoàng Anh Đức, 2019. Xây dựng mô hình học sâu đánh giá nguy cơ cháy rừng tại Lâm Đồng, Hội nghị nghiên cứu cơ bản trong Khoa học Trái đất và Môi trường, 386-389.

Nguyễn Thị Mai Dương, Lã Nguyên Khang, Lê Công Trường, Phùng Văn Kiên, Nguyễn Văn Hào, 2016. Phân tích nguyên nhân mất rừng, suy thoái rừng làm cơ sở đề xuất giải pháp quản lý bảo vệ rừng tỉnh Đắk Nông, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp, số 6, 39-48.

Nguyễn Văn Hùng, 2022. Nghiên cứu ứng dụng dữ liệu viễn thám đa thời gian trong giám sát sự biến động hệ thực vật vùng ven biển (vùng chuyển tiếp giữa lục địa và biển, bao gồm vùng biển ven bờ và vùng đất ven biển), Báo cáo tổng hợp đề tài khoa học và công nghệ, Bộ Tài nguyên và Môi trường.

Nguyễn Văn Lợi, Trần Minh Đức, Nguyễn Phương Văn, 2017. Thực trạng và giải pháp quản lý cháy rừng ứng phó với biến đổi khí hậu tại tỉnh Quảng Bình, Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 4, 139-150.

Phạm Minh Hải, Vũ Ngọc Phan, 2018. Ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS nghiên cứu vật liệu cháy trong các kiểu rừng phục vụ công tác phòng chống cháy rừng tại tỉnh Bắc Giang, Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, số 35, 29-37.

Phạm Ngọc Hưng, 1988. Xây dựng phương pháp dự báo cháy rừng Thông nhựa (*Pinus merkusii* J.) ở Quảng Ninh, Luận án PTS khoa học Nông nghiệp, Hà Nội.

Phạm Ngọc Hưng, 2004. Quản lý cháy rừng ở Việt Nam, Nhà xuất bản Nghệ An, 233 trang.

Trần Văn Hùng, Võ Quang Minh, Võ Thị Gương, 2010. Xây dựng phương pháp cảnh báo cháy rừng ở khu vực Vườn quốc gia U Minh Hạ, Cà Mau dưới sự hỗ trợ của Hệ thống thông tin địa lý (GIS), Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 14, 97-106.

Trịnh Lê Hùng, 2014. Nghiên cứu phân bố nhiệt độ bề mặt từ dữ liệu ảnh hồng ngoại nhiệt Landsat, Tạp chí Các Khoa học về Trái đất, số 36(1), 82-89.

ABSTRACT

Studying a model to predict forest fire risk by geospatial technology, testing for the western region of Nghe An province

Doan Thi Nam Phuong[1,*], Nguyen Van Trung[1], Tran Xuan Truong[1], Le Thi Thu Ha[1]

Nguyen Tien Hon[2], Do Ngoc Sang[2]

[1]*Geomatics in Earth Sciences Research Group, Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Str., Duc Thang ward, Hanoi 100000, Vietnam*

[2]*Graduate student, Course 44, of Remote Sensing Maps and Geographic Information Systems, Hanoi University of Mining and Geology*

Frequent forest fires are causing serious harm to the natural environment, such as reducing air quality and threatening various species. Researching forest fire risk forecasting models is a very important and urgent task in the current conditions. Geospatial technology, mainly remote sensing technology and geographic information system (GIS), has been widely and effectively used in building models to predict the risk of forest fires in the world. Remote sensing and GIS allow the collection of data on forest cover and use them for analysis, management, and modeling for early warning of the risk of forest fires. To predict the risk of forest fires, 04 methods were tested, including: AHP hierarchical analysis method and 03 machine learning methods (RF, SVM, CART). Comparing the AUC values of the forecasting models, the obtained results show that the Random Forest algorithm with the numberOfTrees parameter equal to 100 (RF100) has the highest accuracy, the AUC value is 0.951 trials in the western region. western Nghe An province. The forest fire hazard map from this study could be useful to policy makers and Nghe An provincial authorities, supporting planning and sustainable land use.

Keywords: Forest fire risk, GIS, Random Forest, Nghe An province.

Thử nghiệm quan trắc tự động các cột thu phát sóng bằng công nghệ GNSS RTK

Dương Thành Trung[1,*], Lại Đức Trường[2], Nguyễn Đỗ Quang Duy[3], Diêm Công Trang[4]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Công ty CP Công nghệ hạ tầng cơ sở Aitogy*
Trường Đại học công nghiệp Hà Nội
[4]*Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*

TÓM TẮT

Các cột thu phát sóng cho các mục đích truyền thanh, truyền hình, viễn thông,… được xây dựng để lắp đặt các ăng ten thu phát sóng nhằm cung cấp dịch vụ thông tin và viễn thông. Để tối ưu phạm vi thu phát sóng, các cột này thường được xây dựng ở độ cao từ 60 -100 m. Trong thực tế, do có chiều cao lớn và chịu sự tác động trực tiếp của các điều kiện môi trường như bão, gió và mưa nắng,… các trạm thu phát sóng thường xuyên bị rung lắc, chuyển dịch khỏi vị trí thiết kế. Điều này làm ảnh hưởng đến tính năng vận hành và sự an toàn của cột. Do vậy, việc quan trắc độ ổn định các cột thu phát sóng là cần thiết. Nghiên cứu này giới thiệu phương pháp và thực nghiệm việc quan trắc các cột phát sóng viễn thông sử dụng GNSS RTK. Trong nghiên cứu, các trạm quan trắc được kết nối với trạm tham chiếu liên tục (CORS) quốc gia để tối ưu về giá thành và độ chính xác. Các giải pháp nhằm giảm nhiễu gây ra bởi sóng viễn thông và nhiễu đa đường dẫn trong đo GNSS được đề xuất để nâng cao độ tin cậy của kết quả quan trắc.
Từ khóa: GNSS RTK, cột viễn thông, quan trắc tự động, CORS.

1. Đặt vấn đề

Ngày nay, cùng với sự phát triển kinh tế và xã hội, các công trình cơ sở hạ tầng quy mô lớn ngày càng gia tăng. Các công trình xây dựng lớn thường phải chịu tác động mạnh của nhiều yếu tố ngoại cảnh như tải trọng, gió, nhiệt độ, động đất,… Những tác động này gây ra sự biến dạng và sự thiếu ổn định của công trình. Để đánh giá tình trạng của công trình và kịp thời phát hiện những vấn đề bất ổn trong quá trình thi công và vận hành công trình, việc quan trắc công trình là rất cần thiết. Ở Việt Nam, các phương pháp quan trắc truyền thống được áp dụng phổ biến. Trong các phương pháp này, một mạng lưới với các mốc quan trắc được thiết lập, việc quan trắc được thực hiện định kỳ theo các chu kỳ với một khoảng thời gian nhất định. Sự biến dạng của công trình được phát hiện và đánh giá chủ yếu thông qua việc quan trắc lún sử dụng các máy thủy bình có độ chính xác cao và quan trắc chuyển dịch ngang bằng máy toàn đạc điện tử. Ưu điểm của các phương pháp truyền thống là cho độ tin cậy cao, quy trình đã được hướng dẫn chi tiết theo các tiêu chuẩn ở trong nước. Tuy vậy, nhược điểm của phương pháp truyền thống là do được thực hiện theo các chu kỳ với một khoảng thời gian nhất định nên không kịp thời phát hiện những biến cố tức thời trong quá trình thi công và vận hành công trình. Mặt khác, việc quan trắc cũng gặp khó khăn đối với một số dạng công trình có độ rung lắc lớn hoặc khó tiếp cận trực tiếp như các công trình cầu bắc qua sông, các công trình dạng tháp cao tầng hoặc trong những điều kiện thời tiết khắc nghiệt như gió bão, động đất,...

Gần đây, với sự phát triển của công nghệ định vị vệ tinh toàn cầu GNSS cùng với sự ra đời của các cảm biến quan trắc, việc quan trắc công trình có thể được thực hiện một cách tự động và tức thời (Kaya và Safak, 2013; Xiaolin Meng, 2002). Trong phương pháp quan trắc này, các thiết bị chuyên dụng như máy thu GNSS độ chính xác cao, máy đo độ nghiêng, cảm biến nhiệt độ, áp suất,… được gắn cố định vào công trình và được tích hợp thành một hệ thống. Việc thu, xử lý và phân tích số liệu được thực hiện tức thời, do vậy tình trạng thực tế của công trình được phản ánh một cách liên tục, tức thời. Tuy vậy, công nghệ quan trắc này hiện tại còn khá đắt trong điều kiện của Việt Nam do hai nguyên nhân chính là các máy móc thiết bị và phần mềm chuyên dụng có giá thành cao và quy trình vận hành còn chưa được nghiên cứu, chuẩn hóa một cách chi tiết.

* *Tác giả liên hệ*
Email: duongthanhtrung@humg.edu.vn

Mục đích chính của việc quan trắc công trình thời gian thực là để theo dõi tình trạng sức khỏe của công trình (Structure Health Monitoring), đánh giá các nguyên nhân tác động và kịp thời phát hiện những hư hỏng (Kaya và Safak, 2013).

Trong đó, các thông số để đánh giá tình trạng của công trình bao gồm mức độ chuyển dịch, chuyển vị, lún, nghiêng, vặn soắn, độ rung lắc, sức căng kết cấu,…

Những tình trạng này có thể được đánh giá thông qua các thiết bị đo đạc, cảm biến như máy thu GNSS, máy toàn đạc điện tử tự động, cảm biến nghiêng, cảm biến rung, cảm biến sức căng,… Các yếu tố chính gây nên và làm ảnh hưởng đến sức bền của công trình bao gồm tải trọng của công trình và tải trọng mang, các tác động từ môi trường như nhiệt độ, áp suất, gió, động đất và ánh sáng mặt trời. Mức độ tác động của các yếu tố môi trường có thể tính toán, phân tích thông qua các cảm biến như nhiệt kế, áp suất kế, phong kế, camera giám sát và các thiết bị phụ trợ khác (Alojz KOPÁČIK và nnk., 2015).

Alojz Kopáčik và nhóm tác giả (Alojz KOPÁČIK và nnk., 2015) giới thiệu việc quan trắc thời gian thực cầu dây văng nhịp lớn Lafranconi ở Bratislava, Cộng hòa Slovak. Theo bài báo này, hệ thống quan trắc tự động bao gồm hai nhóm cảm biến chính là nhóm các cảm biến trắc địa bao gồm máy thu GNSS, máy toàn đạc điện tử tự động, cảm biến nghiêng với độ chính xác cao và nhóm cảm biến khí tượng bao gồm cảm biến nhiệt độ, áp suất, độ ẩm, tốc độ và hướng gió,… Các cảm biến này được kết nối vào một máy tính chủ để đồng bộ hóa về thời gian và các số liệu đo được xử lý bằng phần mềm Geomos của hãng Leica để đưa ra các số liệu phân tích.

Xiao Meng, (2002) đã phân tích chi tiết và đánh giá khả năng của việc quan trắc biến dạng cầu ở thời gian thực sử dụng máy thu GNSS và gia tốc kế. Theo kết luận của tác giả, việc lựa chọn và nâng cao độ chính xác định vị của GNSS là cần thiết để có thể đáp ứng được yêu cầu quan trắc chuyển dịch công trình ở mức milimet về độ chính xác.

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu và ứng dụng GNSS trong quan trắc công trình, việc ứng dụng GNSS RTK trong quan trắc các trạm thu phát sóng vẫn còn nhiều thách thức mà nghiên cứu này hướng đến giải quyết như yêu cầu tối ưu về giá thành thiết bị và khả năng lọc nhiễu sóng điện từ để đảm bảo yêu cầu kỹ thuật đặt ra. Trong nghiên cứu này sẽ tập trung đề xuất giải pháp kỹ thuật và báo cáo các kết quả thử nghiệm, từ đó đề xuất các ứng dụng trong thực tế.

2. Thiết kế trạm quan trắc liên tục thời gian thực

2.1. Đặc điểm công nghệ quan trắc liên tục

Công nghệ quan trắc liên tục được ứng dụng cho công tác quan trắc dịch động các trạm thu phát sóng di động (Base Transceiver Station - BTS) dựa trên công nghệ định vị vệ tinh, định vị động thời gian thực (Real-Time Kinemtic) với ứng dụng mạng lưới Base-RTK được sử dụng. Ưu điểm lớn nhất của công nghệ này là có thể đo được trong mọi điều kiện thời tiết và không cần thông hướng mặt đất như đối với phương pháp sử dụng máy toàn đạc điện tử. Dữ liệu thu thập được của Rover được tự động truyền về trung tâm xử lý thông qua mạng internet, mạng viễn thông 3G, 4G.

2.2. Bố trí trạm quan trắc và lắp đặt thiết bị quan trắc

Để thực hiện quan trắc bằng công nghệ GNSS RTK, có các loại trạm bao gồm các trạm tham chiếu liên tục (CORS), trạm quan trắc cơ sở (Base) và trạm quan trắc (Rover).

2.2.1. Trạm tham chiếu liên tục

Là các trạm CORS nhà nước, có độ ổn định cao (theo tiêu chuẩn lưới mặt bằng, độ cao hạng II, III nhà nước) phát tín hiệu cải chính liên tục (Hình 1a). Tuy nhiên, với tổng số 65 trạm hiện nay, mật độ các trạm CORS hiện nay là không đủ để làm trạm cơ sở trên phạm vi toàn quốc. Mặt khác, việc thu tín hiệu liên tục từ trạm CORS của các tất cả các trạm quan trắc BTS cũng sẽ gặp vấn đề về đường truyền và chi phí cấp phát tài khoản sử dụng CORS.

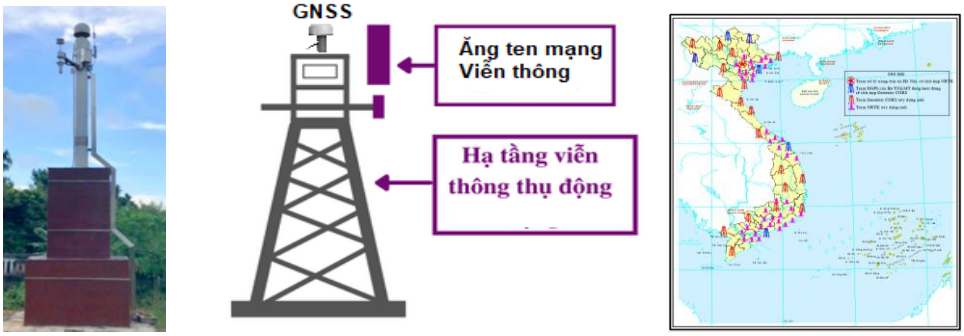
2.2.2. Trạm quan trắc cơ sở

Trạm quan trắc cơ sở, được lắp đặt tại các trạm BTS có độ ổn định cao và được điều chỉnh thông số liên tục dựa trên việc kết nối với trạm CORS quốc gia. Trạm quan trắc cơ sở vừa được dùng để quan trắc chính nó, đồng thời làm trạm cơ sở (Base) cho các trạm khác (Hình 1b).

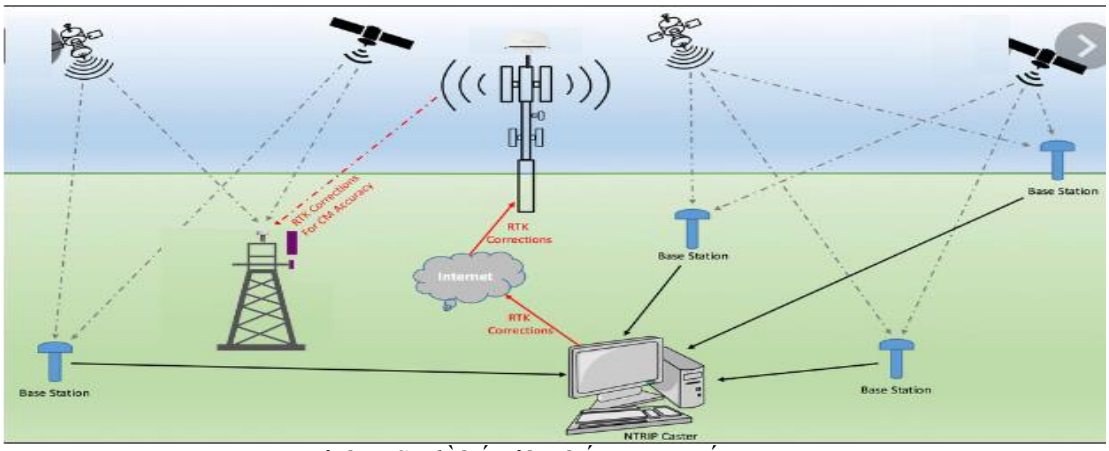
2.2.3. Trạm quan trắc thường

Trạm quan trắc có ăng ten máy thu GNSS RTK được gắn trên đỉnh của trạm BTS được trang bị bộ truyền tín hiệu 3/4G để truyền tín hiệu về Server.

Tọa độ các điểm mốc quan trắc có thể được cập nhật liên tục theo tần suất thời gian theo yêu cầu của công tác quan trắc, do đó, nó cho phép xác định sự dịch động của các trạm BTS một cách liên tục với độ chính xác cao (Hình 2).



Hình 1. Trạm CORS Quốc gia (a), Trạm quan trắc cơ sở (b) và mạng lưới trạm CORS Quốc gia (c)



Hình 2. Sơ đồ bố trí hệ thống quan trắc BTS

2.3. Truyền và thu nhận thông tin

Phương thức kết nối dữ liệu của công nghệ đo động thời gian thực được miêu tả như Hình 2. Đối với quan trắc liên tục thời gian thực các trạm BTS, trung tâm xử lý số liệu sẽ thu nhận dữ liệu quan trắc thông qua mạng internet, 3G, 4G. Dữ liệu này được xử lý để phân tích hiện trạng dịch chuyển của các trạm BTS và đưa ra những cảnh báo cần thiết.

2.4. Độ chính xác quan trắc

Độ chính xác được xác định phụ thuộc vào mục đích quan trắc, điều kiện địa hình và độ dịch chuyển trung bình dự kiến. Nguyên tắc cơ bản xác định sai số cho phép là sai số xác định tọa độ phải bé hơn từ 2 đến 3 lần độ dịch chuyển dự kiến giữa các chu kỳ quan trắc gần nhau hoặc nhỏ hơn 10 % biên độ dao động lớn nhất. Ví dụ, với biên độ dao động ngang cho phép trung bình 15 cm, yêu cầu độ chính xác tối thiểu của thiết bị là có thể xác định được sự chuyển dịch của hai chu kỳ liên tiếp là ±1,5 cm về mặt bằng.

2.5. Thiết bị và phần mềm cho công tác quan trắc tự động

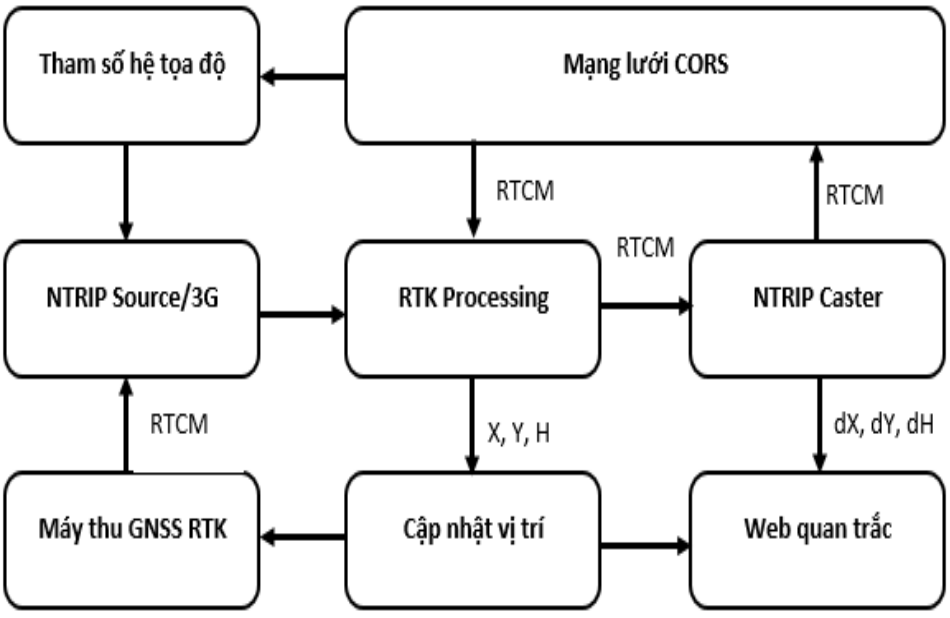
Yêu cầu thông số kỹ thuật, chức năng của phần cứng và phần mềm được liệt kê ở Bảng 1.

Đối với máy thu GNSS, để đảm bảo đồng thời về thông số kỹ thuật và chi phí thiết bị.

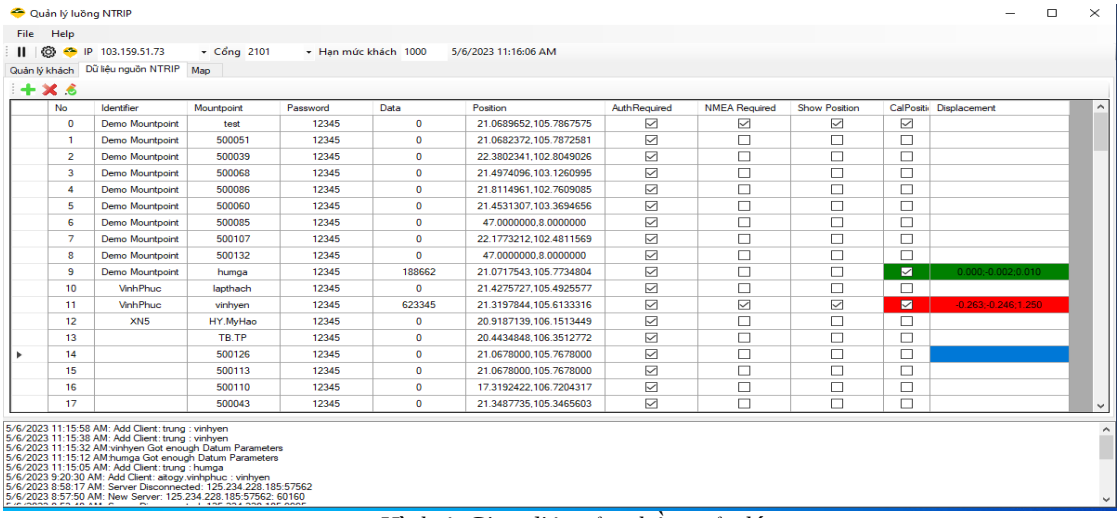
Bảng 1. Yêu cầu thông số kỹ thuật, chức năng của phần cứng và phần mềm

STT	Hạng mục	Yêu cầu thông số kỹ thuật, chức năng	Thiết bị thử nghiệm
1	GNSS RTK	- GNSS RTK 2 tần 850 kênh GPS, GAL,GLO,BEI,QZSS RTCM 3 output Base-rover covertible - Tốc độ định vị (1 Hz) - Thông số độ chính xác RTK + Mặt bằng: 8 mm+0,5 ppm + Độ cao: 15 mm+1 ppm - Vỏ hộp tiêu chuẩn IP65 - Chống nhiễu điện từ 2 lớp	Aitogy B290 Multi chanel GNSS Reveiver 
2	Phần mềm quản lý trên server	- Quản lý dữ liệu nguồn và dữ liệu ra theo chuẩn NTRIP - Cấp phát và quản lý tài khoản dữ liệu nguồn - Cấp phát và quản lý tài khoản người sử dụng dữ liệu - Tính toán và hiển thị vị trí các trạm trên nền bản đồ - Kiểm soát chất lượng đo đạc và báo cáo chuyển dịch - Cài đặt được thời gian đo tọa độ và báo cáo - Liên kết với cơ sở dữ liệu quản lý website và ứng dụng di động	Phần mềm quản lý NTRIP Caster trên Server: Ai-Caster

Phần mềm quản lý NTRIP Caster trên server được nhóm nghiên cứu thiết kế và lập trình trên nền hệ điều hành Window OS thông qua ngôn ngữ C#. Sơ đồ khối của phần mềm được trình bày ở Hình 3 và hình ảnh giao diện của phần mềm được thể hiện ở Hình 4.



Hình 3. Sơ đồ khối của phần mềm Aicaster



Hình 4. Giao diện của phần quản lý

3. Xử lý số liệu quan trắc

3.1. Tính toán chuyển dịch

Phương pháp quan trắc tự động liên tục áp dụng công nghệ định vị vệ tinh độ chính xác cao RTK cung cấp thông tin tọa độ các điểm quan trắc tại thời điểm hiện tại. Số liệu được chuyển về trung tâm xử lý để phân tích sự dịch chuyển của các cột BTS. Các thông số dịch chuyển được tính toán dựa vào hiệu của tọa độ tại thời điểm hiện tại so với tọa độ ở chu kỳ trước theo các công thức như sau:

- Chuyển dịch ngang:

$$\Delta X = X_{n+1} - X_n \quad (1)$$

$$\Delta Y = Y_{n+1} - Y_n \quad (2)$$

- Chuyển dịch tổng hợp:

$$b = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (3)$$

trong đó:

n là thứ tự chu kỳ quan trắc;

X và Y là tọa độ mặt bằng điểm quan trắc, đơn vị mm.

Hiện tượng dịch chuyển và các đặc điểm liên quan đến cấu trúc hiện trạng của cột BTS và điều kiện môi trường tự nhiên.

Việc quan trắc trạm viễn thông bằng công nghệ tự động liên tục có thể được biểu diễn trực quan trên máy tính. Khi mức độ chuyển dịch của các điểm quan trắc tới các mức giới hạn cần phải lập tức đưa ra các cảnh báo để phòng tránh rủi ro và kịp thời sửa chữa, khắc phục sự cố.

3.2. Giảm và lọc nhiễu tín hiệu

Nhiễu tín hiệu được gây ra do nhiều nguyên nhân như các loại sóng điện từ, do các tầng khí quyển, điều kiện thời tiết, nhiễu đa đường dẫn,… dẫn đến sai số vị trí trong quan trắc bằng công nghệ GNSS RTK, làm giảm độ tin cậy của số liệu báo cáo. Để giảm nhiễu trong công tác quan trắc, có các giải pháp chính được đề xuất trong bài báo này bao gồm:

3.2.1. Giảm nhiễu do sóng điện từ

Tại các trạm BTS, do là nguồn phát sóng viễn thông, sóng điện từ mạnh có thể gây nhiễu tín hiệu vệ tinh đối với máy thu GNSS RTK. Để khắc phục vấn đề này, ăng ten GNSS cần được thiết kế ít nhất 2 lớp phản/tán xạ sóng điện từ chuyên dụng và được lắp đặt cao hơn các ăng ten phát sóng viễn thông một khoảng nhất định theo thử nghiệm thực tế, phụ thuộc vào công suất phát của trạm viễn thông và khả năng chống nhiễu của máy thu GNSS RTK.

3.2.2. Giảm nhiễu do các tầng khí quyển và môi trường

Nhiễu do môi trường trong đo đạc bằng GNSS gây ra chủ yếu do tầng điện ly và tầng đối lưu. Có 2 cách khắc phục nguồn nhiễu này bao gồm:

- Áp dụng các mô hình thực nghiệm phù hợp và tiên tiến trên thế giới trong quá trình xử lý số liệu GNSS.
- Chỉ tiến hành đo đạc và báo cáo vào những thời điểm mà nhiễu gây ra bởi các tầng khí quyển là ít nhất.

3.2.3. Lọc nhiễu số liệu trước khi tạo báo cáo

Khi đã khắc phục được các nguồn gây nhiễu chính đã đề cập ở trên, trong thực tế đo đạc vẫn luôn tồn tại các nhiễu khác gây ra sai số ngẫu nhiên. Sai số ngẫu nhiên thường không lớn bất thường nhưng không theo quy luật vật lý và cũng không triệt tiêu được hoàn toàn mà chỉ có thể giảm thiểu bằng các biện pháp xử lý số liệu. Có 2 giải pháp sẽ được áp dụng trong nghiên cứu này này bao gồm: Kiểm soát chất lượng đo và lọc Kalman.

- Kiểm soát chất lượng đo: Trong dữ liệu đầu ra, ngoài các thông tin chính như tọa độ (X, Y), độ cao (H) cần để tính toán độ chuyển dịch, cần kèm các thông số về chất lượng đo đạc như trạng thái đo, độ chính xác mặt bằng, độ cao, ratio lời giải fixed. Căn cứ vào các thông số chất lượng đo đạc để lựa chọn các thông tin đo đạc phù hợp với yêu cầu về độ chính xác để làm các báo cáo quan trắc.
- Lọc Kalman: Là một phương pháp lọc nhiễu tuần hoàn dựa trên nguyên lý tối thiểu hóa phương sai đo đạc, từ đó nâng cao độ tin cậy của thông tin đo đạc sau xử lý.

4. Thực nghiệm

Mục đích của công tác thử nghiệm nhằm thử nghiệm khả năng đáp ứng các yêu cầu đối với công tác quan trắc trạm phát sóng viễn thông BTS bằng phương pháp GNSS RTK, bao gồm:

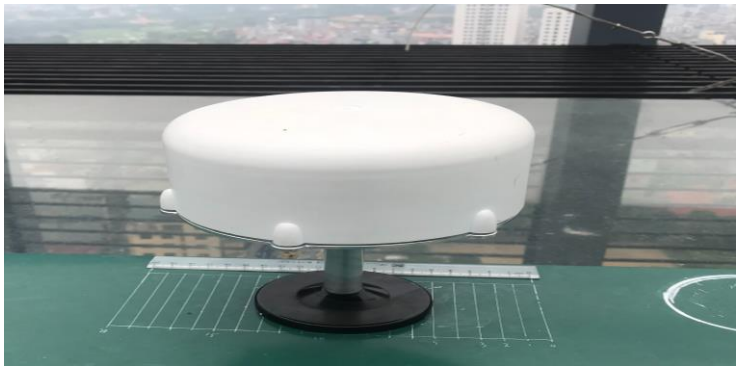
- Độ chính xác của thiết bị và phần mềm xử lý.
- Mức độ ảnh hưởng của sóng viễn thông lên thiết bị đo đạc.

Trạm quan trắc cơ sở trong thử nghiệm là trạm CORS đặt tại khu A Trường Đại học Mỏ - Địa chất, là máy thu GNSS Leica GR50. Trạm quan trắc thường sử dụng máy thu GNSS Aitogy B290, đặt tại trạm phát sóng viễn thông BTS trên nóc tòa nhà tại số 399 Phạm Văn Đồng, Xuân Đỉnh, Bắc Từ Liêm, Hà Nội.

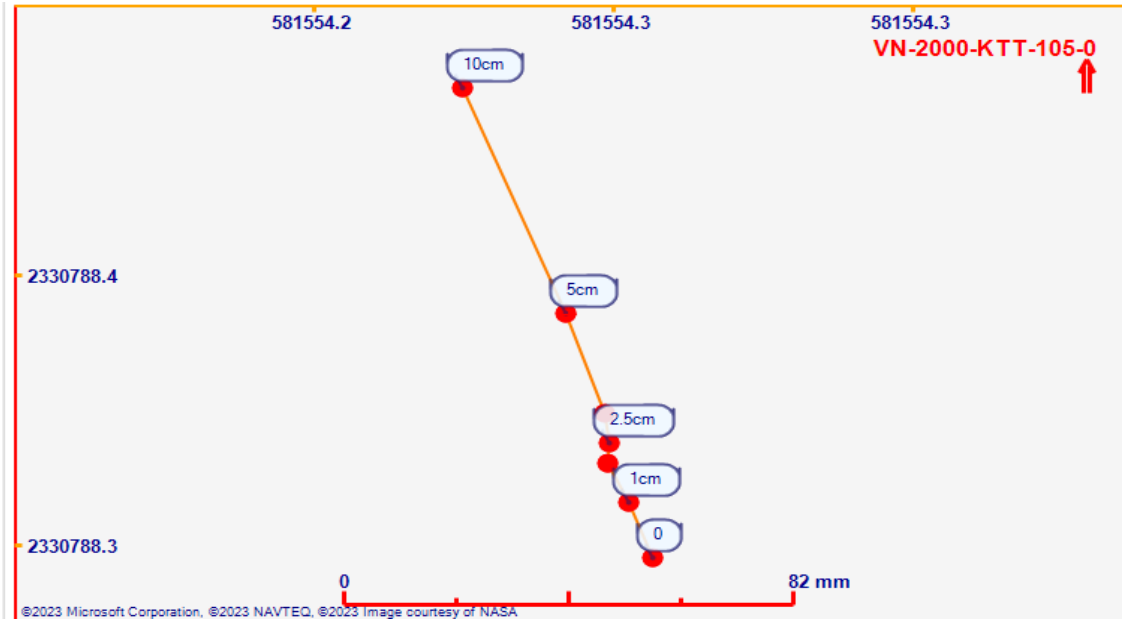
+ Kết nối với trạm VNGEONET CORS của Cục đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam để thống nhất việc quan trắc trong hệ tọa độ VN2000.

+ Kết nối với hệ thống xử lý và quản lý CSDL để cung cấp các thông số chuyển dịch của trạm BTS và khai thác dịch vụ vị trí.

Để thực nghiệm độ chính xác của phương pháp đo RTK GNSS trong quan trắc công trình, một bàn dịch chia vạch đến milimét được thiết kế để có thể dịch máy cố ý (Hình 5). Máy thu GNSS B290 được đặt trên bàn dịch để đo và dịch cố ý tại các điểm 0,1 cm, 2 cm, 2,5 cm, 3 cm, 5 cm và 10 cm. Ở mỗi khoảng dịch đo 10 trị đo để lấy trung bình, sau đó tính toán phân tích (Hình 6). Dữ liệu trích xuất từ dữ liệu thực tế được trình bày ở Bảng 1. Bảng phân tích về độ chính xác được tính theo số hiệu chỉnh xác suất và sai số thực được trình bày ở Bảng 2.



Hình 5. Thực nghiệm độ chính xác



Hình 6. Thực nghiệm độ chính xác

Bảng 2. Bảng trích trị đo thực địa

STT	N(m)	E(m)	H(m)	code	hAcc	vAcc	Time
1	2330788,347	581554,288	99,578	0	0,01	0,013	09:57:05 AM
2	2330788,342	581554,291	99,592	0	0,01	0,013	09:57:13 AM
3	2330788,345	581554,29	99,586	0	0,01	0,012	09:57:22 AM
4	2330788,344	581554,288	99,606	0	0,01	0,013	09:57:28 AM
5	2330788,344	581554,29	99,604	0	0,01	0,012	09:57:31 AM
6	2330788,343	581554,29	99,6	0	0,01	0,012	09:57:38 AM
7	2330788,344	581554,288	99,593	0	0,01	0,013	09:57:41 AM
8	2330788,342	581554,288	99,585	0	0,01	0,013	09:57:43 AM
9	2330788,343	581554,285	99,594	0	0,01	0,014	09:57:45 AM
10	2330788,342	581554,288	99,59	0	0,01	0,014	09:57:47 AM
11	2330788,352	581554,285	99,586	1 cm	0,01	0,014	09:58:17 AM
12	2330788,354	581554,283	99,582	1 cm	0,01	0,013	09:58:45 AM
13	2330788,353	581554,283	99,573	1 cm	0,01	0,013	09:58:52 AM
14	2330788,355	581554,284	99,571	1 cm	0,01	0,013	09:58:57 AM
15	2330788,357	581554,282	99,572	1 cm	0,01	0,013	09:59:01 AM
16	2330788,355	581554,284	99,569	1 cm	0,01	0,014	09:59:04 AM
17	2330788,357	581554,284	99,574	1 cm	0,01	0,013	09:59:06 AM
18	2330788,355	581554,284	99,576	1 cm	0,01	0,013	09:59:07 AM
19	2330788,357	581554,286	99,581	1 cm	0,01	0,013	09:59:08 AM

20	2330788,357	581554,287	99,58	1 cm	0,01	0,013	09:59:09 AM
21	2330788,36	581554,282	99,571	2 cm	0,01	0,013	09:59:35 AM
22	2330788,364	581554,282	99,575	2 cm	0,01	0,013	09:59:42 AM
23	2330788,361	581554,28	99,563	2 cm	0,01	0,014	09:59:44 AM
24	2330788,364	581554,276	99,566	2 cm	0,01	0,014	09:59:47 AM
25	2330788,364	581554,281	99,587	2 cm	0,01	0,014	09:59:49 AM
26	2330788,363	581554,282	99,568	2 cm	0,01	0,013	09:59:50 AM
27	2330788,363	581554,281	99,575	2cm	0,01	0,013	09:59:52 AM
28	2330788,363	581554,282	99,574	2 cm	0,01	0,013	09:59:54 AM
29	2330788,361	581554,278	99,579	2 cm	0,01	0,013	09:59:56 AM
30	2330788,362	581554,28	99,576	2 cm	0,01	0.013	09:59:58 AM
31	2330788,365	581554,279	99,573	2,5 cm	0,01	0,013	10:00:43 AM
32	2330788,368	581554,284	99,573	2,5 cm	0,01	0,013	10:00:48 AM
33	2330788,366	581554,282	99,572	2,5 cm	0,01	0,013	10:00:51 AM
34	2330788,365	581554,281	99,559	2,5 cm	0,01	0,014	10:00:54 AM
35	2330788,366	581554,28	99,58	2,5 cm	0,01	0,013	10:00:57 AM
36	2330788,368	581554,283	99,563	2,5 cm	0,01	0,014	10:00:59 AM
37	2330788,366	581554,28	99,567	2,5 cm	0,01	0,013	10:01:02 AM
38	2330788,37	581554,28	99,558	2,5 cm	0,01	0,013	10:01:03 AM
39	2330788,368	581554,277	99,563	2,5 cm	0,01	0,013	10:01:06 AM
40	2330788,37	581554,279	99,556	2,5 cm	0,01	0,013	10:01:07 AM

Các tham số để phân tích độ chính xác đo đạc bao gồm:
Độ lệch chuẩn:

$$STD = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \quad (4)$$

trong đó: v là số hiệu chỉnh xác suất, bằng hiệu của trị đo và trị trung bình dãy trị đo.
n là số trị đo.
Trị đo là khoảng dịch tính được từ các trị đo tọa độ ở các vị trí đặt máy thu.
Trị thực là khoảng dịch thực tế đọc trực tiếp trên bàn dịch.
Sai số thực: Δ = trị đo - trị thực
Các chỉ tiêu đánh giá độ chính xác được trình bày ở bảng sau:

Bảng 3. Phân tích các chỉ tiêu đánh giá độ chính xác ở thử nghiệm thứ nhất

STT	Khoảng dịch (từ-đến)	0-1 cm	1-2 cm	2-2,5 cm	2,5-3 cm	3-5 cm	5-10 cm
1	Độ lệch chuẩn (m)	0,0023	0,0025	0,0028	0,0031	0,0036	0,0041
2	Trị đo (m)	0,0124	0,0082	0,0047	0,0053	0,0207	0,0492
3	Trị thực (m)	0,0100	0,0100	0,0050	0,0050	0,0200	0,0500
4	Sai số thực (m)	0,0024	-0,0018	-0,0003	0,0003	0,0007	-0,0008

Sau khi có dãy sai số thực, tính được sai số trung phương:

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} = 1{,}3 \text{ (mm)}$$

Để thử nghiệm mức độ ảnh hưởng của trạm phát sóng viễn thông đến độ chính xác GNSS chúng tôi đã tiến hành thử nghiệm đo đạc GNSS tại các trạm BTS khác nhau đặt tại nóc nhà C12 tầng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất với 2 loại máy, chống nhiễu 1 lớp (Hình 7a) và chống nhiễu 2 lớp (Hình 7b).

Thực nghiệm tại hiện trường cho thấy rằng khi đặt trực tiếp máy thu GNSS vào mặt phát sóng của ăng ten viễn thông, sóng viễn thông sẽ ảnh hưởng đáng kể đến tín hiệu GNSS, điều này làm cho máy thu GNSS khó nhận được lời giải Fixed, với độ chính xác cỡ xentimet. Tuy nhiên, khi đặt ăng ten GNSS không ở mặt phát sóng trực tiếp và cách ăng ten phát sóng viễn thông từ 0,5 m trở lên, máy thu GNSS RTK có thể cho lời giải Fixed.

Với máy thu GNSS với 2 lớp chống nhiễu có thể cải thiện đáng kể về khả năng và thời gian cho lời giải Fixed so với máy có 1 lớp chống nhiễu. Trung bình 10s với khoảng cách đến trạm CORS < 10 km.

Để đánh giá độ chính xác của máy thu GNSS RTK trong điều kiện nhiễu sóng viễn thông, một thử nghiệm về chuyển dịch cố ý được tiến hành. Máy thu GNSS Aitogy-B290 được đặt trên một bàn dịch có khắc vạch đến 0,5 cm (Hình 8). Bàn dịch đặt cách ăng ten trạm phát sóng viễn thông gần nhất khoảng cách 0,5 m. Tiến hành dịch cố ý máy thu đi các khoảng 0,5 cm, 1 cm, 2 cm và 3 cm. Các tham số sau đó được đánh giá, phân tích dựa vào số liệu đo được như ở Bảng 4.

Bảng 4. Phân tích các chỉ tiêu đánh giá độ chính xác ở thử nghiệm thứ hai

STT	Khoảng dịch (từ-đến)	0-1 cm	1-1,5 cm	1,5-2 cm	2-4 cm	4-7 cm
1	Độ lệch chuẩn (m)	0,0025	0,0015	0,0041	0,0023	0,0022
3	Trị đo (m)	0,0087	0,0036	0,0062	0,0281	0,0290
4	Trị thực (m)	0,0100	0,005	0,005	0,020	0,030
5	Sai số thực (m)	-0,0013	-0,0014	0,0012	0,0081	-0,001

Sai số trung phương từ sai số thực:

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} = 3{,}8 \text{ (mm)}$$



Hình 7. a) Máy 1 lớp chống nhiễu và b) Máy 2 lớp chống nhiễu trong thực nghiệm



Hình 8. Thử nghiệm độ chuyển vị máy trên bàn dịch

5. Kết quả và thảo luận

Từ kết quả thực nghiệm có thể thấy rằng máy thu GNSS RTK B290 với 2 lớp chống nhiễu sóng điện từ và sóng đa đường dẫn có thể cho độ chính xác quan trắc cỡ milimét. Nếu lấy độ nhận biết mức độ dịch chuyển bằng 3 lần sai số trung phương thì trong điều kiện thông thoáng, máy GNSS RTK B290 có thể nhận biết khoảng dịch là 3 × 1,3 = 3,9 mm với xác suất 99 % sau 10 s hay 10 trị đo.

Khi quan trắc các trạm viễn thông, với khoảng đặt ăng ten cách ăng ten sóng viễn thông lớn hơn 0,5 m và không ở mặt phát sóng viễn thông trực tiếp, máy thu GNSS RTK B290 có thể nhận biết được khoảng dịch 3 × 3,8 = 11,4 mm với xác suất 99 % trong khoảng thời gian tối thiểu 10s hay 10 trị đo.

6. Kết luận

Bài báo đã đề xuất giải pháp quan trắc tự động liên tục độ ổn định các trạm viễn thông sử dụng công nghệ GNSS RTK với các giải pháp phần cứng và phần mềm để chống nhiễu sóng viễn thông.

Đã tiến hành thực nghiệm để đánh giá độ chính xác của máy GNSS RTK Aitogy-B290 trong trường hợp thông thường và điều kiện quan trắc trạm phát sóng viễn thông.

Các kết quả thực nghiệm cho thấy rằng khi sử dụng máy thu GNSS RTK cho quan trắc các trạm phát sóng viễn thông thì vị trí đặt máy thu GNSS nên cách ít nhất 0,5 m về phía sau hoặc lên phía trên của ăng ten phát sóng viễn thông để tránh nhiễu tín hiệu GNSS gây ra bởi sóng viễn thông.

Với điều kiện nhiễu sóng viễn thông, độ phân giải để phân biệt được mức độ chuyển dịch ngang của cột phát sóng viễn thông vào khoảng 1 cm sau ít nhất mỗi 10 s.

Tài liệu tham khảo

Alojz Kopáčik, Imrich Lipták, Ján Erdélyi, Peter Kyrinovič, 2015. Structural Health Monitoring of bridges using accelerometers - a case study at Apollo Bridge in Bratislava, Geonauka, Vol. 3, No. 1.

Billie F. Spencer Jr.1, Manuel Ruiz-Sandoval2, Narito Kurata, 2004 Smart sensing technology for structural health monitoring, 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada August 1-6.

Brownjohn J.M.W., Xu Y. and Hester D., 2017. Vision-Based Bridge Deformation Monitoring. Front. Built Environ. 3:23. doi: 10.3389/fbuil.2017.00023

Kaya Y., Safak E., 2013. Real-Time Structural Health Monitoring and Damage Detection. In: Catbas F., Pakzad S., Racic V., Pavic A., Reynolds P. (eds) Topics in Dynamics of Civil Structures, Volume 4.

Conference Proceedings of the Society for Experimental Mechanics Series. Springer, New York, NY.

Nguyễn Viết Trung, 2011. Cơ sở quan trắc công trình cầu trong thi công và khai thác. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.

Xiaolin Meng, 2002. Real-time Deformation Monitoring of Bridges Using GPS/Accelerometers. Thesis submitted to the University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy May 2002.

ABSTRACT

Deformation monitoring of Base Transceiver Station using GNSS RTK

Duong Thanh Trung[1, *], Lai Duc Truong[2], Nguyen Do Quang Duy[3], Diem Cong Trang[4]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*Aitogy Infrastructure Technology., Jsc*

[3]*Hanoi University of Industry*

[4]*Department of Survey, Mapping and Geographic Information of Vietnam*

This study introduces a method and experiment for deformation monitoring of Base Transceiver Station using GNSS RTK technology. In the research, a network of monitoring sation is connected with the national CORS netwok for optimizing in terms of cost and accuracy. Strategies for elimnating noise causing by mobile signal and GNSS multipath was proposed to improve the reliability of the monitoring result.

Keywords: GNSS RTK, BTS, deformation monitoring, CORS.

Nghiên cứu đánh giá sự tương quan số liệu đo mặn giữa các trạm quan trắc bằng phương pháp hệ số tương quan r

Bùi Duy Quỳnh[1,*], Hà Thị Hằng[1], Lưu Thị Diệu Chinh[2], Trần Xuân Trường[3]
[1]*Khoa Cầu đường - Trường Đại học Xây dựng Hà Nội*
[2]*Khoa Công trình thủy - Trường Đại học Xây dựng Hà Nội*
[3]*Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai - Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Đồng bằng sông Cửu Long ở Việt Nam được xem là một trong những đồng bằng dễ bị tổn thương nhất thế giới do tình trạng xâm nhập mặn. Xâm nhập mặn đã và đang đe dọa trực tiếp tới cuộc sống, sinh kế, môi trường sống, sức khỏe và sự phát triển kinh tế của khu vực này. Hầu hết các nghiên cứu hiện nay đều quan tâm đến nguyên nhân, ước tính mức độ xâm nhập mặn, hoặc đánh giá tác động của xâm nhập mặn tới các khía cạnh khác nhau của đời sống kinh tế - xã hội tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long, trong đó, số liệu đo độ mặn tại các trạm quan trắc thường được sử dụng làm dữ liệu đầu vào hoặc làm dữ liệu kiểm chứng đối với các mô hình dự báo xâm nhập mặn, mà không được đánh giá hay kiểm tra mức độ tương quan của các số liệu đo độ mặn này. Chính vì vậy, nghiên cứu này trình bày kết quả đánh giá sự tương quan số liệu đo độ mặn giữa các trạm quan trắc bằng phương pháp hệ số tương quan r. Kết quả của nghiên cứu này không đơn thuần chỉ thể hiện mức độ tương quan số liệu đo mặn giữa các trạm quan trắc mà còn cho phép các nhà nghiên cứu, cộng đồng địa phương nắm rõ được những thay đổi của môi trường, từ đó, cho phép lập kế hoạch quản lý môi trường một cách hiệu quả hơn.
Từ khóa: Mức độ tương quan, hệ số tương quan r, số liệu đo độ mặn, trạm quan trắc, đồng bằng sông Cửu Long.

1. Đặt vấn đề

Xâm nhập mặn là hiện tượng xảy ra khi nước biển xâm nhập vào khu vực có nước ngọt, thường là vào hệ thống sông và suối hoặc đất đai có nguồn nước ngọt (Ippen & Harleman, 1961). Hiện tượng này thường xảy ra ở các khu vực ven biển và đồng bằng nơi sự giao thoa giữa nước ngọt và nước biển (Mahmuduzzaman et al., 2014). Xâm nhập mặn có tác động tiêu cực rất lớn tới mọi mặt của đời sống con người, từ sức khỏe, môi trường sống, hệ sinh thái và sinh kế của con người (Shammi et al., 2019; Miah et al., 2020). Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là vùng cực Nam của Tổ quốc - một địa bàn có vị trí chiến lược đặc biệt quan trọng, có vị trí địa chính trị, địa kinh tế và địa quân sự hết sức trọng yếu đối với cả nước (Huu-Thoi & Gupta, 2001). Cùng với dòng chính - Sông Tiền và Sông Hậu, ĐBSCL có hệ thống kênh rạch chằng chịt tạo điều kiện thuận lợi cho xâm nhập mặn do thủy triều đưa nước mặn vào sâu trong sông và nội đồng, đặc biệt trong mùa cạn, khi mà lưu lượng dòng chảy từ thượng nguồn sông Mê Kông giảm thấp (Xiao et al., 2021). Đặc biệt, ĐBSCL của Việt Nam được coi là một trong những vùng dễ bị tổn thương nhất trên thế giới trước hạn hán và xâm nhập mặn, nhất là trong bối cảnh biến đổi khí hậu (Xiao et al., 2021), chính vì vậy, trên thế giới có khá nhiều nghiên cứu quan tâm và đánh giá tình trạng xâm nhập mặn, nguyên nhân và tác động của xâm nhập mặn tới các khía cạnh khác nhau của đời sống kinh tế - xã hội tại đây.

Huu-Thoi & Gupta (2001) đánh giá và dự đoán dòng chảy và độ mặn của nước tại các vị trí khác nhau trên mạng lưới sông ngòi tại đây bằng kỹ thuật phân tích sóng (Huu-Thoi & Gupta, 2001). Nguyen & Savenije (2006) thì tiến hành đo độ mặn trực tiếp tại các cửa sông bằng cách di chuyển bằng thuyền vào năm 2005, từ đó dự báo tình trạng xâm nhập mặn cho toàn vùng. Mô hình dự báo xâm nhập mặn này được xác thực bằng các kết quả đo độ mặn vào năm 1998 và 1999 (Nguyen & Savenije, 2006). Kotera et al. (2014) thì cho rằng những thay đổi trong chu kỳ cây trồng và mất mùa ở ĐBSCL liên quan đến cả lũ lụt và xâm nhập mặn (Kotera et al., 2014). Vu et al. (2018) thì cho rằng tình trạng xâm nhập mặn ở ĐBSCL có liên quan đến nước biển dâng và biến đổi khí hậu (Vu et al., 2018). Hoan et al. (2019) thì đánh giá khả năng thích ứng của nông dân với xâm nhập mặn ở tỉnh Trà Vinh nhằm đưa ra các phương án thích ứng phù hợp, sử dụng phương pháp tiếp cận Motivation - Ability (Động lực - Khả năng).

* *Tác giả liên hệ*
Email: quynhbd@huce.edu.vn

Nghiên cứu này đã khảo sát 187 nông dân về nhận thức, động cơ và khả năng của họ trong các môi trường mặn khác nhau, bao gồm 3 vùng: vùng nước biển, vùng nước lợ và vùng nước ngọt. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy, nông dân có nhận thức khá cao về xâm nhập mặn, đặc biệt là nông dân sống ở vùng bị ảnh hưởng, song động lực và năng lực thích ứng với độ mặn gia tăng của họ đều khá thấp, thấp nhất về trình độ học vấn và tỷ lệ tham gia vào các tổ chức phi nông nghiệp (Hoan et al., 2019). Hoang-Phi et al. (2020) đã tiến hành phân tích mối quan hệ giữa mô hình xâm nhập mặn và sự phân bố về không gian - thời gian canh tác lúa vụ Đông Xuân các năm 2015, 2016, 2019 và 2020 tại ĐBSCL. Trong đó, dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel-1 được sử dụng để trích xuất thông tin phân bố không gian của sáu giai đoạn sinh trưởng của cây lúa dựa trên thuật toán tuổi lúa (Hoang-Phi et al., 2020). Trong nghiên cứu mới nhất, Tran et al. (2021) đánh giá khả năng dễ bị tổn thương về sinh kế và khả năng thích ứng của người dân ven biển vùng ĐBSCL dưới tác động của hạn hán và xâm nhập mặn. Trong đó, phương pháp tiếp cận đa lĩnh vực đã được áp dụng, bao gồm đánh giá tài liệu trên máy tính, khảo sát thực địa, phỏng vấn và thảo luận nhóm tập trung với 120 nông dân và 30 cán bộ địa phương ở hai ấp tiêu biểu của tỉnh Sóc Trăng, một tỉnh ven biển của ĐBSCL (Tran et al., 2021). Bên cạnh đó, Xiao et al. (2021) thì cho rằng các hoạt động của con người (khai thác nước ngầm quá mức, các kênh thoát nước không được kiểm soát, vận hành các đập thủy điện và việc phát triển nuôi trồng thủy sản tràn lan) kết hợp với biến đổi khí hậu (mực nước biển dâng tương đối, triều cường, thay đổi chế độ mưa và nhiệt độ) là các yếu tố góp phần làm trầm trọng tình trạng xâm nhập mặn đối với hệ thống nước ngầm ở ĐBSCL (Xiao et al., 2021).

Ở Việt Nam, các nghiên cứu đánh giá tình hình xâm nhập mặn tại ĐBSCL cũng được công bố rất nhiều trong hơn thập kỷ qua (Nguyễn Thanh Bình và cs., 2012; Trần Quốc Đạt và cs., 2012; Đặng Văn Dũng và cs., 2018; Lê Văn Hải, 2021; Nguyễn Đăng Tính và cs., 2021). Nguyễn Thanh Bình và cs. (2012) thì cho rằng những nhóm cộng đồng dễ bị tổn thương nhất do xâm nhập mặn bao gồm người nghèo, dân tộc Khơ me và cộng đồng sống ngoài đê bao. Trong đó, xâm nhập mặn, khan hiếm nước ngọt và ảnh hưởng của triều cường là những hiểm họa quan trọng nhất ở ĐBSCL (Nguyễn Thanh Bình và cs., 2012). Xâm nhập mặn là một trong những vấn đề lớn ở ĐBSCL và nó có xu hướng trầm trọng hơn trong tương lai do mực nước biển dâng và lưu lượng từ thượng nguồn suy giảm (Lê Văn Hải, 2021). Do vậy, nhiều nghiên cứu sử dụng mô hình thủy văn MIKE11 để mô phỏng những kịch bản khác nhau do mực nước biển dâng và lưu lượng thượng nguồn giảm (Trần Quốc Đạt và cs., 2012; Đặng Văn Dũng và cs., 2018). Nghiên cứu gần đây nhất, Nguyễn Đăng Tính và cs. (2021) biểu diễn diễn biến mức độ mặn các tháng mùa khô theo chỉ số chuẩn hóa nồng độ mặn (SSI) làm cơ sở để xây dựng tương quan biểu thị biên trên của mức độ mặn từ bình thường, mặn vừa, mặn nặng, mặn rất nặng và chiều sâu xâm nhập mặn 4 g/l tính từ cửa sông được xác định làm cơ sở đánh giá xâm nhập mặn (Nguyễn Đăng Tính và cs., 2021).

Nhìn chung, phần lớn các nghiên cứu này đều sử dụng các số liệu đo độ mặn tại các trạm quan trắc làm dữ liệu đầu vào hoặc làm dữ liệu kiểm chứng kết quả đánh giá, mà không quan tâm đến sự tương quan số liệu đo mặn giữa các trạm quan trắc. Trong khi đó, số liệu đo độ mặn giữa các trạm quan trắc còn tùy thuộc vào vị trí các trạm quan trắc trên sông, lượng trầm tích trong nước, tốc độ của triều cường,… (Huu-Thoi & Gupta, 2001; Xiao et al., 2021). Những điều này có thể dẫn tới số liệu đo độ mặn giữa các trạm quan trắc không tương quan với nhau và sự không tương quan này có thể dẫn tới sai khác khá lớn nếu sử dụng trong các nghiên cứu đánh giá hoặc dự báo xâm nhập mặn sau này. Chính vì vậy, nghiên cứu này đề xuất sử dụng phương pháp hệ số tương quan r trong đánh giá sự tương quan số liệu đo mặn giữa 68 trạm quan trắc trên địa bàn ĐBSCL.

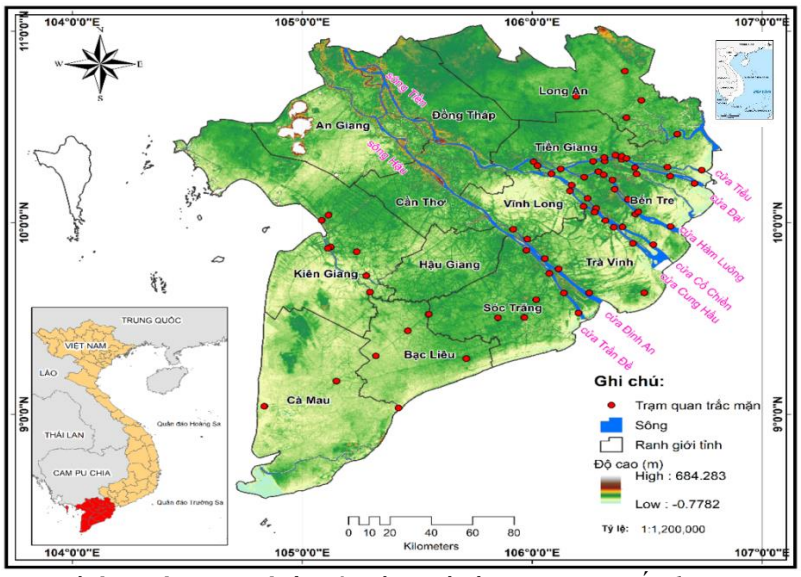
2. Khu vực nghiên cứu

Đồng bằng sông Cửu Long là một bộ phận và nằm phía cuối của châu thổ sông Mê Kông, có vị trí liền kề với vùng Đông Nam Bộ, phía Bắc giáp với đất nước Campuchia, phía Đông Bắc giáp TP. Hồ Chí Minh, phía Tây Nam giáp với vịnh Thái Lan và phía Đông, Đông Nam là Biển Đông. Với diện tích đất liền là 39.712 km^2, ĐBSCL bao gồm 13 tỉnh, thành là: An Giang, Kiên Giang, Tiền Giang, Hậu Giang, Bến Tre, Bạc Liêu, Cà Mau, Cần Thơ, Long An, Đồng Tháp, Trà Vinh, Sóc Trăng và Vĩnh Long (Hình 1). Đồng bằng sông Cửu Long gồm ba tiểu vùng. Vùng cao ở phía Tây gồm các tỉnh đầu nguồn sông Cửu Long là Đồng Tháp, An Giang, Cần Thơ, phần phía Tây các tỉnh Long An, Tiền Giang, Vĩnh Long, Hậu Giang và phần phía Đông Kiên Giang. Đây là vùng thường bị ngập vào mùa mưa bởi nước sông Cửu Long dâng lên. Vùng thấp ở duyên hải phía Đông gồm các tỉnh Bến Tre, Trà Vinh, Bạc Liêu, Cà Mau, phần phía Đông bao gồm các tỉnh Long An, Tiền Giang, Vĩnh Long, Hậu Giang và phần ven biển Kiên Giang. Đây là vùng thường xuyên bị tình trạng mặn xâm nhập vào mùa khô.

3. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

3.1. Nguồn dữ liệu thu thập

Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu độ mặn của 68 trạm quan trắc trên khu vực ĐBSCL được thu thập trong 6 tháng mùa khô của năm 2020, tính từ ngày 01/01/2020 đến ngày 30/6/2020. Các dữ liệu độ mặn được đo liên tục trong ngày (2 giờ /lần) tại các trạm đo mặn thuộc sự quản lý của Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn và Trung tâm Khí tượng thủy văn của các tỉnh khu vực Nam Bộ. Đây là mùa khô trong năm tại ĐBSCL và cũng là thời điểm được đánh giá là khả năng mặn xâm nhập sâu bất thường có thể xảy ra bởi những biến động dòng chảy ở bất cứ thời điểm nào do vận hành thủy điện thượng nguồn (Tổng cục Khí tượng thủy văn, http://vnmha.gov.vn).



Hình 1. Khu vực nghiên cứu và vị trí các trạm quan trắc độ mặn

Bảng 1. Một số trạm quan trắc độ mặn đầu và cuối trên các nhánh Sông Tiền và Sông Hậu

TT	Trạm	Sông	Giá trị độ mặn trong khoảng thời gian từ ngày 01/01/2020 đến ngày 30/6/2020	
			Độ mặn lớn nhất (g/L)	Độ mặn thấp nhất (g/L)
1	Trần Đề	Hậu (cửa Trần Đề)	26,0	0,04
2	An Lạc Tây	Hậu (cửa Trần Đề)	8,00	0,00
3	Trà Kha	Hậu (cửa Định An)	25,90	2,00
4	Trà Ôn	Hậu (cửa Định An)	2,20	0,10
5	Vàm Hưng Mỹ	Tiền (cửa Cung Hầu)	20,20	0,20
6	Qưới An	Tiền (cửa Cung Hầu)	6,20	0,10
7	Bến Trại	Tiền (cửa Cổ Chiên)	27,2	1,30
8	Vĩnh Bình	Tiền (cửa Cổ Chiên)	1,90	0,10
9	An Thuận	Tiền (cửa Định An)	29,50	1,90
10	Chợ Lách	Tiền (cửa Định An)	6,70	0,10
11	Bình Đại	Tiền (Cửa Đại)	29,20	3,62
12	Phú Túc	Tiền (Cửa Đại)	5,60	0,00
13	Vàm Kênh	Tiền (Cửa Tiểu)	25,40	3,40
14	Xuân Hòa	Tiền (Cửa Tiểu)	9,90	0,00

Vị trí các trạm quan trắc này cũng được tác giả Bùi Duy Quỳnh xác nhận và đối soát trong chuyến khảo sát thực địa vào tháng 02 năm 2023 (Hình 2).



a. Trạm thủy văn Phước Long



b. Trạm tự ghi mực nước Bình Đại



c. Trạm quan trắc thủy văn Bến Trại



d. Trạm thủy văn Tân An

Hình 2. Hình ảnh một số trạm quan trắc tại ĐBSCL ghi nhận tại hiện trường vào tháng 02 năm 2023

3.2. Phương pháp hệ số tương quan r

Hệ số tương quan r còn được gọi là hệ số tương quan Pearson (Pearson correlation coefficient) để tôn vinh nhà thống kê người Anh, Karl Pearson, người đã công bố công thức tính hệ số tương quan tuyến tính này vào cuối thế kỷ XIX và đầu thế kỷ XX (Cohen et al., 2009). Hệ số tương quan r là một đại lượng thống kê được sử dụng để đo lường mức độ tương quan tuyến tính giữa hai biến số định lượng. Nó là một trong những phương pháp thống kê quan trọng và phổ biến nhất được sử dụng trong phân tích số liệu và thống kê.

Hệ số tương quan r có giá trị nằm trong khoảng từ -1 đến 1, trong đó (Ratner, 2009):

- Nếu r = 1: chứng tỏ hai biến số có mức độ tương quan tuyến tính hoàn hảo và đồng phương (cùng tăng hoặc cùng giảm).
- Nếu r = -1: chứng tỏ hai biến số có mức độ tương quan tuyến tính hoàn hảo nhưng nghịch phương (khi một biến tăng thì biến kia giảm).
- Nếu r = 0: chứng tỏ hai biến số không có mức độ tương quan tuyến tính.

Có khá nhiều hệ số tương quan trong đánh giá mức độ tương quan tuyến tính giữa hai biến số định lượng, trong đó, hệ số tương quan r là phổ biến hơn cả (Hauke & Kossowski, 2011). Theo đó, khi có hai biến số định lượng x và y từ n mẫu, hệ số tương quan r được ước tính theo công thức sau (Pearson, 1909):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \times (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

trong đó:

x_i và y_i là các giá trị của hai biến x và y tương ứng.

$\bar{x}$ và $\bar{y}$ là giá trị trung bình của hai biến x và y.

Hệ số tương quan r không bị ảnh hưởng bởi việc đổi vị trí giữa hai biến số, ngoài ra, hệ số tương quan r chỉ đo lường mối quan hệ tuyến tính giữa hai biến và không thể chỉ ra mối quan hệ nhân quả giữa hai biến số đó (Cohen et al., 2009).

Trong nghiên cứu này, mối quan hệ giữa các số liệu đo mặn tại các trạm quan trắc được xác định theo phương pháp hồi quy tuyến tính đơn sử dụng hệ số tương quan r. Hệ số tương quan r là một chỉ số để đo

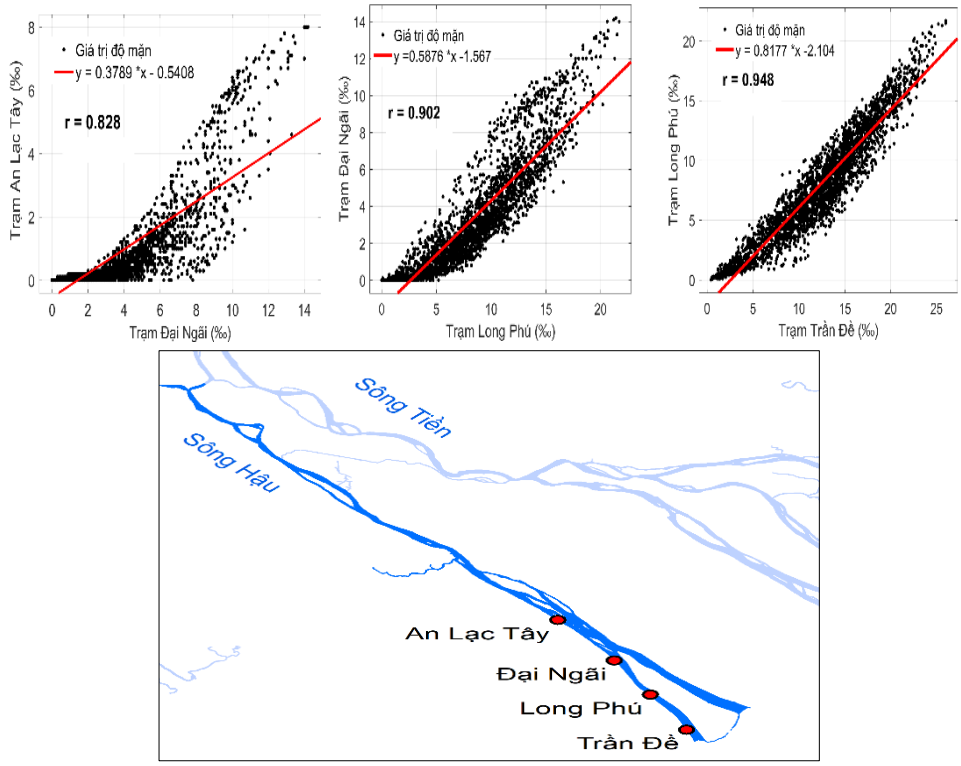
mức độ mạnh yếu giữa hai biến số và được sử dụng trong nhiều lĩnh vực (y tế, kinh tế, khoa học,...). Nó cung cấp thông tin về mức độ quan trọng của mối tương quan, mối quan hệ hoặc mối liên hệ. Việc đánh giá mức độ tương quan của các mối quan hệ tuyến tính theo hệ số tương quan r có thể mạnh hay yếu tùy theo từng quan điểm đánh giá, tùy theo từng lĩnh vực, nhìn chung, các quan điểm đều thống nhất như sau giá trị của hệ số tương quan r có thể chia theo các mức như sau (Mukaka, 2012; Akoglu, 2018).

Bảng 2. Hệ số tương quan r và ý nghĩa của nó (Mukaka, 2012; Akoglu, 2018)

Hệ số tương quan r	Ý nghĩa
$\|r\| > 0{,}8$	Có tương quan tuyến tính rất mạnh
$\|r\| = 0{,}6 \div 0{,}8$	Có tương quan tuyến tính mạnh
$\|r\| = 0{,}4 \div 0{,}6$	Có tương quan tuyến tính
$\|r\| = 0{,}2 \div 0{,}4$	Có tương quan tuyến tính yếu
$\|r\| < 0{,}2$	Không có tương quan tuyến tính

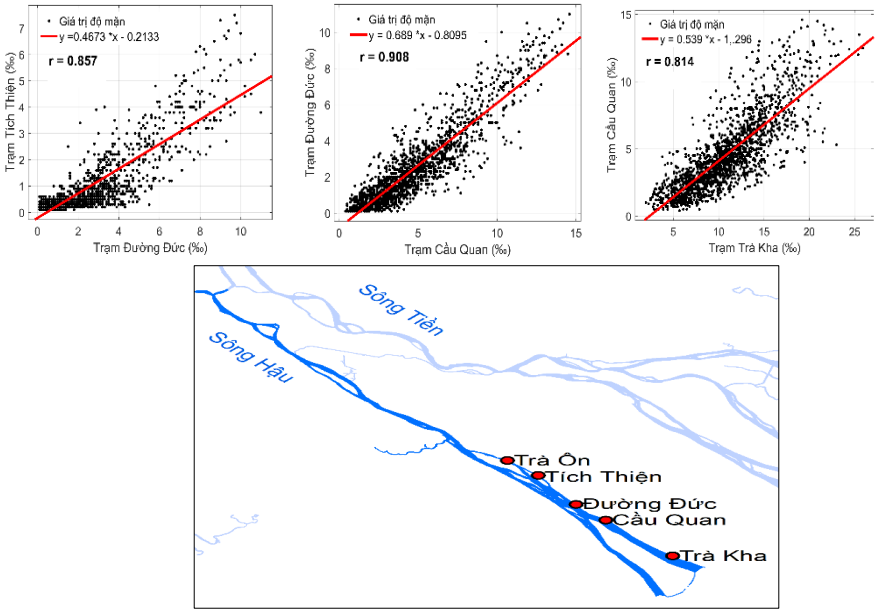
4. Kết quả và thảo luận

Để kiểm tra đánh giá sự tương quan số liệu đo mặn giữa các trạm quan trắc thu thập được, nghiên cứu này đã tiến hành so sánh số liệu mặn của các trạm thu thập trong 6 tháng của năm 2020 trên cùng một nhánh sông với nhau. Trên cơ sở kết quả thu thập và phân tích dữ liệu tương quan, ta thấy dữ liệu độ mặn của các trạm trên các nhánh sông đều có độ tương quan mạnh (hệ số r > 0,7). Mối quan hệ tương quan đều là đồng biến, nghĩa là độ mặn có xu hướng tăng dần từ trong nội đồng ra phía cửa biển. Cụ thể là trên nhánh Sông Hậu, cửa Trần Đề, hệ số tương quan từ trạm An Lạc Tây, Đại Ngãi, Long Phú và Trần Đề lần lượt là 0,828; 0,902 và 0,948 (Hình 3).



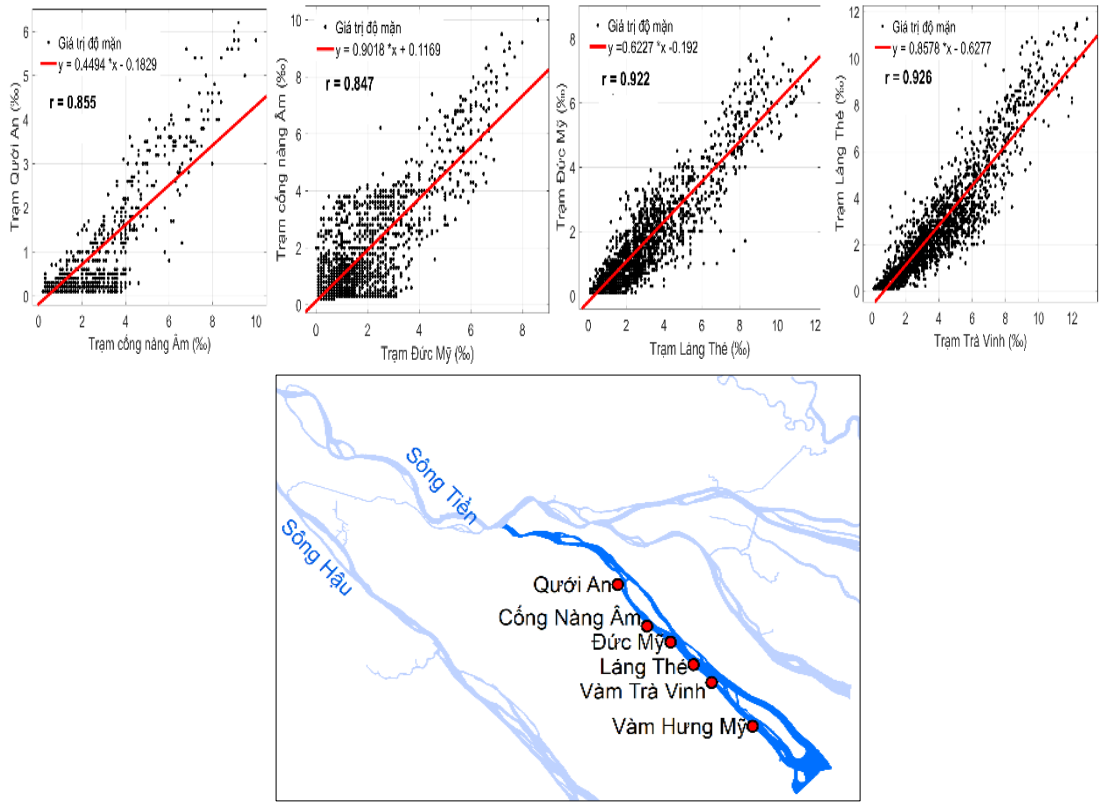
Hình 3. Tương quan số liệu đo độ mặn giữa các trạm trên nhánh Sông Hậu - cửa Trần Đề

Trong khi đó, tại cửa Định An, hệ số tương quan r có giá trị lần lượt là 0,857; 0,908 và 0,814 giữa các trạm Tích Thiện, Đường Đức, Cầu Quan và Trà Kha (Hình 4).



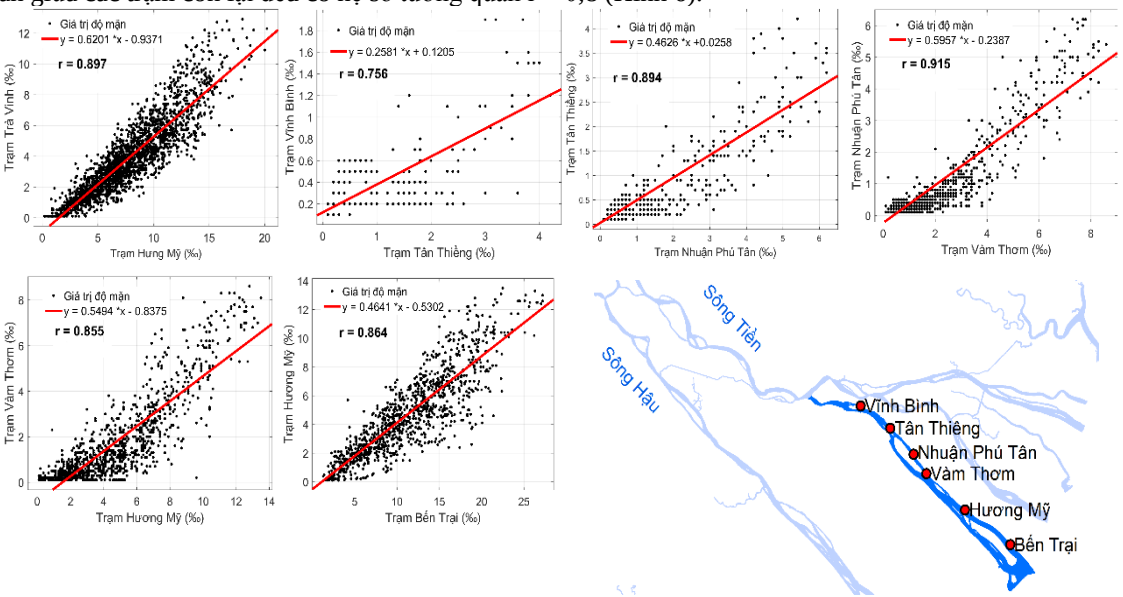
Hình 4. Tương quan số liệu đo độ mặn giữa các trạm trên nhánh Sông Hậu - cửa Định An

Trên Sông Tiền, cửa Cung Hầu (Hình 5), hệ số tương quan cũng ở mức mạnh và khá mạnh giữa các trạm Qưới An, cống Nàng Âm, Đức Mỹ, Láng Thé, Trà Vinh và Hưng Mỹ lần lượt là 0,855; 0,847; 0,922; 0,926 và 0,897.

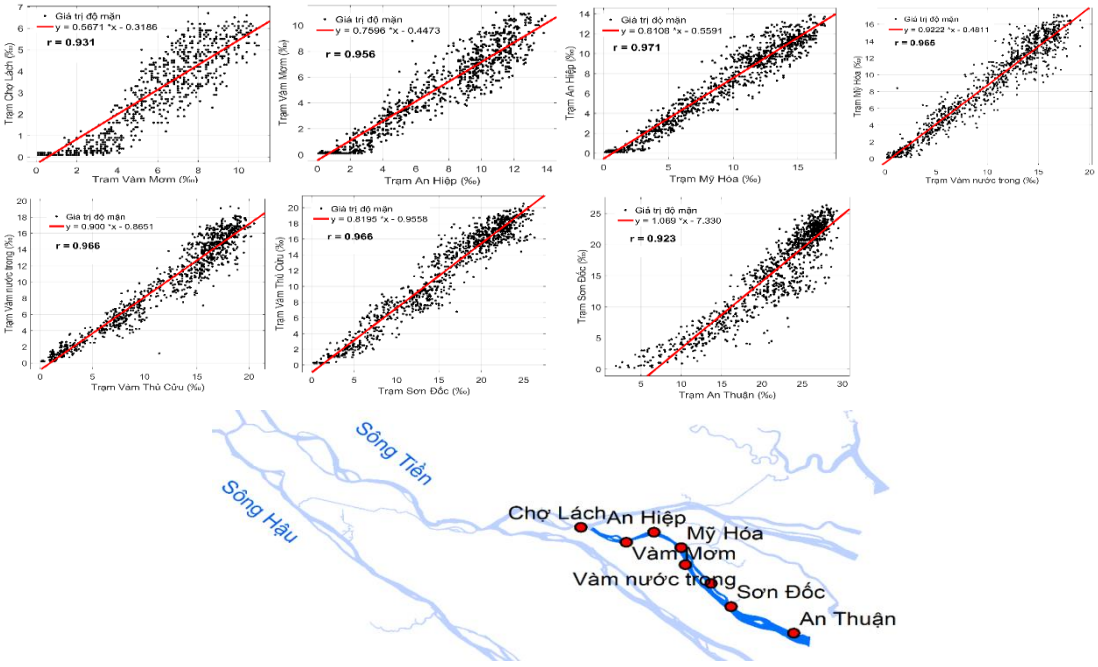


Hình 5. Tương quan số liệu đo độ mặn giữa các trạm trên nhánh Sông Tiền - cửa Cung Hầu

Tương tự, đối với cửa Cổ Chiên, hệ số tương quan nhỏ nhất là 0,756 (giữa trạm Tân Thiêng và Vĩnh Bình); trong khi hệ số cao nhất là 0,915 (giữa trạm Phú Nhuận Tân và trạm Vàm Thơm). Các hệ số tương quan giữa các trạm còn lại đều có hệ số tương quan r > 0,8 (Hình 6).



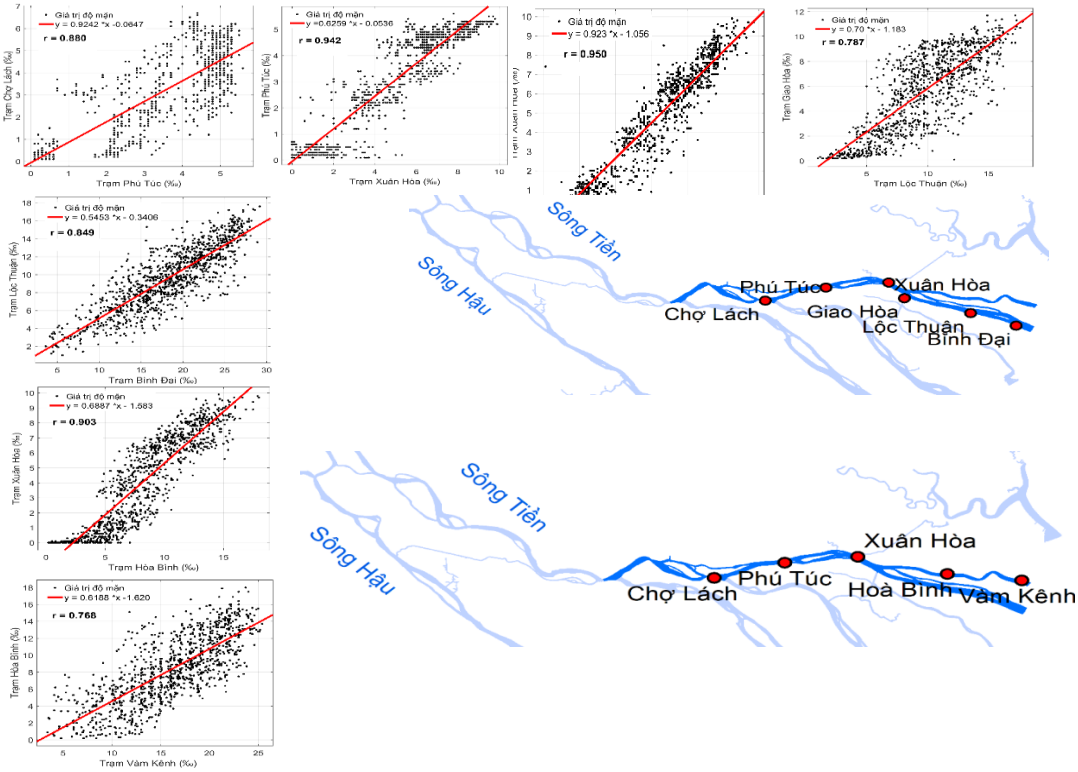
Hình 6. Tương quan số liệu đo độ mặn giữa các trạm trên nhánh Sông Tiền - cửa Cổ Chiên



Hình 7. Tương quan số liệu đo độ mặn giữa các trạm trên nhánh Sông Tiền - cửa Hàm Luông

Tại nhánh Sông Tiền, cửa Hàm Luông (Hình 7), các hệ số tương quan đều ở mức rất mạnh r > 0,9. Giá trị cao nhất là 0,971 giữa trạm An Hiệp và Mỹ Hóa và thấp nhất là 0,923 giữa trạm Sơn Đốc và An Thuận. Cuối cùng, trên nhánh sông Mỹ Tho, tại Cửa Tiểu, Cửa Đại của tỉnh Tiền Giang (Hình 8), các giá trị tương quan đều ở mức rất mạnh. Mối tương quan đều đồng biến và độ mặn đều có xu hướng giảm dần

từ ngoài cửa sông vào sâu trong nội đồng. Giá trị tương quan thấp nhất, r = 0,768 là giữa trạm Vàm Kênh và Hòa Bình. Trong khi đó, giá trị tương quan cao nhất r = 0,950 là giữa hai trạm Xuân Hòa và Giao Hòa.



Hình 8. Tương quan số liệu đo độ mặn giữa các trạm trên nhánh sông Mỹ Tho - Cửa Đại và Cửa Tiểu

5. Kết luận

Với dữ liệu độ mặn của 68 trạm quan trắc trên khu vực ĐBSCL được thu thập trong 6 tháng mùa khô của năm 2020, tính từ ngày 01/01/2020 đến ngày 30/6/2020, nghiên cứu này đã sử dụng phương pháp hệ số tương quan r để đánh giá mức độ tương quan số liệu đo độ mặn giữa các trạm quan trắc. Kết quả phân tích và đánh giá cho thấy, số liệu đo độ mặn giữa các trạm trên các nhánh sông của ĐBSCL đều có mức độ tương quan từ mức mạnh (hệ số r > 0,7) đến mức rất mạnh (hệ số r > 0,8) và đều là đồng biến, độ mặn có xu hướng tăng dần từ phía trong nội đồng ra đến phía cửa biển. Kết quả đánh giá của nghiên cứu này không chỉ cho thấy mức độ tương quan mạnh, đồng biến của số liệu đo độ mặn giữa các trạm quan trắc mà còn cho phép cộng đồng địa phương, các nhà nghiên cứu nắm được những thay đổi của môi trường cũng như lập kế hoạch quản lý môi trường một cách hiệu quả hơn.

Nghiên cứu này mới dừng ở việc đánh giá mức độ tương quan số liệu đo độ mặn giữa các trạm quan trắc trên địa bàn khu vực ĐBSCL, trong nghiên cứu tiếp theo, sẽ tìm hiểu và lựa chọn một số mô hình học máy (machine learning) phù hợp cùng với các số liệu đo độ mặn đã được kiểm tra mức độ tương quan này để xây dựng bản đồ dự báo xâm nhập mặn cho khu vực ĐBSCL.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài khoa học và công nghệ cấp bộ "Nghiên cứu phương pháp đánh giá rủi ro xâm nhập mặn có xét tới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu" mã số CT.2022.01.XDA.04.

Tài liệu tham khảo

Akoglu H. (2018). User's guide to correlation coefficients. Turkish journal of emergency medicine, 18(3), 91-93.

Cohen I., Huang Y., Chen J., Benesty J., Benesty J., Chen J., ... & Cohen I. (2009). Pearson correlation coefficient. Noise reduction in speech processing, 1-4.

Đặng Văn Dũng, Trần Đình Phương, Lê Thị Oanh, Trần Thành Công (2018). Khai thác mô hình Mike 11 trong dự báo, cảnh báo xâm nhập mặn vùng đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Khí tượng thủy văn, 693, 48-58.

Hauke J., Kossowski T. (2011). Comparison of values of Pearson's and Spearman's correlation coefficients on the same sets of data. Quaestiones geographicae, 30(2), 87-93.

Hoan N. X., Nguyen Khoi D., Trung L. D. (2019). Assessing the adaptive capacity of farmers under the impact of saltwater intrusion in the Vietnamese Mekong Delta. Journal of Environmental Planning and Management, 62(9), 1619-1635.

Hoang Phi P., Lam Dao N., Pham Van C., Chau Nguyen Xuan Q., Nguyen Van Anh V., Gummadi S., Le Van T. (2020). Sentinel-1 SAR time series-based assessment of the impact of severe salinity intrusion events on spatiotemporal changes in the distribution of rice planting areas in coastal provinces of the Mekong delta, Vietnam. Remote Sensing, 12(19), 3196.

Huu Thoi N., Gupta A. D. (2001). Assessment of water resources and salinity intrusion in the Mekong Delta. Water International, 26(1), 86-95.

Ippen A. T., Harleman D. R. (1961). One-dimensional analysis of salinity intrusion in estuaries (No. 5). Waterways Experiment Station.

Kotera A., Nguyen K. D., Sakamoto T., Iizumi T., Yokozawa M. (2014). A modeling approach for assessing rice cropping cycle affected by flooding, salinity intrusion, and monsoon rains in the Mekong delta, Vietnam. Paddy and water environment, 12, 343-354.

Lê Văn Hải (2021). Vấn đề xâm nhập mặn đồng bằng sông Cửu Long trên sóng truyền hình địa phương (Doctoral dissertation, Đại học Quốc gia Hà Nội).

Mahmuduzzaman M., Ahmed Z.U., Nuruzzaman A.K.M., Ahmed F.R.S. (2014). Causes of salinity intrusion in coastal belt of Bangladesh. International Journal of Plant Research, 4(4A), 8-13.

Miah M.Y., Kamal M.Z.U., Salam M.A., Islam M.S. (2020). Impact of salinity intrusion on agriculture of Southwest Bangladesh-A review. International Journal of Agricultural Policy and Research.

Mukaka M. M. (2012). A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. Malawi medical journal, 24(3), 69-71.

Nguyễn Đăng Tính, Võ Văn Tiền, Trịnh Công Vấn, Vũ Văn Kiên (2021). Đánh giá phân bố mặn trên Sông Hậu phục vụ cho công tác cảnh báo xâm nhập mặn ở đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Khoa học Thủy lợi và Môi trường, 75(9), 106-111.

Nguyễn Thanh Bình, Thạch Sô Phanh, Lâm Huôn (2012). Đánh giá tổn thương có sự tham gia: trường hợp xâm nhập mặn ở đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ, (24b), 229-239.

Nguyen A.D., Savenije H.H. (2006). Salt intrusion in multi-channel estuaries: a case study in the Mekong delta, Vietnam. Hydrology and Earth System Sciences, 10(5), 743-754.

Pearson K. (1909). Determination of the coefficient of correlation. Science, 30(757), 23-25.

Ratner B. (2009). The correlation coefficient: Its values range between+ 1/− 1, or do they?. Journal of targeting, measurement and analysis for marketing, 17(2), 139-142.

Shammi M., Rahman M.M., Bondad S.E., Bodrud-Doza M. (2019, March). Impacts of salinity intrusion in community health: a review of experiences on drinking water sodium from coastal areas of Bangladesh. In Healthcare (Vol. 7, No. 1, p. 50). MDPI.

Trần Quốc Đạt, Likitdecharote, K., Nguyễn Hiếu Trung (2012). Mô phỏng xâm nhập mặn đồng bằng sông Cửu Long dưới tác động mực nước biển dâng và sự suy giảm lưu lượng từ thượng nguồn. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ, (21b), 141-150.

Tran D.D., Dang M.M., Du Duong B., Sea W., Vo T.T. (2021). Livelihood vulnerability and adaptability of coastal communities to extreme drought and salinity intrusion in the Vietnamese Mekong Delta. International Journal of Disaster Risk Reduction, 57, 102183.

Vu D. T., Yamada T., Ishidaira H. (2018). Assessing the impact of sea level rise due to climate change on seawater intrusion in Mekong Delta, Vietnam. Water Science and Technology, 77(6), 1632-1639.

Xiao H., Tang Y., Li H., Zhang L., Ngo Duc T., Chen D., Tang Q. (2021). Saltwater intrusion into groundwater systems in the Mekong Delta and links to global change. Advances in Climate Change Research, 12(3), 342-352.

http://vnmha.gov.vn/kttv-voi-san-xuat-va-doi-song-106/dong-bang-song-cuu-long--man-bat-dau-xam-nhap!-14031.html

ABSTRACT

Research to evaluate the correlation relationship of salinity measurement data from various monitoring using the r correlation coefficient

Bui Duy Quynh[1,*], Ha Thi Hang[1], Luu Thi Dieu Chinh[2], Tran Xuan Truong[3]
[1]*Faculty of Bridges and Roads, Hanoi University of Civil Engineering*
[2]*Faculty of Hydraulic Engineering, Hanoi University of Civil Engineering*
[3]*Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology*

The Mekong delta in Vietnam is considered one of the most vulnerable in the world to saline intrusion. Saline intrusion has threatened the local communities' lives, livelihoods, habitats, health, and economic development. Most of the current studies are interested in the causes, estimation of salinity intrusion, or assessment of the impact of saline intrusion on various aspects of socio-economic life in the Mekong delta, in which, salinity measurement data from monitoring stations are often used as input data or as verification data for saline intrusion prediction models. Therefore, this study evaluates the correlation relationships of salinity measurement data from various monitoring stations using the r correlation coefficient. The results of this study not only show the correlation relationships of salinity measurement data from various monitoring stations but also allow researchers and local communities to understand changes in the living environment as well as make a more effective management plan for the environment.

Keywords: Correlation level, r correlation coefficient, salinity measurement data, monitoring stations, Mekong delta.

Nghiên cứu ứng dụng GIS trong quản lý thông tin quy hoạch xây dựng đô thị tại xã Hải Tiến, thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh

Hà Thị Hằng*, Đào Duy Toàn, Hà Trung Khiên
Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả ứng dụng công nghệ GIS trong xây dựng cơ sở dữ liệu phục vụ quản lý thông tin quy hoạch xây dựng đô thị tại xã Hải Tiến, thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh. Trong đó, các nguồn dữ liệu đầu vào bao gồm: Bản đồ hiện trạng sử dụng đất, bản đồ địa hình, bản đồ quy hoạch chung xây dựng và các sơ đồ định hướng phát triển hệ thống hạ tầng kỹ thuật, hệ thống thông tin liên lạc, hệ thống cấp điện. Tất cả các nguồn dữ liệu này được chuyển đổi định dạng, chuyển đổi hệ tọa độ và nhập các thông tin thuộc tính nhằm xây dựng cơ sở dữ liệu thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trong phần mềm ArcGIS 10.5. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy những hiệu quả vượt trội của công nghệ GIS trong việc xây dựng cơ sở dữ liệu phục vụ quản lý thông tin quy hoạch xây dựng đô thị, như: xây dựng được một hệ thống các lớp dữ liệu đồng bộ, thống nhất trong cùng hệ tọa độ; tra cứu thông tin đơn giản, nhanh chóng; cập nhật, chỉnh sửa, tìm kiếm thông tin dễ dàng,… Ngoài ra, cơ sở dữ liệu xây dựng được còn cho phép xuất báo cáo, thành lập các bản đồ chuyên đề, cũng như có thể dễ dàng chia sẻ dữ liệu giữa các cấp quản lý.
Từ khóa: GIS, cơ sở dữ liệu quy hoạch xây dựng đô thị, quản lý thông minh, xã Hải Tiến, thành phố Móng Cái.

1. Đặt vấn đề

Quy hoạch xây dựng đô thị là việc tổ chức không gian kiến trúc và bố trí công trình trên một khu vực lãnh thổ trong từng thời kỳ, làm cơ sở pháp lý cho việc chuẩn bị đầu tư xây dựng, quản lý xây dựng và phát triển kinh tế, xã hội (Luật Quy hoạch, 2017). Thông tin quy hoạch xây dựng đô thị cung cấp những thông tin về kế hoạch phát triển đô thị trong tương lai, bao gồm các thông tin về khu đất quy hoạch, mật độ dân số, địa điểm xây dựng, hạ tầng công cộng, hệ thống đường giao thông, khu vực dành cho công nghiệp, thương mại và dịch vụ, cũng như các quy định về kiến trúc và xây dựng. Thông tin này rất quan trọng trong quản lý, quy hoạch và phát triển đô thị, giúp cho các nhà quản lý và các chuyên gia có thể đưa ra các quyết định hợp lý và hiệu quả trong quá trình quản lý và phát triển đô thị (Yigitcanlar et al., 2008). Chính vì vậy, quy hoạch xây dựng đô thị đóng một vai trò rất quan trọng trong việc đảm bảo phát triển đô thị một cách bền vững, quy hoạch xây dựng đô thị giúp cho các đô thị được phát triển một cách hợp lý, đồng bộ và đáp ứng được nhu cầu của đa số người dân trên địa bàn. Quy hoạch xây dựng đô thị một cách hợp lý cũng giúp giảm thiểu các vấn đề về môi trường và xã hội, đảm bảo sự an toàn, hiệu quả và tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên. Tuy nhiên, bên cạnh đó, quy hoạch xây dựng đô thị cần phải được cập nhật và điều chỉnh liên tục để phù hợp với các thay đổi về môi trường, kinh tế, văn hóa và xã hội (Yigitcanlar et al., 2009).

Ngày nay, hệ thống thông tin địa lý GIS (Geographic Information System) được xem là một giải pháp quan trọng và hiệu quả trong quản lý thông tin quy hoạch xây dựng đô thị bởi nó có khả năng thu thập, lưu trữ, quản lý và phân tích dữ liệu địa lý, nó có thể xây dựng cơ sở dữ liệu (CSDL) là nơi chứa đựng và tạo ra những thông tin quan trọng về quy hoạch đô thị, về sử dụng đất đai, về hệ thống hạ tầng kỹ thuật, về môi trường, mật độ dân số, kinh tế và các yếu tố khác có liên quan đến quy hoạch đô thị (Dale P.F., 1991). Với việc xây dựng cơ sở dữ liệu quy hoạch xây dựng đô thị trong môi trường GIS làm cho công tác quản lý thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trở nên dễ dàng và hiệu quả hơn. Trong môi trường GIS, người dùng có thể dễ dàng tra cứu, truy xuất, cập nhật và chỉnh sửa thông tin, thực hiện các phép phân tích không gian, đưa ra các quyết định thông minh và hiệu quả hơn trong việc quản lý và giám sát quy hoạch đô thị (Yeh, A.G., 1999).

* *Tác giả liên hệ*
Email: hanght@huce.edu.vn

Trên thế giới, công nghệ GIS ngày càng được quan tâm và ứng dụng khá nhiều trong các nghiên cứu liên quan đến lĩnh vực quy hoạch xây dựng đô thị (Masser I., 2001; Oh K., 2001; Banzhaf et al., 2009).

Li & Yeh (2000) đã tích hợp máy tự động di động (Cellular Automata - CA) để xây dựng CSDL đô thị trong hệ thống Grid-GIS nhằm tạo điều kiện truy cập dễ dàng hơn cũng như giúp cho các nhà quy hoạch có thể tìm kiếm những dạng đô thị tốt hơn cho mục tiêu phát triển bền vững (Li & Yeh, 2000). Dai et al. sử dụng GIS cho việc đánh giá điều kiện địa lý - môi trường thuận lợi cho quy hoạch sử dụng đất đô thị tại khu đô thị thuộc thành phố Lan Châu và vùng phụ cận ở Tây Bắc Trung Quốc.

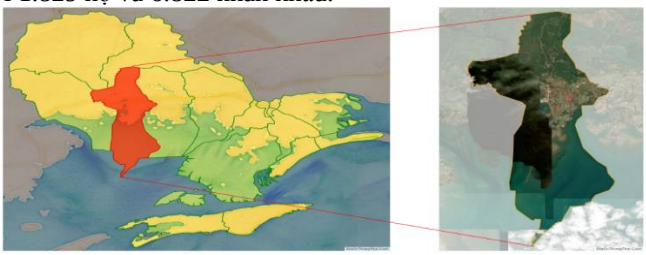
Đánh giá này kết hợp địa hình, địa chất bề mặt và đá gốc, điều kiện nước ngầm và các tai biến địa chất lịch sử (Dai et al., 2001). Trong khi đó, Marzouk & Othman thì đề xuất tích hợp Mô hình thông tin xây dựng (Building Information Modeling - BIM) và hệ thống thông tin địa lý (GIS) để lập kế hoạch và dự báo nhu cầu cơ sở hạ tầng tiện ích cho các thành phố đang mở rộng và các khu đô thị mới, trong đó, sử dụng thông tin quy hoạch sử dụng đất, thông tin về loại công trình và nhiều loại thông tin liên quan khác (Marzouk & Othman, 2020). Gần đây nhất, Chen et al. đã thảo luận về việc phát triển hệ thống thông tin quản lý quy hoạch đô thị thông minh dựa trên nền tảng GIS. Trong đó, mô hình dữ liệu không gian chi tiết đã được thiết kế và xây dựng theo các văn bản pháp lý liên quan, sử dụng chức năng phân tầng để nhằm cung cấp mô hình dữ liệu tương ứng dựa trên các thông tin thuộc tính được lưu trữ trong CSDL (Chen et al., 2021).

Ở Việt Nam, công nghệ GIS cũng được ứng dụng rất nhiều trong lĩnh vực đô thị và quy hoạch xây dựng đô thị (Nguyễn Văn Tuấn, 2011; Nguyễn Thị Thúy Hiên, Đinh Việt Hùng, 2013; Nguyễn Bích Ngọc và cs., 2014; Nguyễn Thanh Phi và cs., 2018; Lưu Đình Hiệp và cs., 2019). Hầu hết các nghiên cứu đều thực nghiệm ứng dụng công nghệ GIS trong quản lý quy hoạch xây dựng tại một số địa phương trên cả nước và phần nào chứng minh được tính hiệu quả của công nghệ này.

Xã Hải Tiến là một trong 17 đơn vị hành chính của TP. Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh, đây là xã có vị trí chiến lược trong kế hoạch phát triển Khu đô thị dịch vụ tích hợp của thành phố trong tương lai. Hiện nay, các bản đồ hiện trạng sử dụng đất, bản đồ địa chính, bản đồ quy hoạch xây dựng đô thị tại xã Hải Tiến đều được lưu trữ dưới dạng *.dwg, thuộc định dạng của phần mềm AutoCad, trên đó chứa đựng các thông tin không gian của đối tượng (vị trí, hình dạng thửa đất). Trong khi đó, các thông tin thuộc tính liên quan đến thửa đất (chủ sở hữu, diện tích, loại đất,…) lại được lưu trữ dưới dạng *.docx, thuộc định dạng của phần mềm Microsoft Word, hoặc dưới dạng *xlsx của phần mềm Microsoft Excel. Vì dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính của cùng một đối tượng được lưu trữ riêng biệt trên các phần mềm khác nhau nên việc quản lý và tra cứu thông tin rất khó khăn, mất nhiều thời gian, ngoài ra, điều này còn gây khó khăn trong việc chia sẻ và đồng nhất dữ liệu giữa các đơn vị quản lý. Nhằm khắc phục những bất cập này, nghiên cứu này đề xuất ứng dụng công nghệ GIS trong quản lý thông tin quy hoạch xây dựng đô thị tại xã Hải Tiến, thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh. Trong đó, CSDL thông tin quy hoạch xây dựng đô thị xây dựng được trong nghiên cứu sẽ cung cấp những thông tin liên quan đến quy hoạch sử dụng đất, hiện trạng sử dụng đất và các thông tin liên quan đến hạ tầng kỹ thuật đô thị (hệ thống cấp, thoát nước; hệ thống thông tin liên lạc; hệ thống cấp điện). Kết quả này sẽ giúp việc quản lý, tra cứu, cập nhật, chỉnh sửa và chia sẻ thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn được nhanh chóng, thuận tiện và hiệu quả hơn.

2. Khu vực nghiên cứu

Hải Tiến là một xã trung du ven biển nằm ở phía Tây, cách trung tâm thành phố Móng Cái 12 km, với tổng diện tích tự nhiên 3.446,31 ha, chiếm 17,81 % tổng diện tích đất của thành phố Móng Cái. Trong đó, đất lâm nghiệp và mặt nước, bãi triều ven biển chiếm gần 3/4 diện tích tự nhiên của xã. Địa bàn xã Hải Tiến gồm 09 thôn, với 1.829 hộ và 6.822 nhân khẩu.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu

3. Dữ liệu và quy trình nghiên cứu

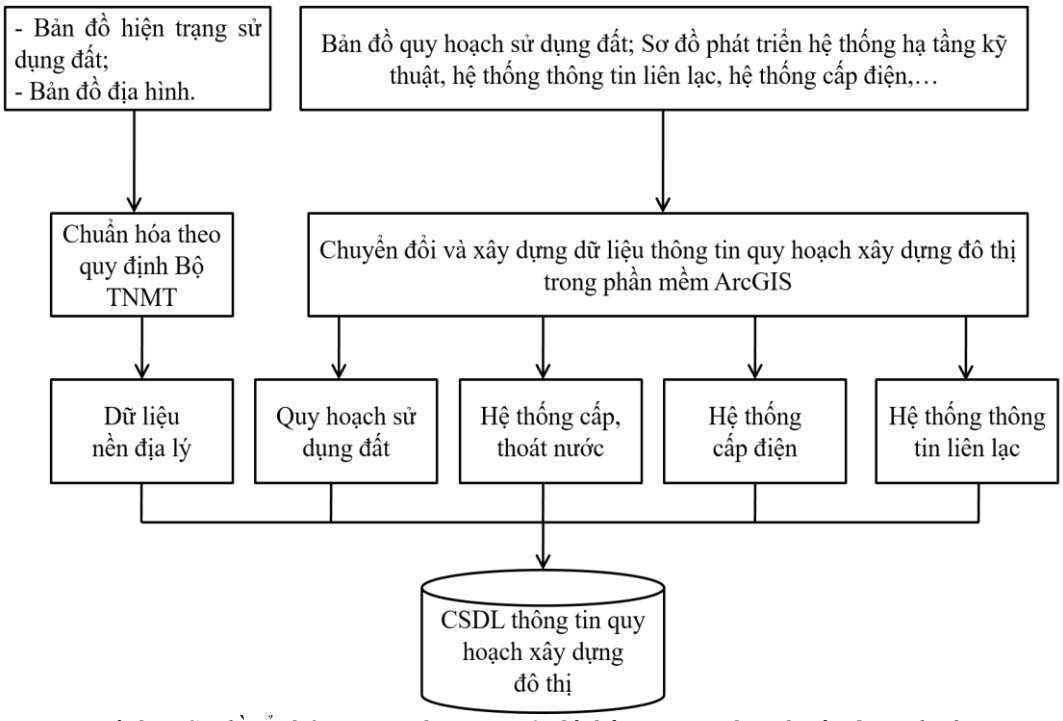
3.1. Các nguồn dữ liệu thu thập

Trong nghiên cứu này, để phục vụ công tác quản lý thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến, các nguồn dữ liệu thu thập được cung cấp bởi UBND xã Hải Tiến vào năm 2021, bao gồm:

- Bản đồ hiện trạng sử dụng đất năm 2020 tại địa bàn xã Hải Tiến - thành phố Móng Cái - tỉnh Quảng Ninh, tỷ lệ 1/5000, do Sở Xây dựng tỉnh Quảng Ninh cung cấp.
- Bản đồ địa hình Khu dân cư hai bên Quốc lộ 18 thuộc địa bàn xã Hải Tiến - thành phố Móng Cái - tỉnh Quảng Ninh, tỷ lệ 1/500, do Viện Quy hoạch và Thiết kế xây dựng công trình Quảng Ninh lập theo phương pháp đo vẽ trực tiếp năm 2021.
- Bản đồ quy hoạch chung xây dựng (giai đoạn 2022-2030) trên địa bàn xã Hải Tiến - thành phố Móng Cái - tỉnh Quảng Ninh, tỷ lệ 1/5000.
- Sơ đồ định hướng phát triển hệ thống hạ tầng kỹ thuật phục vụ quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến - thành phố Móng Cái - tỉnh Quảng Ninh.
- Sơ đồ định hướng phát triển hệ thống thông tin liên lạc phục vụ quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến - thành phố Móng Cái - tỉnh Quảng Ninh.
- Sơ đồ định hướng phát triển hệ thống cấp điện phục vụ quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến - thành phố Móng Cái - tỉnh Quảng Ninh.

3.2. Xây dựng cơ sở dữ liệu thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trong phần mềm ArcGIS 10.5

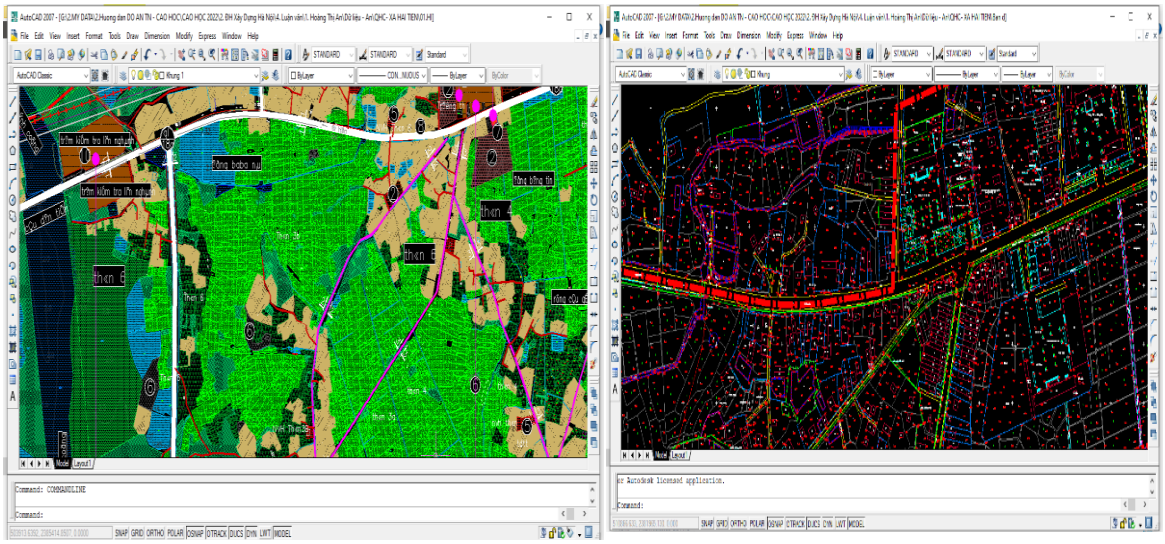
Với các dữ liệu đã thu thập được, tiến hành tổ chức cơ sở dữ liệu phục vụ công tác quản lý thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến, thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh như sau:



Hình 2. Sơ đồ tổ chức CSDL phục vụ quản lý thông tin quy hoạch xây dựng đô thị

3.2.1. Xây dựng dữ liệu nền địa lý

Dữ liệu nền địa lý là cơ sở để định vị nội dung chuyên đề của CSDL, tạo điều kiện thuận lợi để định hướng và làm sáng tỏ các đặc điểm cũng như quy luật phân bố của các hiện tượng nằm trong chuyên đề của CSDL. Trong nghiên cứu này, dữ liệu nền địa lý được sử dụng là bản đồ hiện trạng sử dụng đất năm 2020 trên địa bàn xã Hải Tiến, tỷ lệ 1/5000 và bản đồ địa hình khu dân cư hai bên Quốc lộ 18 thuộc địa bàn xã Hải Tiến, tỷ lệ 1/500.



(a) *(b)*

Hình 3. Bản đồ hiện trạng sử dụng đất tỷ lệ 1/5000 (a) và bản đồ địa hình khu dân cư hai bên QL 18 tỷ lệ 1/500 (b) trên địa bàn xã Hải Tiến trong phần mềm AutoCad

- Chuyển đổi định dạng dữ liệu: Do những dữ liệu nền thu thập được đều lưu trữ dưới dạng *.dwg của phần mềm AutoCad (Hình 3), do đó, cần phải chuyển đổi dữ liệu và biên tập lại cho phù hợp với định dạng CSDL trong phần mềm ArcGIS 10.5. Khi tiến hành thêm các nguồn dữ liệu này vào trong phần mềm ArcGIS 10.5 sẽ hiện rất nhiều các lớp thông tin khác nhau, trong đó, các định dạng phổ biến là Annotation (thường tương ứng với các kí hiệu ghi chú trong phần mềm Autocad); Point (tương ứng với kí hiệu dạng điểm); Polyline (tương ứng với kí hiệu dạng đường); Polygon (tương ứng với kí hiệu dạng vùng);… Sau khi lựa chọn được đối tượng cần chuyển đổi thì sử dụng lệnh Feature Class to Feature Class trong phần mềm ArcGIS 10.5 để chuyển đổi sang định dạng shapefile (*.shp) của phần mềm ArcGIS.

- Chuyển đổi hệ tọa độ: Thông thường, các lớp dữ liệu nền sau khi chuyển đổi về định dạng shapefile (*.shp) trong phần mềm ArcGIS thường chưa được gắn trong hệ tọa độ cụ thể nào. Tiến hành sử dụng lệnh Project trong phần mềm ArcGIS 10.5 để chuyển đổi hệ tọa độ phù hợp cho tất cả các file dữ liệu nền nhằm phục vụ cho việc quản lý thông tin quy hoạch xây dựng đô thị.

Cơ sở dữ liệu hệ thống thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến, thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh cần được thành lập trong Hệ tọa độ Quốc gia VN- 2000: Lưới chiếu UTM quốc tế, múi 6^o, kinh tuyến trục Lo = $107^o45'$, hệ số biến dạng k_0 = 0,9996; Ellipsoid WGS-84 được định vị phù hợp với lãnh thổ Việt Nam, trong phần mềm ArcGIS 10.5.

- Nhập thông tin thuộc tính: Căn cứ vào thông tin thuộc tính được lưu trữ rời rạc theo vị trí hoặc theo bảng ghi chú hoặc theo kí hiệu trong phần mềm Autocad, tiến hành nhập thông tin thuộc tính cho từng lớp đối tượng tương ứng trong phần mềm ArcGIS 10.5. Các thông tin thuộc tính này có thể nhập trực tiếp bằng cách sử dụng công cụ Editor ⇒ Start Editing trong phần mềm ArcGIS 10.5 rồi nhập lần lượt; hoặc kết nối với một bảng thông tin ở phần mềm khác tương thích với GIS nhằm hoàn thiện cơ sở dữ liệu tích hợp quy hoạch hạ tầng đô thị trong GIS, bằng cách sử dụng công cụ Joins and Relates ⇒ Join trong bảng thuộc tính của đối tượng.

3.2.2. Xây dựng CSDL thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến

CSDL thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến bao gồm: Bản đồ quy hoạch chung xây dựng (giai đoạn 2022-2030) tỷ lệ 1/5000 và các sơ đồ định hướng phát triển hệ thống hạ tầng kỹ thuật, hệ thống thông tin liên lạc, hệ thống cấp điện,… trên địa bàn xã Hải Tiến, thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh được cung cấp bởi UBND xã Hải Tiến vào năm 2021. Do tất cả những dữ liệu này được lưu ở định dạng *.dwg của phần mềm AutoCad, do đó, cũng cần phải thực hiện chuyển đổi dữ liệu, chuyển đổi hệ tọa độ và nhập thông tin thuộc tính cho tất cả các đối tượng này trong phần mềm ArcGIS 10.5.

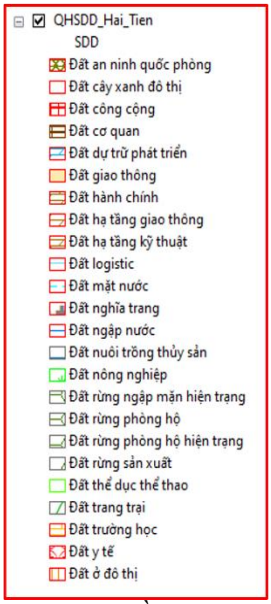
Bảng 1. Tổ chức các lớp dữ liệu trong CSDL thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến trong phần mềm GIS

TT	Các lớp dữ liệu	Nội dung	Loại đối tượng không gian	Các thông tin thuộc tính
1	Quy hoạch sử dụng đất	Quy hoạch sử dụng đất	Vùng	Loại hình sử dụng đất, diện tích.
2	Đường ống cấp nước	Công trình cấp nước	Đường	Thời hạn dùng, đường kính ống.
3	Trạm bơm	Công trình cấp nước	Điểm	Tên công trình, tọa độ X, tọa độ Y.
4	Đường ống thoát nước thải	Công trình thoát nước	Đường	Tình trạng, đường kính ống thoát nước thải.
5	Đường ống thoát nước mặt	Công trình thoát nước	Đường	Thời hạn dùng, đường kính ống.
6	Đường điện chiếu sáng	Hệ thống cấp điện	Đường	Công suất, loại đường điện.
7	Đường dây thông tin liên lạc	Hệ thống thông tin liên lạc	Đường	Ghi chú, loại ống.

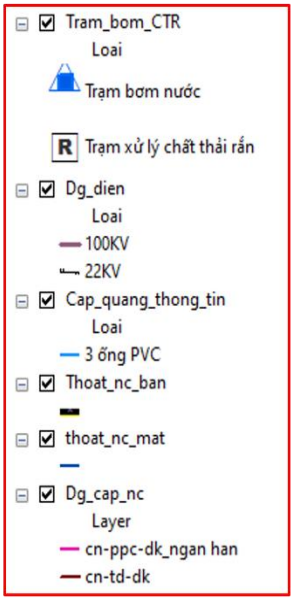
4. Kết quả và thảo luận

Sau khi xây dựng được CSDL thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến - thành phố Móng Cái - tỉnh Quảng Ninh trong phần mềm ArcGIS 10.5, nhận thấy, việc quản lý thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến đã trở nên đơn giản và dễ dàng hơn khá nhiều, cụ thể: các lớp dữ liệu được lưu trữ đồng bộ trên cùng một hệ tọa độ, việc tra cứu thông tin quy hoạch xây dựng đô thị theo vị trí không gian được liên tục, kết nối được cả thông tin không gian và thông tin thuộc tính,...

a). Thông tin quy hoạch sử dụng đất đô thị



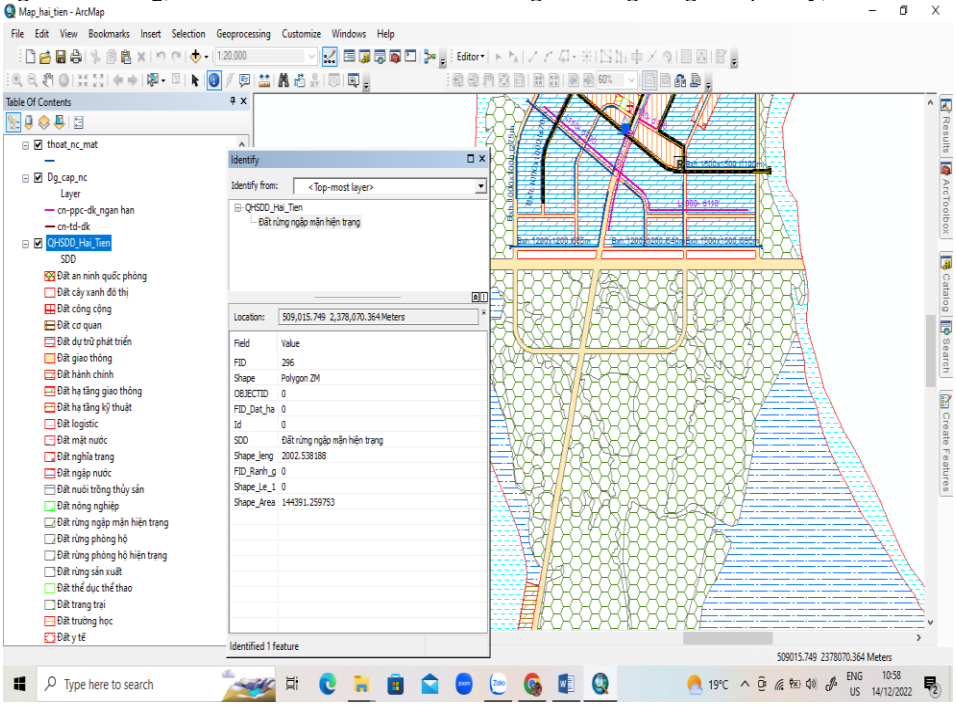
b). Thông tin hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị



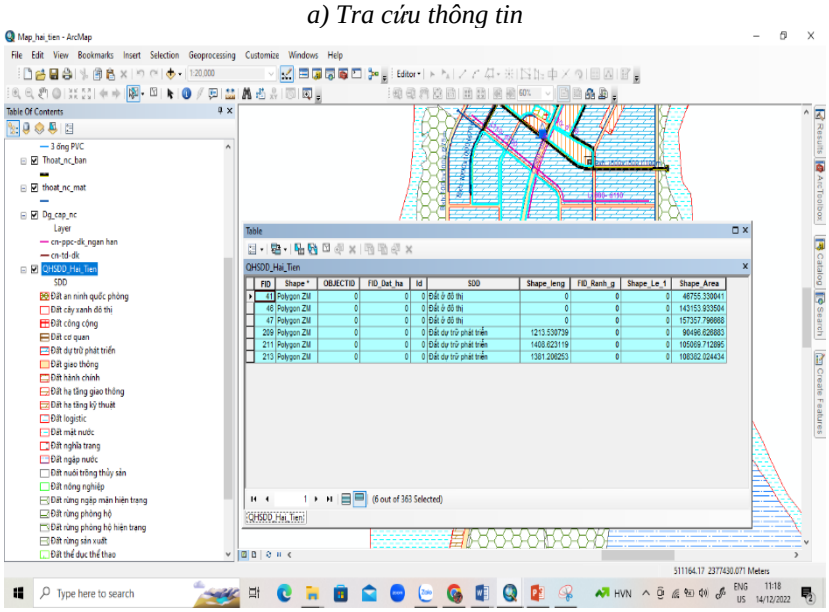
Hình 4. Các lớp dữ liệu chuyên đề xây dựng được trong CSDL thông tin quy hoạch xây dựng đô thị tại xã Hải Tiến

Bên cạnh đó, việc tra cứu, truy xuất thông tin về thông tin quy hoạch xây dựng đô thị cũng như hệ thống công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến, thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh

trong phần mềm ArcGIS 10.5 cũng sẽ giúp cho các nhà quản lý vừa xem được dữ liệu không gian và vừa cập nhật được vào bảng thuộc tính của đối tượng một cách dễ dàng, điều này góp phần hạn chế sai số do nhập thông tin thủ công, đảm bảo tính liên kết và tính đồng bộ trong công tác quản lý, điều hành.



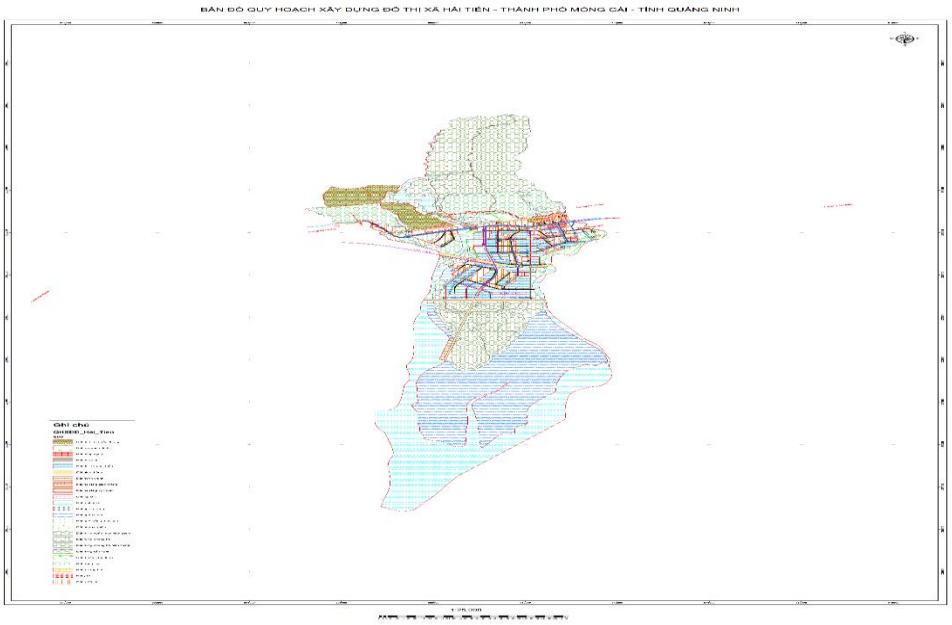
a) Tra cứu thông tin



b) Liên kết thông tin không gian và thông tin thuộc tính

Hình 5. Thực hiện tra cứu thông tin (a) và liên kết thông tin (b) trong CSDL thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến trong phần mềm ArcGIS 10.5

Ngoài ra, với CSDL thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến đã xây dựng được, phần mềm ArcGIS còn cho phép thể hiện các CSDL này dưới dạng bản đồ chuyên đề phục vụ cho nhiều ngành, nhiều mục đích khác nhau hoặc xuất báo cáo để báo cáo công việc hàng năm (Hình 6).



Hình 6. Bản đồ thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến, thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh

5. Kết luận

Với các nguồn dữ liệu thu thập được, nghiên cứu này đã xây dựng thành công cơ sở dữ liệu phục vụ công tác quản lý thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến, thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh trong phần mềm ArcGIS 10.5. Trong đó, các đối tượng không gian được gắn với các thông tin thuộc tính đi kèm trong cùng một hệ thống phần mềm, điều này giúp cho việc tra cứu thông tin, cập nhật và chỉnh sửa thông tin được nhanh gọn, hiệu quả. Ngoài ra, với CSDL thông tin quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn xã Hải Tiến còn giúp các cơ quan quản lý dễ dàng trong việc chia sẻ dữ liệu, tra cứu, cập nhật, chỉnh sửa thông tin, tìm kiếm đối tượng, xuất báo cáo,… đều trở nên dễ dàng, thuận tiện và hiệu quả hơn so với công nghệ quản lý truyền thống như hiện nay.

Nghiên cứu này bước đầu mới chỉ thực nghiệm ứng dụng công nghệ GIS trong xây dựng CSDL thông tin quy hoạch xây dựng đô thị tại xã Hải Tiến nhằm đánh giá và chứng minh tính hiệu quả của công nghệ này, chính vì vậy, để xây dựng được đồng bộ CSDL thông tin quy hoạch xây dựng đô thị cho toàn thành phố Móng Cái và tỉnh Quảng Ninh nhằm hướng tới công tác chuyển đổi số trong tương lai, cần kiến nghị sử dụng công nghệ GIS trong công tác quản lý cũng như ban hành các văn bản pháp lý liên quan đến CSDL thông tin quy hoạch xây dựng đô thị nói chung cho toàn tỉnh.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Xây dựng Hà Nội đối với nhóm nghiên cứu "Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GIS & RS trong phân tích, đánh giá rủi ro thiên tai nhằm thích ứng với biến đổi khí hậu".

Tài liệu tham khảo

Banzhaf E., Grescho V., Kindler A., 2009. Monitoring urban to peri‐urban development with integrated remote sensing and GIS information: a Leipzig, Germany case study. International Journal of Remote Sensing, 30(7), 1675-1696.

Chen Z., Chen R., Chen S.,, 2021. Intelligent management information system of urban planning based on GIS. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 40(4), 6007-6016.

Dai F.C., Lee C.F., Zhang X.H., 2001. GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study. Engineering geology, 61(4), 257-271.

Dale P.F.,1991. GIS and their role in urban development. Cities, 8(1), 10-16.

Li X., Yeh A.G.O., 2000. Modelling sustainable urban development by the integration of constrained cellular automata and GIS. International journal of geographical information science, 14(2), 131-152.

Lưu Đình Hiệp, Nguyễn Thị Cẩm Tiên, Nguyễn Gia Huy, Trần Thanh Long, 2019. Ứng dụng GIS phục vụ công tác quản lý hạ tầng đô thị trên địa bàn TP Phan Rang - Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận. 11tr.

Marzouk M., Othman A. 2020. Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the integration between BIM and GIS. Sustainable Cities and Society, 57, 102120.

Masser I. 2001. Managing our urban future: the role of remote sensing and geographic information systems. Habitat international, 25(4), 503-512.

Nguyễn Bích Ngọc, Đào Đức Hưởng, Trần Thị Phượng, 2014. *Ứng dụng GIS trong xây dựng mô hình 3D phục vụ cho quy hoạch không gian đô thị quận Hải Châu, thành phố Đà Nẵng*. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, 19: 47-55.

Nguyễn Thanh Phi, Trần Văn Sơn, Trần Cao Đệ, 2018. *Xây dựng hệ thống thông tin địa lý quản lý quy hoạch đô thị và định giá đất tại thành phố Sóc Trăng*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 54(3), 12-20.

Nguyễn Thị Thúy Hiên, Đinh Việt Hùng, 2013. *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GIS trong công tác quản lý quy hoạch xây dựng đô thị*. Tạp chí Khoa học & Công nghệ, 106 (06): 125-129.

Nguyễn Văn Tuấn, 2011. Ứng dụng GIS trong quản lý quy hoạch xây dựng. Luận án Tiến sĩ, Đại học Quốc gia Hà Nội.

Oh K. 2001. LandScape Information System: A GIS approach to managing urban development. Landscape and urban planning, 54(1-4), 81-91.

Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam, 2017. Luật Quy hoạch số 21/2017/QH14 ngày 24/11/2017.

Yeh A.G., 1999. Urban planning and GIS. Geographical information systems, 2(877-888), 1.

Yigitcanlar T., 2009. Planning for knowledge‐based urban development: global perspectives. Journal of Knowledge Management.

Yigitcanlar T., Velibeyoglu K., Baum S. (Eds.)., 2008. Knowledge-based urban development: Planning and applications in the information era: Planning and applications in the information era. IGI Global.

ABSTRACT

Research and application of GIS technology in construction planning information management in Hai Tien district, Mong Cai city, Quang Ninh province

Ha Thi Hang*, Dao Duy Toan, Ha Trung Khien
Faculty of Bridges and Roads, Hanoi University of Civil Engineering

This paper presents the application of GIS technology in building a database for information management of urban construction planning in Hai Tien commune, Mong Cai city, Quang Ninh province. The input data sources include the current land use map, the topographic map, the general construction planning map, and development-oriented diagrams of technical infrastructure system communication and power supply system. All these data sources were converted and imported into ArcGIS 10.5 software to generate a database of urban construction planning information. These obtained results demonstrate the outstanding effectiveness of GIS technology in database management for urban construction planning information, such as building a system of synchronous data layers, enabling simple and fast information lookup, and easy updates, edits, and information searches. Additionally, the built-in database allows for exporting reports, establishing thematic maps, and easy data sharing between management units.

Keywords: GIS, database of urban construction planning, intelligent management, Hai Tien commune, Mong Cai city.

Nghiên cứu bình sai và phân tích chuyển dịch ngang công trình xây dựng ứng dụng công nghệ GNSS

Hoàng Ngọc Hà *

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong báo cáo tập trung nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS và các phương pháp hiện đại xử lý số liệu trong trắc địa công trình. Nghiên cứu sử dụng số liệu đo GNSS trong các chu kỳ khác nhau để phân tích chuyển dịch ngang công trình. Đã ứng dụng bình sai tự do, phép lọc Kalman, xác định các tham số dịch chuyển, tính toán vận tốc và gia tốc dịch chuyển của công trình. Áp dụng các tiêu chí thống kê để phân tích. Các kết quả thu được cho phép đánh giá bức tranh biến dạng ngang của công trình và mở ra khả năng dự báo phục vụ công tác an toàn. Tính toán cụ thể đối với một công trình cụ thể.

Từ khóa: Phân tích chuyển dịch, GNSS, bình sai trắc địa, lọc Kalman.

1. Đặt vấn đề

Bài toán phân tích biến dạng chuyển dịch ngang công trình được đề cập trong nhiều công trình nghiên cứu trong và ngoài nước: Welsch W.M., Heunecke O. (2001); Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc (2010); Lê Đức Tình (2017),... Đặc điểm chung của các phương pháp là trên cơ sở kết quả bình sai của các chu kỳ so sánh độ dịch chuyển so với chu kỳ đầu tiên để phân tích đánh giá.Việc ứng dụng công nghệ GNSS với độ chính xác cao đã làm thay đổi bức tranh công nghệ truyền thống với ưu việt vì sự tiện lợi trong đo đạc và không phụ thuộc vào thời tiết và ảnh hưởng của tia ngắm. Tuy nhiên, GNSS được xác định trong hệ tọa độ không gian và phân tích biến dạng ngang lại xác định trong hệ tọa độ phẳng. Một vấn đề nữa đặt ra là các chu kỳ đo không phải với khoảng cách thời gian như nhau nên đánh giá, phân tích độ dịch chuyển không liên kết được yếu tố thời gian. Trong báo cáo đã trình bày kết quả nghiên cứu bài toán phân tích chuyển dịch ngang công trình trên cơ sở ứng dụng lý thuyết bình sai lưới tự do và phép lọc Kalman và xác định các tham số dịch chuyển biến dạng. Tính toán minh họa với một công trình cụ thể.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Bình sai lưới mặt bằng sử dụng baseline đo GNSS

Lý thuyết bình sai lưới tự do và bình sai lưới GNSS trong hệ tọa độ phẳng đã được trình bày cụ thể trong cuốn sách: "Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS", NXB KHKT 2005. Ứng dụng bình sai lưới tự do phục vụ quan trắc biến dạng công trình được nhiều tác giả nghiên cứu và phát triển (Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc, 2010),... Trong nghiên cứu này chúng tôi áp dụng lý thuyết nêu trên để tiến hành tính toán bình sai trong mỗi chu kỳ đo của lưới GNSS phục vụ quan trắc chuyển dịch ngang công trình.

2.2. Lý thuyết lọc Kalman theo thời gian trên cơ sở triển khai công thức Taylor bậc 2

Mô hình động theo thời gian với tọa độ, vận tốc và gia tốc được biểu diễn bằng công thức sau
Tọa độ các điểm j ở thời điểm (t_{k+1}) theo công thức khai triển Taylor lấy đến bậc 2 sẽ là:

$$x(t_{k+1}) = x(t_k) + (\frac{\partial x}{\partial t})_{t_k}(t_{k+1} - t_k) + \frac{1}{2}(\frac{\partial^2 x}{\partial^2 t})_{t_k}(t_{k+1} - t_k)^2 \quad (1)$$

$$y(t_{k+1}) = y(t_k) + (\frac{\partial y}{\partial t})_{t_k}(t_{k+1} - t_k) + \frac{1}{2}(\frac{\partial^2 y}{\partial^2 t})_{t_k}(t_{k+1} - t_k)^2 \quad (2)$$

$$x_j^{(k+1)} = x_j^{(k)} + (t_{k+1} - t_k)v_{Xj} + 1/2\,(t_{k+1} - t_k)^2\, a_{Xj} \quad (3)$$

* *Tác giả liên hệ*
Email: hoangngocha@humg.edu.vn

$$x_j^{(k+1)}=x_j^{(k)} + (t_{k+1} - t_k)v_{Xj} +1/2 (t_{k+1} - t_k)^2 a_{Xj} \quad (3)$$

$$y_j^{(k+1)}=y_j^{(k)} + (t_{k+1} - t_k)_{Yj} +1/2 (t_{k+1} - t_k)^2 a_{Yj} \quad (4)$$

Kí hiệu:

$$x^{(k+1)}=x(t_{k+1}),\ x^{(k)}=x(t_k),\ v_x=(\frac{\partial x}{\partial t})_{t_k}\ ,\ a_x=(\frac{\partial^2 x}{\partial^2 t})_{t_k} \quad (5)$$

$$y^{(k+1)}=y(t_{k+1}),\ x^{(k)}=y(t_k),\ v_y=(\frac{\partial y}{\partial t})_{t_k}\ ,\ a_x=(\frac{\partial^2 y}{\partial^2 t})_{t_k} \quad (6)$$

Khi đó, đối với mỗi một điểm j chúng ta có hệ phương trình sau:

$$\begin{aligned} x_j^{(k+1)}&=x_j^{(k)} + (t_{k+1} - t_k)v_{Xj} +1/2 (t_{k+1} - t_k)^2 a_{Xj} \\ y_j^{(k+1)}&=y_j^{(k)} + (t_{k+1} - t_k)_{Yj} +1/2 (t_{k+1} - t_k)^2 a_{Yj} \end{aligned} \quad (7)$$

Ở đây các ký hiệu là:

$x_j^{(k+1)}$, $y_j^{(k+1)}$: tọa độ phẳng điểm j ở thời điểm chu kỳ (t_{k+1}).

$x_j^{(k)}$, $y_j^{(k)}$: tọa độ điểm j ở thời điểm chu kỳ (t_k).

v_{xj} , $v_{yj\ j}$: vận tốc dịch chuyển của tọa độ x,y của điểm j.

a_{xj} , a_{yj} , a_{zj}: gia tốc của tọa độ X, Y, Z của điểm j.

k = 1, 2, . . . , i (i: số thứ tự chu kỳ đo).

j = 1, 2, . . . , n (n: số thứ tự của điểm trong lưới).

Hệ phương trình dạng ma trận của mô hình chuyển động được sử dụng để dự báo các tham số chuyển động bằng kỹ thuật lọc Kalman trong các lưới 3D có thể được biểu diễn như sau:

$$\bar{Y}_{k+1} = \mathbf{M}_{k+1}\,\hat{Y}_k \quad (8)$$

Ở đây các vector:

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{Y}}^{\mathbf{T}}_{(k+1)} &= (\ x\ y\ v_x\ v_y\ a_x\ a_Y\ )_{(k+1)} \\ \bar{\mathbf{Y}}^{\mathbf{T}}_{(k)} &= (\ x\ y\ v_x\ v_y\ a_x\ a_Y\ )_{(k)} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\mathbf{M}_{k+1,k} = \begin{pmatrix} E & E.(t_{k+1} - t_k) & E(0{,}5(t_{k+1} - t_k)^2 \\ O & E & E.(t_{k+1} - t_k) \\ O & O & E \end{pmatrix}$$

Các ma trận:

$$O=\begin{bmatrix}0 & 0\\ 0 & 0\end{bmatrix}\ ,\ E=\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix} \quad (10)$$

$\bar{\mathbf{Y}}^{T}_{(k+1}$ - vector giá trị dự báo của tọa độ, vận tốc và gia tốc.

$\hat{\mathbf{Y}}^{\mathbf{T}}_{k}$ - vector trạng thái tại thời điểm t_k.

$\mathbf{M}_{k+1,}$- ma trận dịch chuyển.

Phương trình (11) là phương trình dự báo trong phép lọc Kalman.

Phương trình có yếu tố nhiễu sẽ như sau:

$$\bar{Y}_{(k+1)} = M_{(k+1)}\,\bar{Y})_k + S_{k+1,k} \quad (11)$$

$K_{\bar{Y}(k+1)} = M_{k+1,k}\ K_Y\ M_{k+1,k}^T + \mathbf{S}_{k+1,k}\ K_S\ S_{k+1,k}^T$

Ở đây, ma trận K_Y là ma trận hiệp phương sai của vector trạng thái $\hat{Y}_k$ đã được lọc ở thời điểm t_k.

Ma trận K_S là ma trận hiệp phương sai của vector nhiễu hệ thống ở thời điểm t_k.

Tại thời điểm t_{k+1} chúng ta thực hiện đo đạc có thể thành lập hệ phương trình đo (phương trình lọc) như sau:

$$\mathbf{v}_{l,k+1}=A_{k+1}\hat{Y}_k-\mathbf{l}_{k+1} \quad (12)$$

Hay là:

$$l_{k+1}+v_{l,k+1} = A_{k+1}\hat{Y}_k - l_{k+1} \quad (13)$$

Kết hợp các biểu thức (18) và (23) chúng ta có công thức sau:

$$V = \hat{A}_{k+1}\hat{Y}_{k+1} - L \quad (14)$$

Ở đây chúng ta ký hiệu:

$$V = \begin{pmatrix} v_{k+1} \\ V_{l,k+1} \end{pmatrix}$$

$$\hat{A}_{k+1} = \begin{pmatrix} E \\ A_{k+1} \end{pmatrix} \quad (15)$$

$$\hat{A}_{k+1} = \begin{pmatrix} E \\ A_{k+1} \end{pmatrix} \quad (16)$$

$$L = -\begin{pmatrix} \bar{Y}_{k+1} \\ l_{k+1} \end{pmatrix} \quad (17)$$

Ma trận hiệp phương sai:

$$K_{k+1} = \begin{pmatrix} K_{\bar{Y}(k+1} & 0 \\ 0 & K_{l,k+1} \end{pmatrix} \quad (18)$$

Ma trận:

$A_{k+1}^T = (\,E\ 0\ 0\,)$..

$E_{(kxk)}$ - Ma trận đơn vị, k - số ẩn số.

Từ công thức (14) có thể viết:

$$R_{k+1}\hat{Y}_{k+1} + b = 0 \quad (19)$$

$$R_{k+1} = \hat{A}_{k+1}^T K_{k+1}^{-1} \hat{A}_{k+1} \quad (20)$$

$$b = \hat{A}_{k+1}^T K_{k+1}^{-1} L_{k+1} \quad (21)$$

Ma trận Gain sẽ được xác định như sau:

$$G_{k+1} = K_{\bar{Y}(k+1} A_{k+1}^T \ (K_{l,k+1}^{-1} + A_{k+1} K_{\bar{Y}(k+1} A_{k+1}^T)^{-1} \quad (22)$$

Vector trạng thái ở thời điểm t_{k+1} sẽ là:

$$\hat{Y}_{k+1} = \bar{Y}_{k+1} + G_{k+1}\,(l_{k+1} - A_{k+1}\,\bar{Y}_{k+1}) \quad (23)$$

Từ các công thức(16), (18) và (20) chúng ta có biểu thức sau:

$$R_{k+1} = K_{l,k+1}^{-1} + A_{k+1}^T K_{l,k+1}^{-1} A_{k+1} \quad (24)$$

Ma trận hiệp phương sai của vector $\hat{Y}_{k+1}$ sẽ có dạng:

$$K_{k+1} = {R_{k+1}}^{-1} = \ (\ K_{l,k+1}^{-1} + A_{k+1}^T K_{l,k+1}^{-1} A_{k+1}\ )^{-1} \quad (25)$$

Từ công thức truy hồi chúng ta có:

$$(K^{-1}_{\bar{Y}(\mathbf{k+1})} + A^{T}_{k+1} K^{-1}_{\mathbf{l,k+1}} A_{k+1})^{-1} = K_{\bar{Y}(\mathbf{k+1}} - K_{\bar{Y}(\mathbf{k+1}} A^{T}_{k+1} N^{-1} A_{k+1} K_{\bar{Y}(\mathbf{k+1})} \quad (26)$$

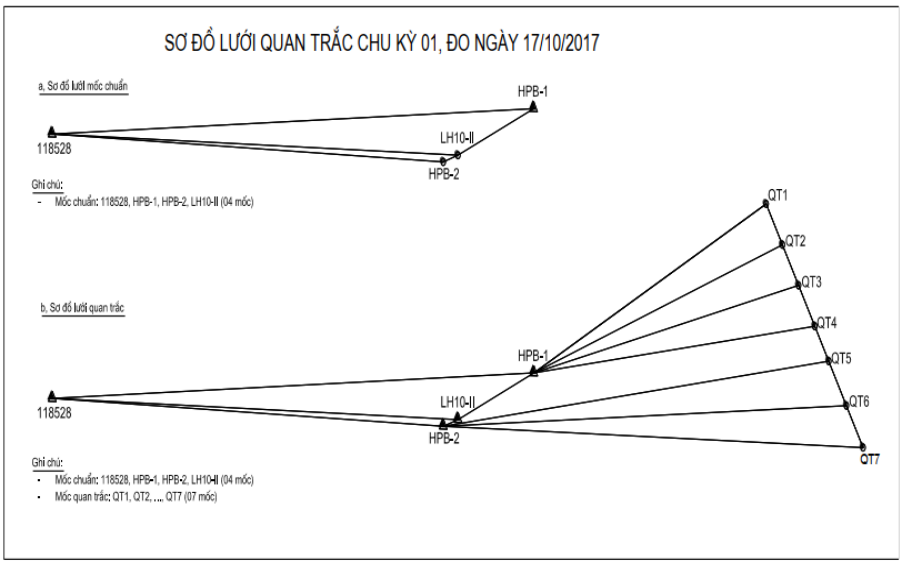
$$N = (K^{-1}_{l,k+1} + A_{k+1} K_{\bar{Y}(k+1} A^{T}_{k+1}).$$

Tóm lại, kết hợp các biểu thức (22), (25), (26) chúng ta có ma trận hiệp phương sai của vector trạng thái ở thời điểm tk+1 sẽ là:

$$K_{k+1} = K_{\bar{Y}(\mathbf{k+1}} - G_{k+1} A_{k+1} K_{\bar{Y}(\mathbf{k+1})} \quad (27)$$

3. Kết quả và thảo luận

Để tính toán thử nghiệm đã lấy số liệu công trình quan trắc chuyển dịch ngang tường chắn với 5 chu kỳ. Sơ đồ lưới quan trắc chu kỳ 1 được trình bày ở Hình 1. Mục tiêu của công việc quan trắc là nhằm cung cấp số liệu để đánh giá, kiểm chứng kết quả tính toán thiết kế, biện pháp thi công, các tác động do quá trình thi công gây nên, cảnh báo sớm các rủi ro có thể cho công trình.



Hình 1. Sơ đồ lưới quan trắc

Mạng lưới quan trắc gồm các mốc chuẩn và mốc quan trắc được đo đạc bằng 04 máy GPS Trimble R3 của Mỹ. Thời gian thu tín hiệu trong 1 ca đo $\geq$ 60 phút. Mạng lưới quan trắc được thiết kế và đo đạc có độ chính xác sai số vị trí điểm yếu nhất sau bình sai $m_p \leq \pm 5$ mm.

Mục tiêu của phân tích biến dạng trong báo cáo này là đánh giá độ dịch chuyển của thời gian một quý (90 ngày) thông qua 5 chu kỳ quan trắc lần lượt là:

- Chu kỳ 1: 17/10/2017.
- Chu kỳ 2: 15/11/2017.
- Chu kỳ 3: 31/12/2017.
- Chu kỳ 4: 13/3/2018.
- Chu kỳ 5: 26/5/2018.

Các bước tính toán được thực hiện như sau:

a) Trong từng chu kỳ tiến hành bình sai lưới GNSS trong mô hình phẳng. Kết quả chúng ta có tọa độ phẳng bình sai và ma trận hiệp phương sai tương ứng của các điểm quan trắc.

b) Thực hiện tính toán theo các công thức (11), (23) và (27) với các số liệu của 2 chu kỳ liền nhau và tính gia số tọa độ so với chu kỳ 1.

Kết quả tính toán được trình bày trong các Bảng 1-4:

Bảng 1. Các tham số dịch chuyển ngang theo chu kỳ 1-2

	QT1	QT2	QT3	QT4	QT5	QT6	QT7
dx(mm)	1,0	4,0	3,0	1,0	4,0	4,0	2,0
dy(mm)	1,0	0	1,0	3,0	4,0	4,0	1,0
V_x(mm/quý)	3,0	12,2	9,2	3,0	12,2	9,2	6,1
V_y(mm/quý)	-3,0	0	3,0	9,2	12,3	12,2	-3,0

Bảng 2. Các tham số dịch chuyển ngang theo chu kỳ 1-2-3

	QT1	QT2	QT3	QT4	QT5	QT6	QT7
dx(mm)	0,0	2,0	0,0	-2,0	1,0	-2,0	2,0
dy(mm)	3,0	0	1,0	4,0	3,0	-4,0	-2,0
V_x(mm/quý)	-3,7	-12,0	-11,0	-6,3	-13,4	-13,7	-4,7
V_y(mm/quý)	7,7	0	-2,3	-5,7	-10,8	-20,1	1,0
a_x(mm/quý)	-4,4	-15,8	-13,2	-6,2	-15,1	-21,1	2,6
a_y(mm/quý)	7,04	0,0	-3,4	9,6	-15,1	-21,1	2,6

Bảng 3. Các tham số dịch chuyển ngang theo chu kỳ 1-2-3-4

	QT1	QT2	QT3	QT4	QT5	QT6	QT7
dx(mm)	1,0	-1,0	1,9	-2,1	-1,1	-3,5	-3,0
dy(mm)	2,1	4,9	3,0	9,8	6,7	1,7	1,0
V_x(mm/quý)	-0,1	-8,6	1,6	0,6	-2,6	-1,2	-7,9
V_y(mm/quý)	-0,0	6,1	2,7	9,1	6,3	10,9	4,9
a_x(mm/quý)	-0,1	-6,1	1,8	1,8	-0,4	1,5	-5,4
a_y(mm/quý)	-1,3	3,6	1,6	6,6	4,3	11,0	3,8

Bảng 4. Các tham số dịch chuyển ngang theo chu kỳ 1-2-3-4-5

	QT1	QT2	QT3	QT4	QT5	QT6	QT7
dx(mm)	-1,7	-2,7	1,5	0,12	-3,2	-2,5	-0,7
dy(mm)	1,1	6,7	5,9	15,19	8,7	11,0	2,2
V_x(mm/quý)	-4,0	-2,7	-0,1	2,8	-2,8	1,2	-2,9
V_y(mm/quý)	-1,7	2,7	4,3	10,8	6,7	17,6	5,2
a_x(mm/quý)	-2,1	-0,4	0,2	2,1	-0,4	2,1	-1,4
a_y(mm/quý)	-1,6	0,4	1,8	4,4	3,1	10,1	2,7

Nếu chúng ta dùng 4 chu kỳ để phân tích và dự báo chuyển dịch biến dạng của chu khu kỳ thứ 5 thì theo kết quả tính toán có thể thấy độ chuyển dịch so với chu kỳ 1 của tất cả các điểm, chênh lệch so với thực tế là nhỏ hơn 5 mm.

Có thể thấy một ưu điểm của phương pháp vừa trình bày là có thể đánh giá chuyển dịch ngang và xác định vận tốc và gia tốc chuyển dịch trong khoảng thời gian quan tâm (ví dụ là một quý).

4. Kết luận

Trong báo cáo đã phát triển phương pháp bình sai và phân tích chuyển dịch ngang công trình trên cơ sở sử dụng dữ liệu đo GNSS và phép lọc Kalman theo biến thời gian. Ưu điểm nổi bật của phương pháp là có thể đánh giá được sự chuyển dịch của các điểm trong khoảng thời gian quan tâm do yêu cầu kỹ thuật. (Trong báo cáo thời gian đánh giá là một quý), mặc dù chu kỳ đo có thể khác hoàn toàn. Đã tính toán các tham số chuyển dịch bao gồm cả vận tốc và gia tốc chuyển dịch với ma trận hiệp phương sai của các tham số. Đã nghiên cứu ban đầu về dự báo kết quả của chu kỳ 5 trên cơ sở số liệu quan trắc của 4 chu kỳ trước đó.

Lời cảm ơn

Tác giả trân trọng cảm ơn TS. Trần Ngọc Đông đã hỗ trợ cung cấp số liệu để làm ví dụ tính toán.

Tài liệu tham khảo

Hoàng Ngọc Hà, Trương Quang Hiếu. Cơ sở toán học xử lý số liệu trắc địa. Nhà xuất bản Giao thông vận tải. 2000.

Hoàng Ngọc Hà, Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội. 2006.

R.E. Kalman, A new approach to linear filtering and prediction problems, J Basic Eng 82D (1960) 35e45. Lê Đức Tình. Ứng dụng phương pháp bình sai hiệu trị đo để xử lý lưới quan trắc chuyển dịch ngang công trình. Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất, 58, 4, 101-105, 2017.

Markuze Y.U.I. Hoàng Ngọc Hà. Bình sai các mạng lưới không gian mặt đất và vệ tinh. Nhà xuất bản Nhedra Matxcơva. Sách chuyên khảo (tiếng Nga). 1991.

Markuze Y.U.I, Gôlubev V.V. Lý thuyết xử lý toán học lưới trắc địa. Alma Mater. 2010 (tiếng Nga).

Trần Ngọc Đông, Báo cáo kết quả quan trắc chuyển dịch ngang tường chắn (Chu kỳ 1, 2, 3, 4, 5). Viện KHCN Xây dựng, 2018.

Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc. Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình (2010). NXB Giao thông vận tải.

Trần Khánh, Lê Đức Tình, Nguyễn Thị Kim Thanh. Forecasting Structural Displacement based on Geodetic Monitoring Data. Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất, 2019.

Vy Quốc Hải, Trần Đình Tô và Dương Chí Công. Xác định chuyển dịch hiện đại đới đứt gãy Sông Đà và đới đứt gãy Sơn La - Bỉm Sơn bằng số liệu GPS. Địa chất và Khoáng sản, số 9, trang 257-265, 2005.

Welschp W.M. and Heunecke O. Models and terminology for the analysis of geodetic monitoring observations, in: Proceedingsof the 10th International Symposium on Deformation Measurements, Orange, California, USA, 390-412, 2001.

Yalc¸inkaya M. and Bayrak T. Dynamic model for monitoring landslides with emphasis on underground water in Trabzon province, Northeastern Turkey, J. Surv. Eng.-ASCE, 129(3), 115-124, 2003.

ABSTRACT

Research on adjustment and analysis of horizontal displacement in application construction works using GNSS technology

Hoang Ngoc Ha*
Hanoi University of Mining and Geology

In the report, the focus is on researching the application of GNSS technology and modern methods of data processing in engineering geodesy. The study uses GNSS measurements in different cycles to analyze the horizontal displacement of the building. Has applied free adjustment, Kalman filter and determined the displacement parameters and calculated the velocity and acceleration of the displacement. Statistical criteria were applied to the analysis. The obtained results allow to evaluate the horizontal deformation process of the building and open up the possibility of prediction for safety work. Specific calculation for a specific project.

Keywords: Displacement analysis, GNSS, geodetic adjustment, Kalman, filter.

Xây dựng mô hình nhạy cảm nguy cơ trượt lở đất bằng hàm niềm tin bằng chứng (EBF) tại khu vực huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái

Khúc Thành Đông[1, *], Hà Thị Hằng[1], Trần Vân Anh[2], Bùi Đức Phong[3], Trương Xuân Quang[3], Nguyễn Chí Công[3], Trần Thị Hồng Minh[3], Trương Mạnh Đạt[3]

[1]*Trường Đại học Xây dựng Hà Nội*

[2]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

[3]Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường

TÓM TẮT

Trượt lở đất là tai biến thiên nhiên thường xuyên xảy ra ở các khu vực vùng núi phía Bắc của Việt Nam, gây thiệt hại cho các khu dân cư và cơ sở hạ tầng. Các nghiên cứu trước đây thành lập bản đồ phân vùng không gian nguy cơ trượt lở đất với hai cách tiếp cận chính là dựa trên đánh giá chuyên gia và dựa trên dữ liệu. Trong đó, các thuật toán thống kê dựa trên dữ liệu cho thấy tính khách quan và sự cải thiện hiệu suất hơn khi so sánh với các mô hình đánh giá chuyên gia. Nghiên cứu này đã áp dụng mô hình hàm niềm tin bằng chứng (EBF) để xây dựng mô hình nhạy cảm trượt lở đất và bản đồ phân vùng không gian nguy cơ trượt lở đất tại huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái. Đầu tiên, dữ liệu của 301 điểm kiểm kê trượt lở đất được thu thập và sử dụng theo tỷ lệ 8/2 để huấn luyện và kiểm tra mô hình. Sau đó, nghiên cứu đã sử dụng 10 lớp dữ liệu nhân tố ảnh hưởng đến trượt lở đất để đánh giá mức độ niềm tin của các yếu tố nguyên nhân với hiện tượng trượt lở đất. Diện tích dưới đường cong (AUC) được sử dụng để đánh giá hiệu suất mô hình. Kết quả đạt được cuối cùng cho thấy hiệu quả tốt trong việc xây dựng mô hình nhạy cảm trượt lở đất của mô hình hàm niềm tin bằng chứng với AUC = 0,857. Cuối cùng, giá trị niềm tin (Bel) tổng hợp từ tất cả 10 yếu tố nguyên nhân được sử dụng để tính chỉ số nhạy cảm và thành lập bản đồ phân vùng trượt lở đất. Kết quả của nghiên cứu là nguồn tài liệu có giá trị trong công tác phòng ngừa rủi ro và giảm thiểu thiệt hại do trượt lở đất gây ra.

Từ khóa: Trượt lở đất, hàm niềm tin bằng chứng, EBF, Văn Yên.

1. Đặt vấn đề

Trượt lở đất là hiện tượng tai biến thiên nhiên xảy ra khi đất đá bị chuyển động, lăn, trượt hoặc chảy thành dạng dòng dưới ảnh hưởng của các lực tác động (Myronidis et al., 2016). Hiện tượng này xảy ra phổ biến tại Việt Nam, đặc biệt là tại khu vực vùng núi trong mùa mưa lũ. Trong đó, các tỉnh miền núi phía Bắc là khu vực có nguy cơ cao kèm theo nhiều thiệt hại về con người và các công trình xây dựng (Luu et al., 2023).

Bản đồ phân vùng không gian nguy cơ trượt lở đất đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá và giảm thiểu tác động của hiện tượng này đến con người và tài sản (Truong et al., 2023). Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, việc xác định và phân loại các vùng có nguy cơ trượt lở đất giúp cải thiện hiệu quả quản lý rủi ro, tăng khả năng đưa ra các biện pháp phòng ngừa và giảm thiểu tác động của trượt lở đất. Áp dụng các biện pháp phòng ngừa và quản lý rủi ro dựa trên các bản đồ phân vùng này còn giúp tiết kiệm chi phí đáng kể so với việc xử lý hậu quả sau khi xảy ra sự cố trượt lở đất. Điều này đồng nghĩa với việc xây dựng bản đồ phân vùng không gian nguy cơ trượt lở đất đóng vai trò quan trọng trong việc đưa ra các quyết định và lập kế hoạch về quy hoạch đô thị và phát triển kinh tế - xã hội (Hà Thị Hằng và nnk., 2023).

Các phương pháp dự báo trượt lở đất đã được nghiên cứu và áp dụng trong nhiều năm qua. Trước tiên, có thể kể đến một số phương pháp dựa trên kiến thức chuyên gia như: phương pháp AHP (Analytic Hierarchy Process), phương pháp DEMATEL (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) (Ali et al., 2021). Các phương pháp này cho phép xác định mức độ quan trọng của các yếu tố thành phần đến nhau và đến khả năng xảy ra trượt lở đất, từ đó đưa ra trọng số để đánh giá mức quan trọng của các yếu tố. Nhóm phương pháp này có ưu điểm là tích hợp được ý kiến của các chuyên gia trong các lĩnh vực khác nhau nhưng đôi khi các ý kiến vẫn mang tính chủ quan (Pham et al., 2021).

* *Tác giả liên hệ*
Email: dongkt@huce.edu.vn

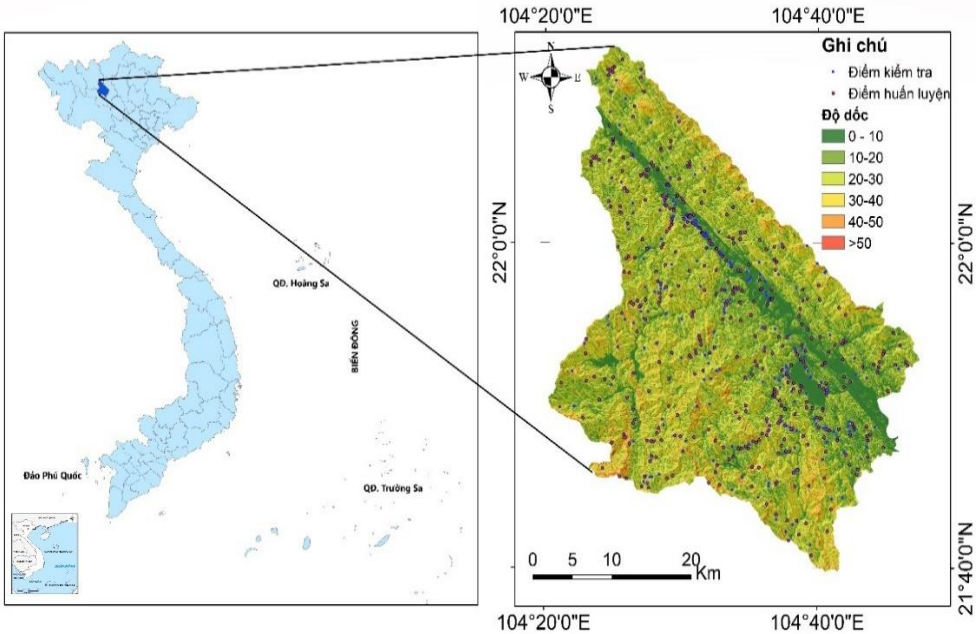
Hiện nay, các phương pháp nghiên cứu định lượng thông qua dữ liệu sử dụng các mô hình thống kê để đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng loại yếu tố đến hiện tượng trượt lở được áp dụng rộng rãi. Nhóm các phương pháp này đã cải thiện được sự chủ quan của phương pháp chuyên gia bằng cách sử dụng hoàn toàn các thống kê định lượng dựa trên dữ liệu. Một số phương pháp đã được áp dụng thành công có thể kể đến như: phương pháp trọng số bằng chứng (Weight of Evidence - WoE), tỷ số tần suất (Frequence Ratio - FR), lý thuyết giá trị thông tin (Information Value Method), hàm niềm tin bằng chứng (Evidential Belief Function - EBF) (Khúc Thành Đông và nnk., 2023; Ali et al., 2021). Trong đó, mô hình EBF sử dụng lý thuyết niềm tin bằng chứng để tính toán giá trị niềm tin của biến độc lập dựa trên bằng chứng. Phương pháp cho phép xác định mức độ tin tưởng vào từng yếu tố và tương quan chính xác với nguy cơ trượt lở đất. Mô hình này được áp dụng thành công trên một số khu vực trên thế giới như Iran, Trung Quốc và một số khu vực tại Việt Nam như Lạng Sơn, Hòa Bình (Bui et al., 2015; Rahman et al., 2020).

Mục đích của nghiên cứu này là ứng dụng hàm niềm tin bằng chứng để xây dựng mô hình nhạy cảm trượt lở đất và thành lập bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất tại huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái. Đây là huyện miền núi có hiện tượng trượt lở đất xảy ra thường xuyên, đặc biệt là vào mùa mưa. Với dữ liệu bản đồ kiểm kê trượt lở và các yếu tố ảnh hưởng đến trượt lở đất, nghiên cứu sẽ phân tích các thành phần của mô hình hàm niềm tin bằng chứng trên khu vực nghiên cứu cũng như đánh giá hiệu quả của phương pháp này trong xây dựng mô hình nhạy cảm trượt lở đất và thành lập bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái có toạ độ địa lý từ 21°50'30"-22°12'00" vĩ độ Bắc và từ 104°02'30"-104°03'00" kinh độ Đông (Hình 1). Huyện có tổng diện tích đất tự nhiên rộng 1391,54 km² với địa hình đa dạng, cao dần từ phía Đông sang phía Tây và từ phía Nam lên phía Bắc. Huyện có Sông Hồng chảy qua và dãy núi Con Voi cao 1.460 m, cùng dãy Hoàng Liên Sơn có các đỉnh núi từ 1.300-1.900 m ở phía hữu ngạn. Khí hậu của Văn Yên thuộc loại nhiệt đới ẩm gió mùa, có lượng mưa lớn và nhiệt độ trung bình từ 22-24 °C hàng năm. Điều này tạo điều kiện thuận lợi cho sự hình thành các vụ trượt lở đất. Với địa hình và điều kiện tự nhiên như vậy, Văn Yên là một trong những huyện chịu ảnh hưởng nặng nề từ hiện tượng trượt lở đất, đặc biệt vào mùa mưa (Khúc Thành Đông và nnk., 2023).



Hình 1. Khu vực nghiên cứu huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái

2.2. Dữ liệu

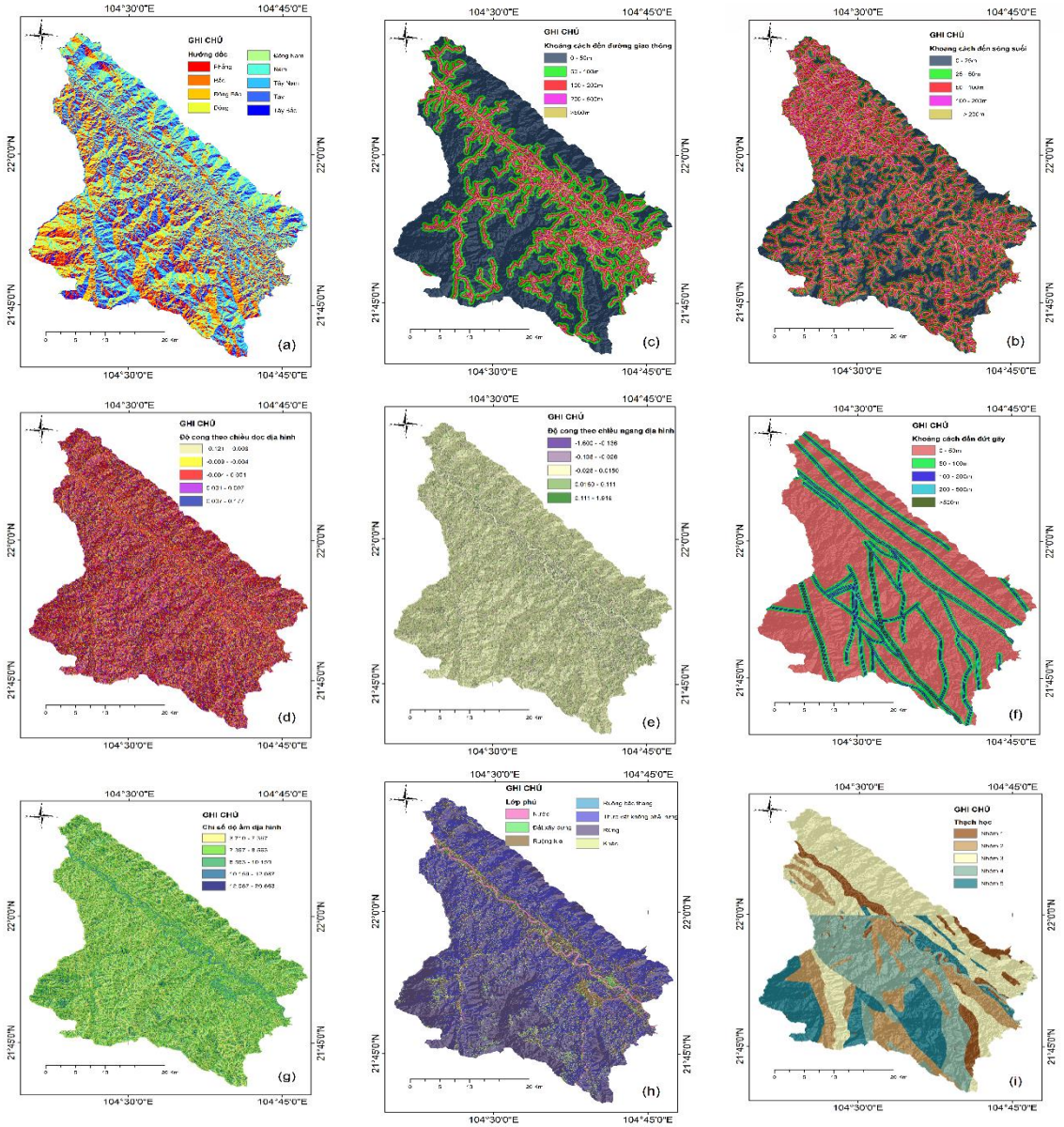
2.2.1. Dữ liệu kiểm kê trượt lở

Dữ liệu kiểm kê trượt lở là yếu tố quan trọng trong quá trình xây dựng các mô hình nhạy cảm trượt lở đất thông qua phân tích dữ liệu và mô hình hóa. Thông thường, việc ghi nhận vị trí không gian của các điểm trượt lở được tiến hành bằng phương pháp khảo sát thực địa hoặc thông qua giải đoán từ ảnh hàng

không và viễn thám. Nghiên cứu này đã kết hợp cả hai phương pháp trên để thành lập bản đồ kiểm kê. Đồng thời, các điểm kiểm kê thông qua giải đoán ảnh đều được kiểm chứng thông qua khảo sát thực địa trước khi sử dụng trong mô hình. Nghiên cứu đã sử dụng tổng số 301 điểm trượt lở để tiến hành phân tích (Hình 1).

2.2.2. Dữ liệu các yếu tố điều kiện

Các yếu tố điều kiện khi đưa vào mô hình nhạy cảm trượt lở đất giúp phần nào mô tả cơ chế hình thành cũng như nguyên nhân xảy ra hiện tượng này. Hiện nay, trên thế giới và tại Việt Nam chưa có nguyên tắc cụ thể để xác định chính xác các yếu tố điều kiện cho tất cả các trường hợp nghiên cứu. Việc lựa chọn các lớp yếu tố này phụ thuộc vào đặc điểm khu vực nghiên cứu, nguồn dữ liệu và cơ chế hình thành trượt lở đất tại khu vực đó. Nghiên cứu sử dụng 10 lớp bản đồ các yếu tố để mô tả sự ảnh hưởng của các nguyên nhân thành phần gây ra trượt lở đất (Hình 2).



Hình 2. Các bản đồ yếu tố điều kiện gây trượt lở đất a) Hướng dốc, b) Khoảng cách đến đường giao thông, c) Khoảng cách đến sông suối, d) Độ cong theo chiều dọc địa hình, e) Độ cong theo chiều ngang địa hình, f) Khoảng cách đến đứt gãy, g) Chỉ số độ ẩm địa hình, h) Lớp phủ, i) Thạch học

Các lớp bản đồ này được chia thành ba nhóm yếu tố chính: nhóm dữ liệu địa hình, nhóm dữ liệu thủy văn và môi trường, nhóm dữ liệu địa chất. Nhóm dữ liệu địa hình bao gồm: độ dốc (Hình 1), hướng sườn (Hình 2a), độ cong theo chiều dọc địa hình (Hình 2d) và độ cong theo chiều ngang địa hình (Hình 2e). Nhóm dữ liệu này được xây dựng từ dữ liệu mô hình số độ cao (DEM) của sản phẩm ALOS PALSAR từ vệ tinh cơ sở Alaska nhằm đánh giá tác động của địa hình đến nguy cơ trượt lở. Nhóm dữ liệu thủy văn và môi trường bao gồm chỉ số độ ẩm địa hình (Hình 2g), khoảng cách đến sông suối (Hình 2c), khoảng cách đến đường giao thông (Hình 2b) và dữ liệu lớp phủ (Hình 2h). Cuối cùng, bản đồ thạch học (Hình 2i) với 5 phân lớp đại diện cho các mức độ cứng khác nhau trong đó độ cứng kém nhất là nhóm 1 và cứng nhất là nhóm 5, cùng với khoảng cách đến đứt gãy (Hình 2f) được sử dụng để đánh giá tác động của các yếu tố địa chất đến nguy cơ trượt lở đất.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Mô hình hàm niềm tin bằng chứng (EBF)

Mô hình hàm niềm tin bằng chứng (Evidential Belief Functions - EBF) dựa trên lý thuyết Dempster-Shafer về thuật toán bằng chứng. Ưu điểm chính của lý thuyết Dempster-Shafer là khả năng tính toán mức độ không chắc chắn (Uncertainty) và khả năng kết hợp các giá trị độ tin tưởng (Belief) từ nhiều nguồn chứng cứ (Bui et al., 2015). Thay vì ước tính xác suất một giả thuyết là đúng, lý thuyết Dempster-Shafer ước tính mức độ mà chứng cứ chứng minh tính đúng đắn của giả thuyết đó. Hàm niềm tin bằng chứng đã được ứng dụng trong việc thành lập bản đồ phân vùng nguy trượt lở đất tại một số khu vực trên thế giới. Cách tiếp cận này giúp đánh giá độ tin cậy của các yếu tố (chứng cứ) có liên quan đến trượt lở đất trong một khu vực nhất định.

Thông qua việc sử dụng hàm niềm tin bằng chứng, các nhóm dữ liệu yếu tố ảnh hưởng đến trượt lở đất như địa hình, địa chất, thủy văn, môi trường và các yếu tố khác có thể được kết hợp để đánh giá các khu vực có nguy cơ xảy ra trượt lở đất cao hay thấp. Hàm niềm tin bằng chứng sử dụng các hàm thành phần như Bel (mức độ tin cậy), Dis (mức độ không tin cậy), Unc (mức độ không chắc chắn) và Pls (mức độ hợp lý) để đo lường mức độ tin cậy hoặc không tin cậy một khu vực có khả năng trượt lở. Bel và Pls đại diện cho giới hạn dưới và giới hạn trên của xác suất. Unc là sự khác biệt giữa mức độ tin cậy và mức độ hợp lý đại diện cho mức độ không chắc chắn. Dis là mức không độ tin cậy trên cơ sở các chứng cứ đã cho. Ta có mối quan hệ Dis = 1 - Pls hoặc 1 - Unc - Bel và luôn có Bel + Unc + Dis = 1. Hàm EBF được tính toán bằng cách xác định số lượng pixel có sạt lở và pixel không có sạt lở cho mỗi lớp yếu tố. Giả sử C_{ij} là thuộc tính phân lớp thứ j của yếu tố điều kiện sạt lở Ci (i = 1, 2,..., n), các hàm thành phần của mô hình hàm niềm tin bằng chứng được xác định như sau (Bui et al., 2015):

$$Bel(\mathrm{C_{ij}}) = \frac{W_{\mathrm{C_{ij}\,(Landslide)}}}{\sum_{j=1}^{n} W_{\mathrm{Cij(Landslide)}}} \quad (1)$$

$$\mathrm{Dis(C_{ij})} = \frac{\mathrm{W_{C_{ij}\,(Non-\,Landslide)}}}{\sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} W_{\mathrm{Cij(Non-\,Landslide)}}} \quad (2)$$

$$W_{C_{ij}\,(Landslide)} = \frac{\mathrm{N \cap L(Cij)/N(L)}}{[N(\mathrm{C_{ij}}) - N(L \cap \mathrm{C_{ij}})]/[N(C) - N(L)]} \quad (3)$$

$$W_{C_{ij}\,(Non-Landslide)} = \frac{[\mathrm{N(C_{ij})} - \mathrm{N(L \cap C_{ij})}]/\mathrm{N(L)}}{[\mathrm{N(C)} - \mathrm{N(L)}] - [\mathrm{N(L \cap C_{ij})}]/[\mathrm{N(C)} - \mathrm{N(L)}]} \quad (4)$$

Trong công thức (1) và (2): Bel (C_{ij}) là mức độ tin cậy của lớp thứ j trong yếu tố i, $W_{C_{ij}\,(Landslide)}$ là đại lượng ủng hộ niềm tin có mặt của các điểm trượt lở đất xuất hiện trong lớp yếu tố C_{ij}, Dis (C_{ij}) là mức không độ tin cậy của lớp thứ j trong yếu tố i, $W_{C_{ij}\,(Non-Landslide)}$ là đại lượng ủng hộ niềm tin có mặt của các điểm không trượt lở đất xuất hiện trong lớp yếu tố C_{ij}.

Trong công thức (3) và (4): $[N \cap L(C_{ij})]$ và tổng số pixel trượt lở của lớp yếu tố C_{ij}, N(L) là tổng số pixel sạt lở trong khu vực nghiên cứu; N(C_{ij}) là tổng số pixel trong lớp C_{ij}, N(C) là tổng số pixel trong khu vực nghiên cứu.

Sau khi tính toán các hàm thành phần của mô hình EBF cho tất cả các yếu tố điều kiện sạt lở, quy tắc kết hợp của Dempster được sử dụng để thu được các hàm EBF tích hợp. Quy tắc tổ hợp này được áp dụng để tính toán các thành phần của hàm niềm tin bằng chứng từ các bản đồ thành phần đã thành lập. Giá trị Bel sau khi tổng hợp được sử dụng để làm chỉ số nhạy cảm trượt lở (Bui et al., 2012; Beheshti et al., 2021):

$$Bel_{c_1c_2} = \frac{\mathrm{Bel_{C1}Bel_{c_2}} + \mathrm{Bel_{C1}Unc_{C2}} + \mathrm{Bel_{c_2}Unc_{C1}}}{1 - \mathrm{Bel_{C1}Dis_{C2}} - \mathrm{Dis_{C1}Bel_{C2}}} \quad (5)$$

$$Dis_{c_1c_2} = \frac{\mathrm{Dis_{C1}Dis_{c_2}} + \mathrm{Dis_{C1}Unc_{C2}} + \mathrm{Dis_{c_2}Unc_{C1}}}{1 - \mathrm{Bel_{C1}Dis_{C2}} - \mathrm{Dis_{C1}Bel_{C2}}} \quad (6)$$

$$Unc_{c_1c_2} = \frac{\mathrm{Unc_{C1}Unc_{c_2}}}{1 - \mathrm{Bel_{C1}Dis_{C2}} - \mathrm{Dis_{C1}Bel_{C2}}} \quad (7)$$

trong đó: $\mathrm{Bel_{C1C2}}$, $\mathrm{Dis_{C1C2}}$, $\mathrm{Unc_{C1C2}}$ lần lượt là mức độ tin cậy, mức độ không tin cậy và mức độ không chắc chắn tích hợp từ lớp yếu tố c_1 và c_2. $\mathrm{Bel_{C1}}$, $\mathrm{Bel_{C2}}$, $\mathrm{Dis_{C1}}$, $\mathrm{Dis_{C2}}$, $\mathrm{Unc_{C2}}$, $\mathrm{Unc_{C2}}$ lần lượt là mức độ tin cậy, mức độ không tin cậy và mức độ không chắc chắn của các lớp yếu tố c_1 và c_2.

2.3.2. Đánh giá mô hình.

Đường cong ROC (Receiver Operating Characteristic) là một công cụ đánh giá hiệu suất của các mô hình dự báo. Đường cong ROC được xây dựng bằng cách sử dụng độ nhạy (sensitivity) làm trục tung và 1- độ đặc hiệu (specificity) làm trục hoành với các ngưỡng cắt khác nhau. Khu vực nằm dưới đường cong ROC được gọi là diện tích dưới đường cong (AUC). Giá trị AUC bằng 1 cho thấy một mô hình hoàn hảo, trong khi một giá trị AUC bằng 0 chỉ ra một mô hình không có thông tin. Một giá trị AUC cao hơn càng cho thấy khả năng dự báo tốt hơn của mô hình. Mối liên hệ giữa hiệu suất mô hình và AUC có thể được định lượng như sau: xuất sắc (0,9-1), rất tốt (0,8-0,9), tốt (0,7-0,8), trung bình (0,6-0,7) và kém (0,5-0,6) (Truong et al., 2023).

Công thức tính độ nhạy (sensitivity) như sau:

$$\text{Sensitivity} = \frac{TP}{(TP+FN)} \quad (8)$$

trong đó: TP (True Positive) là số lượng dương tính được xác định chính xác và FN (False Negative) là số lượng mẫu âm tính được xác định sai.

Công thức tính độ đặc hiệu (specificity) như sau:

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{(TN+FP)} \quad (9)$$

trong đó: TN (True Negative) là số lượng âm tính được xác định chính xác và FP (False Positive) là số lượng mẫu dương tính được xác định sai.

Phương pháp đánh giá độ chính xác sử dụng đường cong ROC và AUC là một công cụ hữu ích để kiểm chứng mô hình trượt lở đất. Việc sử dụng đường cong ROC và AUC giúp đánh giá mức độ tin cậy của kết quả, so sánh hiệu suất giữa các mô hình khác nhau và tìm ra mô hình tốt nhất cho mục đích dự đoán trượt lở đất.

3. Kết quả và thảo luận

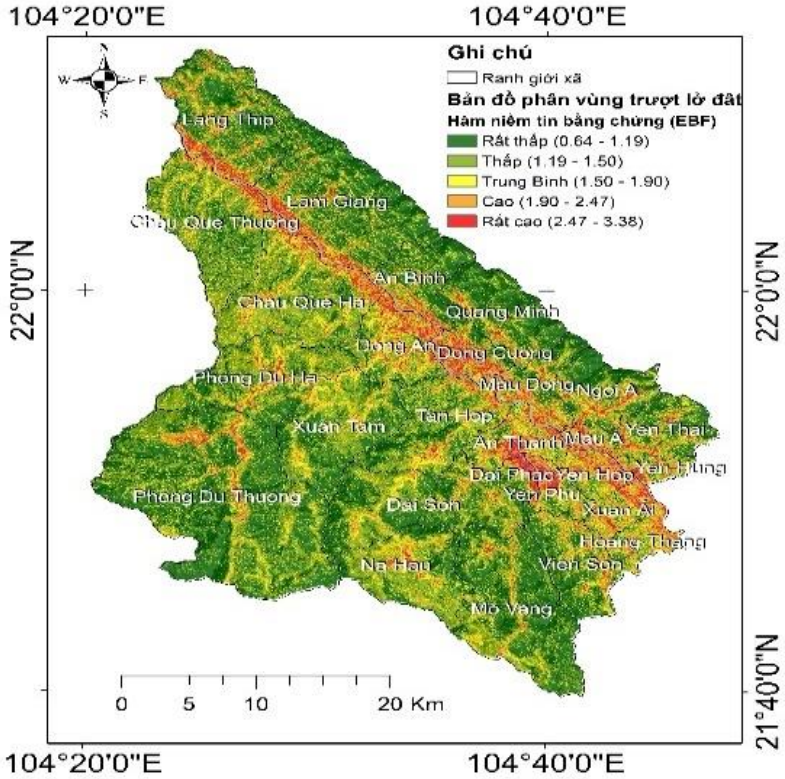
Kết quả phân tích các thành phần mô hình hàm niềm tin bằng chứng của khu vực nghiên cứu được thể hiện trong Bảng 1. Kết quả thể hiện mối quan hệ giữa các yếu tố ảnh hưởng và các điểm sạt lở trong quá khứ. Giá trị Bel cao hơn, Dis thấp hơn tương ứng với khả năng trượt lở cao và ngược lại. Đối với yếu tố độ dốc, trong phân lớp 40°-50°, giá trị Bel là 0,281, Dis là 0,031. Đây là giá trị Bel cao nhất, giá trị Dis thấp nhất trong các phân lớp cho thấy mức độ niềm tin cao xảy ra hiện tượng trượt lở đất trong phân lớp này. Khu vực này tập trung nhiều hoạt động của con người và các hoạt động xây dựng. Khi độ dốc tăng lên cho thấy có hiện tượng tăng số lượng các điểm trượt lở. Yếu tố hướng dốc được chia ra chín phân lớp trong đó, các giá trị Bel cao thuộc về hướng Đông Nam và Bắc lần lượt là 0,177 và 0,142. Kết quả cũng cho thấy số lượng điểm trượt lở đất được thống kê cũng có tỷ lệ lớn thuộc về hai hướng dốc này.

Các nhóm yếu tố khoảng cách đến sông suối, khoảng cách đến đường giao thông và khoảng cách đến đứt gãy cho thấy xu hướng chung là số lượng điểm trượt lở giảm đi đối với khoảng cách vùng đệm lớn hơn. Trong yếu tố khoảng cách đến sông suối, vùng đệm 50-100 m có giá trị Bel cao nhất (0,254) cho thấy mức độ tin cậy cao nhất, thậm trí vượt trội hơn hai phân lớp 0-25 m và 25-50 m với Bel lần lượt là 0,232 và 0,229. Đối với yếu tố khoảng cách đến đường giao thông, khi độ lớn vùng đệm tăng lên làm giá trị Bel giảm đáng kể. Đối với phân lớp (> 500 m) giá trị Bel chỉ còn 0.007, trong khi Dis và Unc tăng lên lần lượt là 0,442 và 0,550. Điều này cho thấy sự không tin cậy và không chắc chắn đối với hiện tượng trượt lở đất trong phân lớp này. Tuy nhiên, giá trị Pls vẫn duy trì ở mức khá cao (0,558) cho thấy khả năng dự đoán của mô hình vẫn tương đối tốt. Khi độ lớn vùng đệm giảm xuống, giá trị Bel tăng dần, chỉ số Dis giảm, trong khi giá trị Unc và Pls thay đổi không đồng đều. Điều này cho thấy mô hình có độ chắc chắn và tin cậy cao hơn trong việc phân lớp các khoảng cách gần hơn đến đường giao thông.

Bảng 1. Bảng phân tích các thành phần mô hình hàm niềm tin bằng chứng của khu vực nghiên cứu

Lớp yếu tố	Các phân lớp	Số điểm trượt lở	Tỷ lệ điểm trượt lở trong các phân lớp	Số pixel của các lớp	Bel	Dis	Unc	Pls
Độ dốc	0 - 10°	28	0,133	1494428	0,127	0,148	0,724	0,852
	10 - 20°	56	0,267	2670605	0,142	0,315	0,542	0,685
	20 - 30°	74	0,352	2965953	0,169	0,367	0,463	0,633
	30 - 40°	37	0,176	1371300	0,183	0,134	0,684	0,866
	40 - 50°	15	0,071	361696	0,281	0,031	0,691	0,969
	> 50°	1	0,005	70093	0,097	0,006	0,90	0,994
Hướng dốc	Bằng phẳng	16	0,077	899596	0,083	0,103	0,814	0,897
	Bắc	36	0,172	948477	0,177	0,108	0,715	0,892
	Đông Bắc	25	0,120	944986	0,123	0,108	0,769	0,892
	Đông	25	0,120	891344	0,131	0,102	0,767	0,898
	Đông Nam	33	0,158	1081346	0,142	0,122	0,736	0,878
	Nam	20	0,096	1185350	0,079	0,132	0,790	0,868
	Tây Nam	17	0,081	1038390	0,076	0,117	0,806	0,883
	Tây	16	0,077	908905	0,082	0,104	0,814	0,896
	Tây Bắc	21	0,100	916941	0,107	0,105	0,788	0,895
Khoảng cách đến sông suối	> 200 m	27	0,128	2404560	0,092	0,256	0,652	0,744
	100-200 m	33	0,156	1391479	0,194	0,163	0,643	0,837
	50-100 m	68	0,322	2189294	0,254	0,238	0,508	0,762
	25-50 m	40	0,190	1411858	0,232	0,165	0,603	0,835
	0-25 m	43	0,204	1536904	0,229	0,178	0,594	0,822
Khoảng cách đến đường giao thông	> 500 m	8	0,038	4571013	0,007	0,442	0,550	0,558
	200-500 m	24	0,114	1932782	0,052	0,232	0,716	0,768
	100-200 m	60	0,284	1022061	0,245	0,134	0,621	0,866
	50-100 m	45	0,213	643143	0,292	0,088	0,620	0,912
	0-50 m	74	0,351	765096	0,404	0,103	0,493	0,897
Độ cong theo chiều dọc địa hình	(-0,121)-(-0,009)	0	0,000	47953	0,000	0,008	0,992	0,992
	(-0,009)-(-0,004)	26	0,123	747809	0,268	0,110	0,622	0,890
	(-0,004)-0,001	102	0,483	5287239	0,149	0,530	0,321	0,470
	0,001-0,007	78	0,370	2745171	0,219	0,335	0,446	0,665
	0,007-0,177	5	0,024	105903	0,364	0,017	0,619	0,983

Lớp yếu tố	Các phân lớp	Số điểm trượt lở	Tỷ lệ điểm trượt lở trong các phân lớp	Số pixel của các lớp	Bel	Dis	Unc	Pls
Độ cong theo chiều ngang địa hình	(-1,60)-(-0,136)	4	0,019	469107	0,079	0,063	0,858	0,937
	(-0,136)-(-0,026)	47	0,223	1769884	0,246	0,208	0,546	0,792
	(-0,026)-0,015	77	0,365	3445379	0,207	0,351	0,443	0,649
	0,015-0,111	60	0,284	2325760	0,239	0,260	0,501	0,740
	0,111-0,919	23	0,109	923945	0,230	0,118	0,652	0,882
Khoảng cách đến đứt gãy	> 500 m	13	0,062	6115621	0,004	0,589	0,406	0,411
	200-500 m	11	0,052	1546065	0,014	0,214	0,772	0,786
	100-200 m	23	0,109	558240	0,083	0,085	0,832	0,915
	50-100 m	53	0,251	318816	0,334	0,050	0,616	0,950
	0-50 m	111	0,526	395353	0,564	0,061	0,374	0,939
Chỉ số độ ẩm địa hình	3.710-7.367	60	0,284	2837782	0,203	0,312	0,485	0,688
	7.367-8.563	90	0,427	3567321	0,242	0,369	0,389	0,631
	8.563-10.159	49	0,232	1753344	0,268	0,212	0,520	0,788
	10.159-12.087	10	0,047	635647	0,151	0,086	0,763	0,914
	12.087-20.663	2	0,009	139981	0,137	0,020	0,843	0,980
Lớp phủ	Nước	5	0,024	187679	0,095	0,030	0,874	0,970
	Đất xây dựng	18	0,085	136303	0,472	0,022	0,506	0,978
	Ruộng lúa	50	0,237	680359	0,263	0,104	0,633	0,896
	Ruộng bậc thang	1	0,005	65564	0,055	0,011	0,935	0,989
	Thảm thực vật không phải rừng	58	0,275	2931556	0,071	0,364	0,566	0,636
	Rừng	52	0,246	4183414	0,044	0,469	0,486	0,531
	Khác	27	0,128	748044	0,129	0,114	0,757	0,886
Thạch học	Nhóm 1	85	0,394	1602104	0,312	0,196	0,491	0,804
	Nhóm 2	54	0,250	4086169	0,078	0,405	0,517	0,595
	Nhóm 3	28	0,130	1014983	0,162	0,132	0,706	0,868
	Nhóm 4	38	0,176	2038879	0,110	0,240	0,650	0,760
	Nhóm 5	11	0,051	191960	0,337	0,027	0,635	0,973

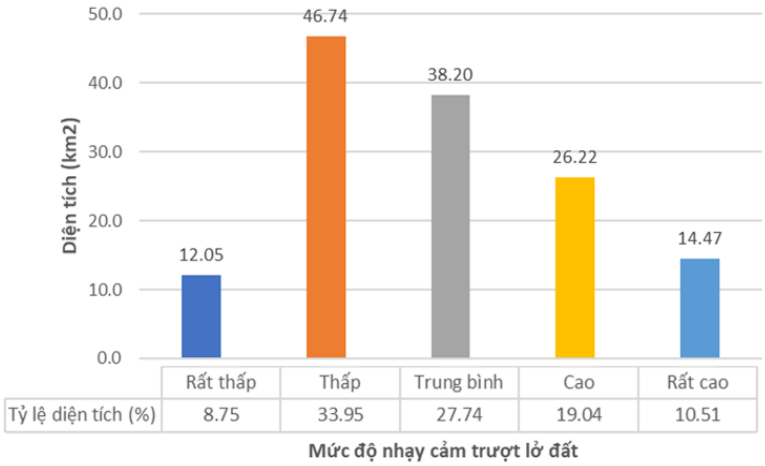


Hình 3. Bản đồ phân vùng nhạy cảm với trượt lở đất sử dụng mô hình hàm niềm tin bằng chứng tại huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái

Có sự khác biệt rõ rệt giữa các phân lớp khi so sánh giá trị Bel, Dis, Unc và Pls trong các phân lớp của yếu tố độ cong theo chiều dọc địa hình. Trong phân lớp ((-0,121)-(-0,009)), giá trị Bel và Dis thấp (0,008 và 0,992), cho thấy mô hình có sự không tin cậy và không chắc chắn trong hiện tượng trượt lở đất ở phân lớp này. Trong khi đó, phân lớp (0,007-0,177) có giá trị Bel cao nhất (0,364) chỉ ra sự tin tưởng vào phân lớp này đồng thời giá trị Dis và Unc thấp (0,017 và 0,619), cho thấy sự chắc chắn và khả năng dự đoán tốt. Đối với lớp yếu tố độ cong theo chiều ngang địa hình, phân lớp ((-0,136)-(-0,026)) cho thấy sự chắc chắn và khả năng dự đoán tốt nhất với Bel, Dis, và Unc đạt các giá trị lý tưởng nhất lần lượt là 0,246; 0,208 và 0,546.

Lớp dữ liệu lớp phủ cho thấy, khu vực đất xây dựng có giá trị Bel cao nhất (0,472) và giá trị Dis thấp nhất (0,022) thể hiện sự tin cậy và chắc chắn đối với hiện tượng trượt lở đất ở khu vực này. Ngược lại, khu vực có giá trị Dis cao nhất thuộc về khu vực thực vật không phải rừng (0,364) và khu vực có giá trị Pls cao nhất thuộc về khu vực mặt nước. Các phân lớp của lớp yếu tố thạch học có độ cứng tăng dần khi xếp từ nhóm 1 đến nhóm 5. Kết quả cho thấy các giá trị Bel có xu hướng giảm đi đối với các nhóm đá cứng hơn trong 4 nhóm đầu tiên. Nhóm 5 có giá trị Bel cao nhất (0,337) và giá trị Dis thấp nhất (0,027) nhưng nhóm này cũng có giá trị Unc cao nhất trong 5 nhóm thể hiện mức độ không chắc chắn của phân lớp này trong kết quả dự báo.

Bản đồ phân vùng không gian nguy cơ trượt lở đất của khu vực nghiên cứu được xây dựng từ bản đồ giá trị niềm tin Bel, phương pháp chia ngưỡng Natural Break được sử dụng để phân loại khu vực thành năm mức nguy cơ trượt lở: rất cao, cao, trung bình, thấp và rất thấp (Hình 3). Tổng thể, bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất huyện Văn Yên xây dựng từ mô hình hàm niềm tin bằng chứng thể hiện rõ phân bố không gian các diện tích của năm mức trượt lở. Các khu vực nguy cơ cao có xu hướng tập trung dọc các tuyến đường giao thông chính và các tuyến nhánh như tuyến cao tốc CT05 Nội Bài - Lào Cai, DDT163 và vùng đệm của các tuyến giao thông thuộc xã Châu Quế Hạ, Đông An, Phong Du Hạ và Phong Dụ Thượng. Thông qua các cuộc khảo sát thực địa cho thấy kết quả bản đồ phân vùng khá đúng so với thực tế.



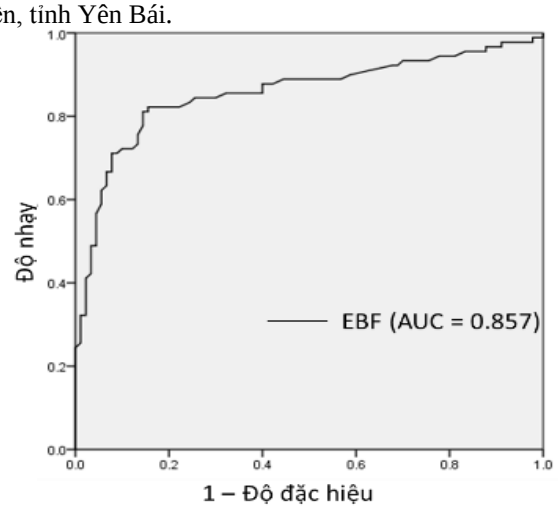
Hình 4. Diện tích các mức phân vùng nguy cơ trượt lở đất tại huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái

Hình 4 mô tả diện tích các mức phân vùng nguy cơ trượt lở đất tại huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái từ mô hình hàm niềm tin chứng cứ. Kết quả này cho thấy sự phân bố không đồng đều diện tích các mức độ nhạy cảm khác nhau tại Huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái. Mức độ nhạy cảm thấp có diện tích lớn nhất với 46.745 km^2, tiếp theo là mức độ trung bình với diện tích 38.198 km^2. Mức độ nhạy cảm cao và rất cao có diện tích tương đối nhỏ, lần lượt là 26.220 km^2 và 14.473 km^2. Trong khi đó, mức độ nhạy cảm rất thấp có diện tích nhỏ nhất, chỉ đạt 12.053 km^2. Mặc dù diện tích mức độ nhạy cảm trượt lở đất cao và rất cao chiếm diện tích nhỏ nhưng những diện tích này nằm ở khu vực có đông dân cư và nhiều công trình xây dựng dẫn đến khả năng phơi nhiễm với hiện tượng trượt lở đất tăng cao.

Bảng 2. Bảng đánh giá hiệu suất của mô hình kiểm chứng niềm tin

	TP	TN	FP	FN	Độ nhạy	Độ đặc hiệu	AUC
EBF model	66	78	12	24	0,733	0,867	0,857

Thông qua các chỉ số đánh giá mô hình, có thể thấy rằng mô hình EBF đã đạt được 66 trường hợp dương tính đúng (True Positive) và 78 trường hợp âm tính đúng (True Negative). Ngoài ra, mô hình đã ghi nhận 12 trường hợp sai dương tính (False Positive) và 24 trường hợp sai âm tính (False Negative). Các chỉ số đánh giá hiệu suất, bao gồm độ nhạy (Sensitivity) và độ đặc hiệu (Specificity), được tính toán lần lượt là 0,733 và 0,867 (Bảng). Bên cạnh đó, kết quả trên cũng cho thấy mô hình EBF đạt được diện tích dưới đường cong ROC (AUC) là 0,857 (Hình 5) cho thấy khả năng phân loại chính xác giữa các trường hợp dương tính và âm tính của mô hình hàm niềm tin bằng chứng. Các chỉ số này cho thấy rằng mô hình EBF đã đạt được hiệu suất và độ chính xác rất tốt trong việc xây dựng mô hình nhạy cảm với trượt lở đất tại huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái.



Hình 5. Đường cong ROC và diện tích dưới đường cong AUC của mô hình hàm niềm tin bằng chứng

4. Kết luận

Nghiên cứu đã áp dụng thành công mô hình hàm niềm tin bằng chứng trong xây dựng mô hình nhạy cảm trượt lở đất và thành lập bản đồ nguy cơ trượt lở đất tại huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái từ dữ liệu các điểm trượt lở và bản đồ các yếu tố ảnh hưởng. Kết quả phân tích mô hình hàm niềm tin bằng chứng ở khu vực nghiên cứu được thể hiện qua các thành phần như độ dốc, hướng dốc, khoảng cách đến sông suối, khoảng cách đến đường giao thông, khoảng cách đến đứt gãy và yếu tố độ cong theo chiều dọc và ngang địa hình. Mô hình cho thấy mức độ niềm tin và chắc chắn cao khi độ dốc từ 40° đến 50° và hướng Đông Nam, Bắc, cùng với khoảng cách đến sông suối từ 50-100 m. Tuy nhiên, mô hình không tin cậy khi khoảng cách đến đường giao thông lớn hơn 500 m. Kết quả dự báo cũng cho thấy sự chắc chắn và khả năng dự đoán tốt trong khu vực đất xây dựng, nhóm đá yếu (nhóm 1) và khu vực mặt nước.

Bản đồ phân vùng không gian nguy cơ trượt lở đất được xây dựng thông qua tích hợp bản đồ mức độ tin cậy (Bel) với trượt lở đất của các yếu tố thành phần. Kết quả cho thấy sự phân bố không đồng đều của các mức độ nhạy cảm tại huyện Văn Yên. Mặc dù diện tích có nguy cơ cao và rất cao chiếm ít diện tích nhưng đây là những khu vực tập trung chủ yếu dọc theo vùng đệm của các tuyến đường giao thông chính và khu vực đông dân cư. Mô hình EBF đã đạt được 66 trường hợp dương tính đúng và 78 trường hợp âm tính đúng, với độ nhạy là 0,733 và độ đặc hiệu là 0,867. Điều này cho thấy khả năng phân loại chính xác của mô hình trong việc dự đoán trượt lở đất. Kết quả AUC là 0,857 cũng xác nhận một hiệu suất tốt của mô hình. Các kết quả chứng minh cho thấy mô hình hàm niềm tin bằng chứng đạt được hiệu suất rất tốt trong việc dự đoán và phân loại trượt lở đất.

Tài liệu tham khảo

Ali S.A., Parvin F., Vojteková J., Costache R. et al., 2021. GIS-based landslide susceptibility modeling: A comparison between fuzzy multi-criteria and machine learning algorithms. Geoscience Frontiers, 12(2): 857-876.

Beheshti Z., Gharagozlou A., Monavari M. et al., 2021. Landslides behavior spatial modeling by using evidential belief function model, Promethean II model, and index of entropy in Tabriz, Iran. Arabian Journal of Geosciences, 14(17): 1801.

Bui T.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.

Bui T.D., Pradhan B., Revhaug B. et al., 2015. A novel hybrid evidential belief function-based fuzzy logic model in spatial prediction of rainfall-induced shallow landslides in the Lang Son city area (Vietnam). Geomatics, Natural Hazards and Risk, 6(3): 243-271.

Hà Thị Hằng, Khúc Thành Đông, Lê Văn Thao và nnk., 2023. Nghiên cứu ứng dụng phương pháp tỷ số tần suất kết hợp GIS trong xây dựng bản đồ nguy cơ trượt lở đất huyện Pác Nặm - tỉnh Bắc Kạn. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD) - ĐHXDHN, số 17(1V), trang 75-90.

Khúc Thành Đông, Hà Thị Hằng, Bùi Đức Phong và nnk., 2023. So sánh phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) và tỷ số tần suất (FR) trong đánh giá tính nhạy cảm với trượt lở đất. Trường hợp nghiên cứu tại huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất, tập 64(2), trang 79-90.

Luu C., Ha H., Bui D.Q. et al., 2023. Flash flood and landslide susceptibility analysis for a mountainous roadway in Vietnam using spatial modeling. Quaternary Science Advances, 11: 100083.

Myronidis D., Papageorgiou C. and Theophanous S., 2016. Landslide susceptibility mapping based on landslide history and analytic hierarchy process (AHP). Natural Hazards, 81(1): 245-263.

Pham Q.B., Achour Y., Ali S.A. et al., 2021. A comparison among fuzzy multi-criteria decision making, bivariate, multivariate and machine learning models in landslide susceptibility mapping. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 12(1): 1741-1777.

Rahman G., Rahman A.U., Bacha A.S. et al., 2020. Assessment of Landslide Susceptibility using Weight of Evidence and Frequency Ratio Model in Shahpur Valley, Eastern Hindu Kush. Natural Hazards and Earth System Sciences, July: 1-19.

Truong X.Q., Tran N.D., Dang N.H.D. et al., 2023. WebGIS and Random Forest Model for Assessing the Impact of Landslides in Van Yen district, Yen Bai province, Vietnam. Environmental Science and Engineering, 01 January 2023, Springer: 445-464.

ABSTRACT

Establishing a landslide susceptibility model using the Evidential Belief Function (EBF) in the Van Yen district, Yen Bai province, Vietnam

Dong Khuc Thanh[1, *], Hang Thi Ha[1], Van Anh Tran[2], Phong Bui Duc[3], Xuan Quang Truong[3], Cong Nguyen Chi[3], Thi Hong Minh Tran[3], Manh Dat Truong[3]

[1]*Hanoi University of Civil Engineering, Hanoi, Vietnam*

[2]*Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam*

[3]*Hanoi University of Natural Resources and Environment, Hanoi, Vietnam*

Landslides are frequent natural hazards in the Northern mountainous regions of Vietnam, causing damage to communities and infrastructure. Previous studies have established spatial distribution maps of landslide susceptibility using two main approaches: expert-based and data-driven assessment. Among these, data-driven methods have demonstrated objectivity and improved performance compared to expert assessment models. This research applied the Evidential Belief Function (EBF) model to establish a landslide susceptibility model and spatial distribution map of risk in Van Yen district, Yen Bai province. Initially, 301 landslide inventory points were collected and utilized with an 8/2 ratio for model training and testing. Subsequently, the study employed 10 classes of influencing factors on landslides to assess the level of belief for each factor in relation to landslide occurrences. The Area Under the Curve (AUC) was utilized to evaluate the model's performance, and the Evidential Belief Function model yielded a satisfactory outcome with an AUC of 0.857. Lastly, the Belief values integrated from all 10 causal factors were used to calculate the landslide susceptibility index and create a landslide risk map. The research findings provide valuable resources for risk mitigation and damage reduction caused by landslides.

Keywords: Landslide, Evidential Belief Function (EBF), Van Yen.

Nghiên cứu khảo sát độ chính xác ứng dụng trạm tham chiếu hoạt động liên tục (CORS) trong xây dựng công trình giao thông

Lê Minh Ngọc*, Lê Văn Hiến, Trần Đức Công
Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT

Hiện nay, hệ thống trạm định vị vệ tinh quốc gia VNGeonet đã chính thức được đưa vào sử dụng và hướng tới xây dựng mạng lưới dày đặc hơn trong tương lai. Bên cạnh đó, nhu cầu ứng dụng công nghệ mạng lưới trạm tham chiếu hoạt động liên tục (CORS) trong đo đạc nói chung và xây dựng công trình giao thông nói riêng ngày càng trở nên cấp thiết. Bài báo này trình bày nghiên cứu thực nghiệm về khảo sát độ chính xác và khả năng ứng dụng công nghệ trạm CORS phục vụ khảo sát và thi công công trình đường giao thông tại Việt Nam. Trước tiên, trạm CORS được khảo sát ứng dụng trong thành lập lưới khống chế trắc địa đo vẽ, đo điểm chi tiết thành lập bản đồ tỷ lệ lớn và đo vẽ mặt cắt tuyến trong giai đoạn khảo sát. Trong giai đoạn thi công, trạm CORS được nghiên cứu ứng dụng trong công tác bố trí tuyến đường. Phương pháp nghiên cứu là tiến hành thực nghiệm đo bằng hai phương pháp: phương pháp truyền thống (ứng dụng máy toàn đạc điện tử, máy thủy chuẩn,…) và phương pháp sử dụng trạm CORS, từ đó so sánh độ lệch và đánh giá độ chính xác của phương pháp CORS dựa trên các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành. Kết quả thực nghiệm chỉ ra rằng, phương pháp đo sử dụng trạm CORS thể hiện rõ tính hiệu quả vượt trội so với phương pháp truyền thống và có thể đảm bảo độ chính xác công tác khảo sát tuyến như thành lập bản đồ tỷ lệ lớn, đo vẽ mặt cắt dọc tuyến và bố trí tuyến ra thực địa.

Từ khóa: Trạm tham chiếu hoạt động liên tục, CORS, công trình đường giao thông, công tác khảo sát tuyến đường, bố trí tuyến đường.

1. Đặt vấn đề

Trong quy trình xây dựng công trình giao thông, công tác trắc địa trong giai đoạn khảo sát và thi công đóng vai trò quan trọng. Trong giai đoạn khảo sát, công tác trắc địa cần thành lập lưới khống chế đường chuyền cấp 2 phục vụ đo vẽ bản đồ địa hình tỷ lệ lớn (1:500 hoặc 1:1000) và đo điểm chi tiết với độ chính xác quy định theo Thông tư 68/2015/TT-BTNMT (Bộ Tài nguyên & Môi trường, 2015); đo vẽ mặt cắt địa hình đảm bảo độ chính xác quy định theo Quy trình khảo sát đường ô tô 22TCN 263-2000 (Bộ Giao thông vận tải, 2000) và TCCS 31: 2020/TCĐBVN (Tổng cục Đường bộ Việt Nam, 2020). Trong giai đoạn thi công, công tác bố trí tuyến đường yêu cầu đảm bảo độ chính xác quy định theo tiêu chuẩn TCVN 9436-2012 (Viện Khoa học và Công nghệ giao thông vận tải, 2012). Các tiêu chuẩn, quy định này áp dụng cho phương pháp đo truyền thống là ứng dụng máy toàn đạc điện tử và công nghệ GNSS với phương pháp đo tĩnh. Nhược điểm của các phương pháp truyền thống nói chung là cần thông hướng giữa trạm máy và điểm đo hoặc chưa hiệu quả về thời gian thực hiện và khối lượng công việc lớn, đặc biệt khi địa hình phức tạp.

Hiện nay, hệ thống trạm CORS Quốc gia tại Việt Nam do Bộ Tài nguyên và Môi trường xây dựng gồm 65 trạm phân bố rải đều trên toàn quốc đã được đưa vào sử dụng rộng rãi từ năm 2020 (Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam, 2016). Một số nghiên cứu khoa học ứng dụng trạm CORS phục vụ một số nhiệm vụ cụ thể của trắc địa đã được thực hiện như quan trắc chuyển dịch công trình (Diêm Công Huy, 2019), quan trắc dịch động bãi thải của khai thác mỏ (Nguyễn Mạnh Cường, 2018),… Qua các nghiên cứu này có thể thấy ưu điểm vượt trội của việc ứng dụng công nghệ CORS so với phương pháp truyền thống là thời gian đo rất nhanh, không yêu cầu nhiều nhân lực thực hiện và đặc biệt không cần thông hướng như phương pháp truyền thống. Tuy nhiên, các nghiên cứu về ứng dụng trạm CORS ở Việt Nam còn rất nhiều hạn chế và chưa có các tiêu chuẩn kỹ thuật cụ thể về ứng dụng công nghệ này trong đo đạc.

* *Tác giả liên hệ*
Email: ngoclm1@utc.edu.vn

Bài báo này, nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu thực nghiệm về khả năng ứng dụng trạm CORS phục vụ xây dựng tuyến đường. Nội dung nghiên cứu là khảo sát độ chính xác ứng dụng trạm CORS trong thành lập lưới khống chế đường chuyền cấp 2, đo vẽ chi tiết thành lập bản đồ tỷ lệ lớn, đo vẽ mặt cắt địa hình và bố trí tuyến.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Độ chính xác ứng dụng công nghệ trạm CORS được khảo sát và đánh giá dựa trên các kết quả đo đạc thực nghiệm. Trước tiên, kết quả đo thực nghiệm bằng công nghệ trạm CORS được đối sánh với các tiêu chuẩn kỹ thuật quy định về độ chính xác trong thành lập lưới, đo vẽ bản đồ địa hình tỷ lệ lớn; đo vẽ mặt cắt và độ chính xác trong bố trí tim tuyến. Bên cạnh đó, độ chính xác ứng dụng trạm CORS được đánh giá dựa trên so sánh độ lệch với các phương pháp truyền thống.

2.1. Cơ sở lý thuyết đánh giá độ chính xác ứng dụng trạm CORS

Độ chính xác yêu cầu của công tác trắc địa trong giai đoạn khảo sát thiết kế tuyến đường được quy định chi tiết trong Quy trình khảo sát đường ô tô TCVN 263-2000. Đối với lưới đường chuyền cấp 2 phục vụ đo vẽ khảo sát tuyến được quy định về độ chính xác như sau (Bộ Giao thông vận tải, 2000):

- Sai số vị trí điểm yếu nhất không được vượt quá 50 mm;
- Sai số khép tương đối đường chuyền không vượt quá $\frac{1}{5000}$.

Đối với đo vẽ bản đồ địa hình tỷ lệ lớn phục vụ khảo sát tuyến, Thông tư 68/2015/TT-BTNMT của Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định yêu cầu về độ chính xác đo điểm chi tiết như sau: "*Sai số trung phương xác định vị trí mặt bằng điểm địa vật cố định, rõ nét so với điểm khống chế đo vẽ gần nhất không quá 0,3 mm trong tỷ lệ bản đồ, đối với điểm địa vật không rõ ràng không quá 0,5 mm trong tỷ lệ bản đồ; Sai số trung phương về độ cao đo vẽ địa hình so với điểm khống chế độ cao cấp cuối cùng tính theo khoảng cao đều cơ bản quy định theo độ dốc địa hình*" (Bộ Tài nguyên & Môi trường, 2015).

Đối với công tác đo vẽ mặt cắt tuyến, Quy trình khảo sát đường ô tô TCN263-2000 quy định độ cao các điểm tim tuyến (đo mặt cắt dọc) được đo bằng phương pháp thủy chuẩn kết hợp ngắm tỏa dưới dạng tuyến phù hợp với độ chính xác đo không được vượt quá sai số khép cho phép tính theo công thức (Bộ Giao thông vận tải, 2000):

$$f_h = \pm 50\sqrt{L(km)}\ (\text{mm}) \quad (1)$$

Đo dài chi tiết giữa các điểm tim tuyến được đo 1 lần bằng thước thép hoặc máy toàn đạc điện tử với sai số không được vượt quá $\frac{1}{500}$. Độ chính xác đo vẽ mặt cắt ngang được quy định theo Tiêu chuẩn TCCS31-2020/TCĐBVN về khảo sát đường ô tô, cụ thể: Sai số khi đo các điểm chi tiết trên mặt cắt ngang phụ thuộc vào tỷ lệ đo, thiết bị đo và phương pháp đo nhưng tối thiểu phải đạt được độ chính xác như sau (Tổng cục Đường bộ Việt Nam 2020):

+ Sai số đo khoảng cách có độ chính xác:

$$\frac{f_D}{D} \leq \frac{1}{500} \quad (2)$$

+ Sai số đo độ cao điểm chi tiết trên mặt cắt ngang có độ chính xác:

$$f_h \leq 100\sqrt{L(km)}\ \text{mm} \quad (3)$$

Trong giai đoạn thi công tuyến đường, độ chính xác bố trí vị trí mặt bằng tim tuyến được quy định theo Tiêu chuẩn TCVN 9436-2012 (2012). Cụ thể, sai số cho phép (so với thiết kế) vị trí trục tim tuyến đường là 5 cm đối với đường cao tốc cấp I, II, III và 10 cm đối với đường cấp IV, V, VI.

2.2. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm

2.2.1. Đánh giá độ chính xác của phương pháp đo CORS

Độ chính xác của phương pháp đo CORS được đánh giá dựa trên nguyên lý của phương pháp đo nhiều lần của một đại lượng với sai số trung phương một lần đo tính theo các công thức Bessel. Tại một điểm đo là điểm khống chế của lưới đường chuyền cấp 2, máy thu GNSS được cài đặt tần số thu tín hiệu 1 Hz, đo liên tục trong khoảng thời gian là 3 phút, thu được chuỗi 180 dữ liệu theo thời gian. Chuỗi dữ liệu đo sau đó xử lý để loại bỏ sai số thô và tính sai số trung phương một lần đo theo các công thức sau:

- Sai số trung phương theo mặt phẳng:

+ Sai số trung phương thành phần:

$$m_X = \pm\sqrt{\frac{[v_X v_X]}{n-1}}; \qquad m_Y = \pm\sqrt{\frac{[v_Y v_Y]}{n-1}} \tag{4}$$

+ Sai số trung phương vị trí điểm mặt bằng:

$$m_P = \sqrt{m_X^2 + m_Y^2} \tag{5}$$

- Sai số trung phương về độ cao:

$$m_H = \pm\sqrt{\frac{[v_H v_H]}{n-1}} \tag{6}$$

trong đó: $v_{X_i} = X_i - X_{TBC}$; $v_{Y_i} = Y_i - Y_{TBC}$; $v_{H_i} = H_i - H_{TBC}$; i = 1÷ n

Sai số trung phương (vị trí điểm và độ cao) được so sánh với tiêu chuẩn độ chính xác để đánh giá độ chính xác của phương pháp đo CORS.

Đối với đánh giá độ chính xác của phương pháp trong đo mặt cắt, dữ liệu tọa độ đo bằng CORS tại các điểm tim tuyến sau đó dùng để tính ra hiệu độ cao và khoảng cách lẻ giữa các điểm đo theo các công thức sau:

$$S_i = \sqrt{(X_i - X_{i-1})^2 + (Y_i - Y_{i-1})^2} \tag{7}$$

$$h_i = H_{i-1} - H_i \tag{8}$$

Các kết quả tính S_i và h_i được sử dụng để kiểm tra các điều kiện về độ xác theo các công thức (9) và (10) quy định trong các tiêu chuẩn kỹ thuật

- Điều kiện kiểm tra sai số đo cao tuyến:

$$|f_{hđo}| \le |f_{hCP}| \tag{9}$$

trong đó: f_{hCP} là sai số khép đo cao cho phép, được tính theo công thức:

$$f_{hCP} = \pm 50\sqrt{L(km)}(mm)$$

$f_{hđo}$ là sai số khép đo cao thực tế, theo công thức:

$$f_{hđo} = \sum h_i - (H_{cuối} - H_{đầu})$$

- Điều kiện kiểm tra sai số đo dài chi tiết tuyến thực nghiệm:

$$\frac{\Delta S}{S_{TQ}} = \frac{|S_{TQ} - S_{CT}|}{S_{TQ}} \le \frac{1}{500} \tag{10}$$

trong đó: S_{TQ} là chiều dài tổng quát của tuyến; S_{CT} là khoảng cách cộng dồn chi tiết của tuyến.

Đối với đánh giá độ chính xác của phương pháp CORS trong đo mặt cắt ngang, khoảng cách giữa các điểm đo bằng GNSS-RTK và hiệu độ cao giữa các điểm được tính theo công thức (7), (8) để tính kiểm tra các điều kiện theo công thức (2) và (3).

2.2.2. Đánh giá độ lệch giữa phương pháp đo CORS và phương pháp truyền thống

Các điểm chi tiết trong đo vẽ bản đồ địa hình và các điểm tim tuyến đường được chọn và đánh dấu để khảo sát độ lệch đo bằng công nghệ trạm CORS so với phương pháp truyền thống là sử dụng máy toàn đạc điện tử. Độ lệch giữa phương pháp đo CORS và sử dụng máy toàn đạc điện tử được tính theo các công thức sau:

$$dX_i = X_0 - X_i \quad dY_i = Y_0 - Y_i \tag{11}$$

$$dP_i = \sqrt{dX_i^2 + dY_i^2} \tag{12}$$

$$dH_i = H_0 - H_i \tag{13}$$

trong đó: (X_0, Y_0, H_0) là tọa độ điểm đo theo phương pháp truyền thống; (X_i, Y_i, H_i) là tọa độ điểm đo theo phương pháp CORS. Giá trị độ lệch giữa hai phương pháp được so sánh với tiêu chuẩn kỹ thuật quy định độ chính xác trong đo điểm chi tiết.

2.3. Mô tả thực nghiệm nghiên cứu

2.3.1. Thực nghiệm 1 - Ứng dụng CORS trong thành lập lưới đường chuyền cấp 2

a. Khu vực thực nghiệm

Thực nghiệm được tiến hành theo tuyến cầu cạn đoạn đi trên cao dọc theo Quốc lộ 32, Hồ Tùng Mậu, Xuân Thủy, Cầu Giấy. Trên tuyến này đã được lập 06 điểm GPS hạng IV, 10 điểm đường chuyền cấp 1 và

47 điểm đường chuyền cấp 2. Trong đó, lưới đường chuyền cấp 2 áp dụng phương pháp đo góc - cạnh với máy TĐĐT Nikon DTM552 với độ chính xác đo góc 2", độ chính xác đo cạnh 2+2 ppm đảm bảo theo yêu cầu tiêu chuẩn của dự án và đã thực hiện đo được 07 chu kỳ (Lê Minh Ngọc và nnk., 2018).

b. Đo đạc thực nghiệm bằng ứng dụng CORS

Để thành lập lưới đường chuyền cấp 2 bằng công nghệ CORS, sử dụng máy GPS T300 của hãng Comnav có độ chính xác theo phương ngang là (8 mm + 1 ppm) và độ chính xác theo phương đứng là (15 mm + 1 ppm). Tại các vị trí mốc đường chuyền cấp 2 của tuyến thực nghiệm, tiến hành đo trong khoảng thời gian 1-5 phút với tần số 1 Hz. Như vậy, tại một điểm khống chế của lưới sẽ thu được 60 đến 300 trị đo về tọa độ (*X, Y*).

2.3.2. Thực nghiệm 2 - Ứng dụng CORS trong thành lập bản đồ địa hình

a. Khu vực thực nghiệm

Khu vực thực nghiệm được lựa chọn là một phần của Dự án Hệ thống xử lý nước thải Yên Xá, TP Hà Nội, chạy dọc theo sông Tô Lịch tính từ đường Hoàng Quốc Việt đến hết cầu Kim Giang. Chiều dài tuyến thực nghiệm là khoảng 11 km. Hệ thống lưới khống chế của tuyến gồm 05 điểm GPS hạng IV; 03 điểm DC1 và 32 điểm DC2 thành lập bằng phương pháp đo góc - cạnh.

Kết quả tọa độ và độ cao của các điểm khống chế được sử dụng để so sánh và đánh giá độ chính xác của phương pháp ứng dụng CORS trong thành lập lưới khống chế đo vẽ.

Các điểm khống chế DC2 được sử dụng làm cơ sở để đo các điểm chi tiết bằng phương pháp sử dụng toàn đạc điện tử, kết quả dùng làm cơ sở để đánh giá độ chính xác ứng dụng CORS trong đo điểm chi tiết (Lê Minh Ngọc và nnk., 2020).

b. Đo đạc thực nghiệm

Công tác đo điểm chi tiết được thực hiện qua 2 bước:

Bước 1. Đo điểm chi tiết bằng phương pháp sử dụng máy toàn đạc điện tử TCR703. Các điểm DC2 được sử dụng làm cơ sở để đo các điểm chi tiết, theo phương pháp tọa độ cực. Sử dụng gương đơn đặt tại các điểm chi tiết, có kẹp sào gương để cân gương trước khi đo. Tọa độ đo được sử dụng làm cơ sở để so sánh độ lệch với phương pháp đo bằng CORS.

Bước 2. Sử dụng trạm CORS đo điểm chi tiết. Máy thu GNSS đặt trên sào gương, có sử dụng kẹp sào để cân máy thu tại các điểm đo chi tiết. Mỗi điểm chi tiết được đo 2 lần (2 trị đo) với tần số thu tín hiệu 1 Hz.

2.3.3. Thực nghiệm 3 - Ứng dụng CORS trong bố trí tuyến đường

a. Khái quát khu vực thực nghiệm

Để thực nghiệm khảo sát độ chính xác công tác bố trí tim tuyến đường bằng công nghệ CORS, khu vực được chọn để thực nghiệm là đoạn đường Đỗ Xuân Hợp với đầu tuyến giao với Trần Hữu Dực và cuối tuyến giao với đường Tân Mỹ, cách sân vận động quốc gia Mỹ Đình khoảng 500 m. Tuyến thực nghiệm có điểm đầu giao với đường Trần Hữu Dực, điểm cuối tuyến giao với đường Tân Mỹ với chiều dài tuyến là 470 m. Tim tuyến thực nghiệm được thiết kế giả định nằm trên vỉa hè giao giữa làn đường bên phải với mương xây có chiều dài là 389.13 m, với khoảng cách 20 m/1 điểm bố trí tương ứng với tổng số điểm cần bố trí là 21 điểm.

Để thực nghiệm công tác bố trí tim tuyến đường bằng công nghệ CORS, nhóm tác giả đã thành lập điểm GPS bằng công nghệ GPS tĩnh và 03 điểm đường chuyền cấp 2 bằng máy TĐĐT với độ chính xác đảm bảo theo yêu cầu. Thực nghiệm đánh giá độ chính xác của công nghệ CORS trong công tác bố trí điểm tim tuyến đường sau đó kiểm tra lại bằng máy TĐĐT (Lê Minh Ngọc và nnk., 2020).

b. Đo đạc thực nghiệm

Các điểm tim tuyến theo thiết kế được bố trí ra thực địa bằng hai phương pháp là sử dụng trạm CORS và toàn đạc điện tử Leica TCR703. Các điểm chi tiết trên tim tuyến đường được bố trí bằng công nghệ CORS và bằng máy TĐĐT sẽ được đánh dấu bằng bút xóa và sơn ngoài thực địa. Sau đó sử dụng máy TĐĐT TCR703 kết hợp với gương và kẹp sào để đo lại tọa độ các điểm bố trí.

2.3.4. Thực nghiệm 4 - Ứng dụng CORS trong đo vẽ mặt cắt

a. Khu vực thực nghiệm

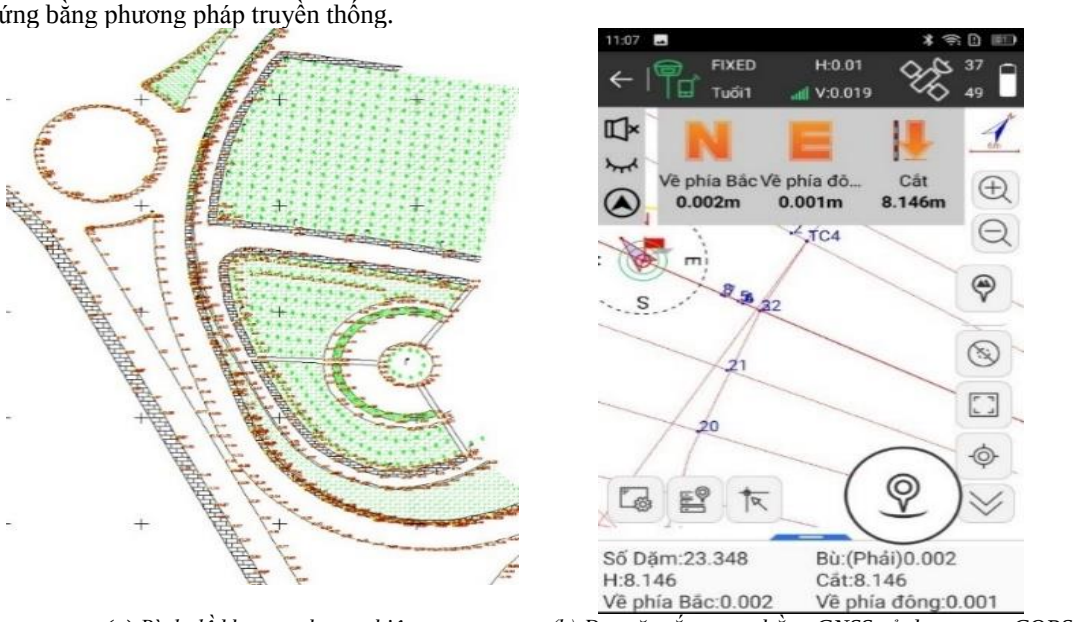
Tuyến đường thực nghiệm được lựa chọn nằm trong khu vực công viên tại đầu cầu Nhật Tân, Hà Nội với chiều dài khoảng 300 m. Địa hình hai bên tuyến đường có sự thay đổi về độ cao với chênh cao lớn nhất khoảng 10 m. Tuyến đường thực nghiệm được bố trí các cọc chi tiết và đánh dấu trên thực địa.

b. Công tác đo thực nghiệm

Để phục vụ cho công tác thực nghiệm, bình đồ tỷ lệ lớn 1:500 của khu vực thực nghiệm được thành lập tuân thủ chặt chẽ theo các quy phạm đo vẽ thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn. Tuyến thực nghiệm được thiết kế và bố trí ra thực địa với 4 đường cong tròn với tổng số 35 điểm tim tuyến (gồm cả điểm trên đoạn thẳng và trên đoạn cong).

- Công tác đo mặt cắt địa hình tuyến thực nghiệm bằng phương pháp GNSS-RTK

Công tác mặt cắt dọc tuyến đo bằng phương pháp GNSS-RTK được thực hiện giống như công tác đo điểm tra, xác định trực tiếp tọa độ và độ cao các điểm trên thực địa. Quá trình đo sử dụng kẹp sào để đảm bảo cân bằng độ thẳng đứng của sào đo. Để đo mặt cắt ngang tại các cọc chi tiết trên tuyến, dữ liệu tuyến thiết kế được nhập vào sổ đo của GNSS, công cụ đo mặt cắt ngang trên sổ đo cho phép hiển thị trực tiếp hướng mặt cắt ngang trên màn hình sổ đo (Hình 1). Dựa trên chỉ dẫn hướng mặt cắt ngang trên sổ đo, công tác đo mặt cắt ngang bằng GNSS-RTK được thực hiện đơn giản, thuận tiện mà không cần phải thực hiện bước xác định hướng mặt cắt ngang. Tuy nhiên, khi thực nghiệm đo mặt cắt ngang bằng phương pháp GNSS-RTK, vị trí các điểm đo trên mặt cắt ngang được đánh dấu để phục vụ cho bước đo kiểm chứng bằng phương pháp truyền thống.



(a) Bình đồ khu vực thực nghiệm *(b) Đo mặt cắt ngang bằng GNSS sử dụng trạm CORS*

Hình 1. Mô tả địa điểm và tuyến thực nghiệm

- Công tác đo mặt cắt địa hình theo phương pháp truyền thống

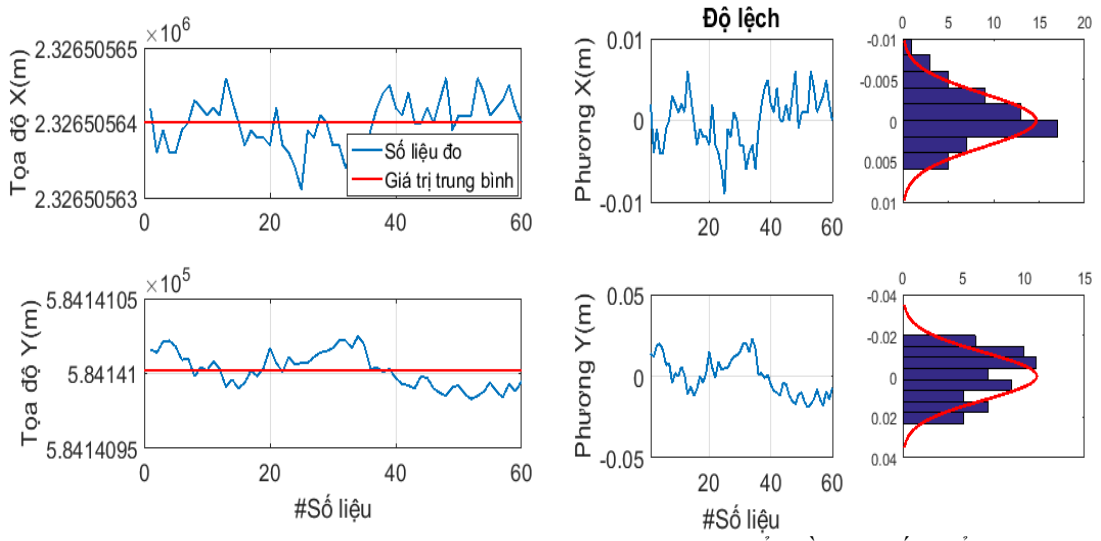
Tuyến thực nghiệm được đo mặt cắt dọc bằng phương pháp sử dụng máy thủy bình và thước thép. Máy thủy bình điện tử độ chính xác cao và chia mã vạch được sử dụng để đo độ cao tuyến thực nghiệm theo phương đo cao hình học từ giữa kết hợp ngắm tỏa. Sơ đồ tuyến đo cao là đo tuyến kín với điểm gốc độ cao là KM0. Khoảng cách lẻ giữa các cọc chi tiết trên tuyến được đo chính xác bằng thước thép, theo phương pháp đo dài chi tiết của tuyến.

Mặt cắt ngang tại các cọc chi tiết trên tuyến thực nghiệm được đo bằng phương pháp truyền thống với ứng dụng của máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao. Tại mỗi mặt cắt, máy toàn đạc được đặt tại vị trí của cọc chi tiết, tiến hành đo khoảng cách lẻ và chênh cao giữa các điểm đo trên mặt cắt ngang đã được đánh dấu từ bước đo bằng GNSS-RTK (Lê Minh Ngọc và nnk., 2022) .

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá độ chính xác ứng dụng trạm CORS trong thành lập lưới khống chế đường chuyền cấp 2

Chuỗi dữ liệu đo tại mỗi điểm khống chế mặt bằng DC2 được tiền xử lý bằng cách loại bỏ những dữ liệu thô, sau đó tính giá trị trung bình cộng của chuỗi và kiểm định phân bố chuẩn của các sai số xác suất nhất (v_i). Tiếp theo đó, sai số trung phương một lần đo theo các phương X và Y được tính theo công thức (4), sai số tổng hợp tính theo công thức (5). Bảng 1 thể hiện kết quả sai số trung phương của các điểm lưới chế mặt bằng DC2 (Lê Minh Ngọc và nnk., 2018).



(a) Dữ liệu đo *(b) Biểu đồ phân bố chuẩn*

Hình 2. Biểu đồ dữ liệu đo và phân bố chuẩn của sai số xác suất nhất

Bảng 1. Bảng tổng hợp sai số trung phương tại các điểm lưới đường chuyền cấp 2

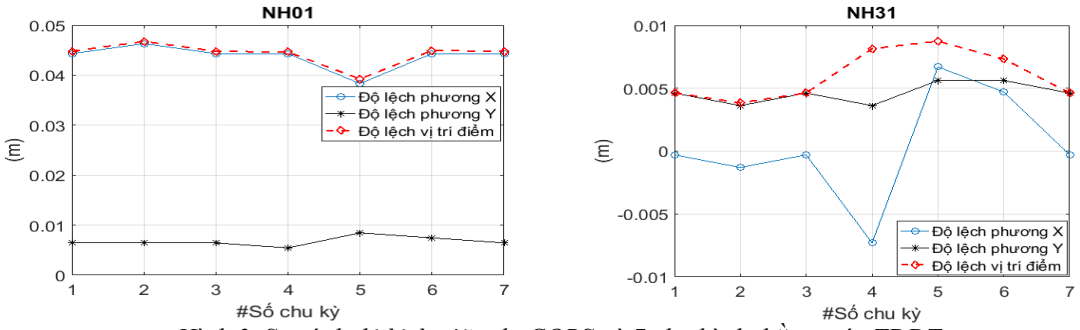
TT	Tên điểm	Mx (m)	My (m)	Mp (m)	TT	Tên điểm	Mx (m)	My (m)	Mp (m)
1	NH1	0,003	0,003	0,004	9	NH34	0,005	0,025	0,026
2	NH3	0,003	0,012	0,012	10	NH37	0,003	0,003	0,004
3	NH5	0,005	0,002	0,005	11	NH38	0,006	0,003	0,007
4	NH6	0,006	0,004	0,007	12	NH39	0,003	0,003	0,004
5	NH22	0,004	0,006	0,007	13	NH40	0,006	0,004	0,007
6	NH28	0,004	0,003	0,005	14	NH44	0,002	0,002	0,003
7	NH31	0,003	0,003	0,004	15	NH45	0,003	0,003	0,004
8	NH33	0,002	0,003	0,004					

Kết quả trên chỉ ra rằng, so sánh với tiêu chuẩn yêu cầu độ chính xác của lưới đường chuyền cấp 2, độ chính xác đo bằng công nghệ CORS của tất cả các điểm thực nghiệm đều thỏa mãn yêu cầu (< 50 mm).

Bên cạnh đó, độ lệch vị trí điểm của các điểm lưới đo bằng hai phương pháp được tính theo công thức (11) và (12). Bảng 2 thể hiện kết quả độ lệch vị trí điểm và Hình 3 minh họa độ lệch của hai điểm lưới đặc trưng.

Bảng 2. Bảng tổng hợp độ lệch vị trí điểm lưới đường chuyền cấp 2 đo bằng CORS và máy TĐĐT

Chu kỳ	NH1	NH3	NH28	NH31	NH33	NH37	NH38	NH39	NH40
1	0,045	0,025	0,019	0,005	0,015	0,018	0,016	0,025	0,025
2	0,047	0,021	0,019	0,004	0,014	0,017	0,015	0,028	0,028
3	0,045	0,025	0,019	0,005	0,015	0,018	0,016	0,025	0,025
4	0,045	0,028	0,021	0,008	0,012	0,013	0,017	0,021	0,026
5	0,039	0,025	0,019	0,009	0,007	0,016	0,014	0,027	0,030
6	0,045	0,025	0,019	0,007	0,008	0,017	0,013	0,023	0,025
7	0,045	0,025	0,019	0,005	0,015	0,018	0,016	0,025	0,025



Hình 3. So sánh độ lệch giữa đo CORS và 7 chu kỳ đo bằng máy TĐĐT

Kết quả so sánh độ lệch giữa ứng dụng đo CORS và máy TĐĐT cho thấy, có 8 trong 9 điểm được so sánh có độ lệch vị trí điểm nhỏ hơn 3 cm (89 %), đặc biệt với điểm NH31 có độ lệch nhỏ hơn 1 cm. Độ lệch vị trí điểm của điểm NH01 là lớn nhất (~4,5 cm) (Lê Minh Ngọc và nnk., 2018).

3.2. Đánh giá độ chính xác thành lập bản đồ địa hình

Tiêu chuẩn độ chính xác thành lập BĐĐH với 2 loại tỷ lệ lớn là 1:1000 và 1:500 được sử dụng để đánh giá độ chính xác đo CORS. Sai số trung phương lớn nhất cho phép của từng hạng mục thống kê trong bảng sau:

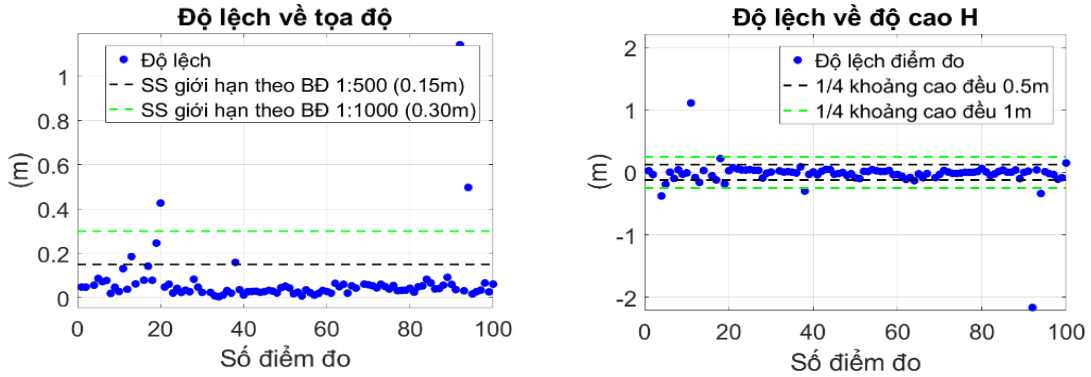
Bảng 3. Sai số trung phương lớn nhất cho phép trong thành lập BĐĐH

Tỷ lệ BĐĐH	**Thành lập lưới khống chế đo vẽ**		**Đo điểm chi tiết**	
	Sai số mặt bằng m_P (m)	Sai số độ cao m_H (m)	Sai số mặt bằng m_P (m)	Sai số độ cao m_H (m)
1:1000	±0,100	±0,100	±0,300	±0,250
1:500	±0,050	±0,050	±0,150	±0,125

Số lượng 100 điểm chi tiết đặc trưng trên khu vực thực nghiệm được đánh dấu trên thực địa và tiến hành đo bằng hai phương pháp là đo CORS và đo bằng máy toàn đạc điện tử. Kết quả tọa độ và độ cao các điểm chi tiết theo hai phương pháp được dùng để tính độ lệch theo các công thức (4) đến (6). Sau đó, độ lệch được so sánh với quy định về sai số ở Bảng 3 và được thể hiện trong biểu đồ Hình 4. Thống kê về giá trị độ lệch cho thấy rằng (Lê Minh Ngọc và nnk., 2020):

- Về mặt bằng: số lượng độ lệch nhỏ hơn quy định sai số mặt bằng lớn nhất của BĐĐH tỷ lệ 1:500 là 94/100, tương đương 94 %; và BĐĐH tỷ lệ 1:1000 là 97/100, tương đương với 97 %.
- Về độ cao: số lượng độ lệch nhỏ hơn quy định sai số độ cao lớn nhất (1/4 khoảng cao đều) với đường đồng mức 0,5 m là 88/100 (tương ứng 88 %), với đường đồng mức 1 m là 95/100 (tương ứng 95 %).

Từ kết quả đánh giá độ chính xác đo các điểm chi tiết cho thấy rằng, phương pháp đo CORS có thể đảm bảo độ chính xác đo tọa độ các điểm chi tiết thành lập BĐĐH tỷ lệ 1:500 và đảm bảo độ chính xác đo độ cao với đường đồng mức 1 m.



a) So sánh độ lệch vị trí điểm *b) So sánh độ lệch độ cao*

Hình 4. Biểu đồ độ lệch giữa phương pháp đo CORS và toàn đạc điện tử

3.3. Đánh giá độ chính xác đo vẽ mặt cắt địa hình

3.3.1. Đánh giá độ chính xác GNSS-RTK trong đo mặt cắt dọc tuyến

Độ chính xác của phương pháp truyền thống (máy thủy bình + thước thép) đo mặt cắt dọc tuyến như sau:

- Sai số khép đo cao tuyến: $f_{hđo}$ = 0,001 m < f_{hCP} = 0,027 m.
- Sai số đo dài chi tiết đoạn tuyến lớn nhất là 1/1292 nhỏ hơn sai số cho phép là 1/500.

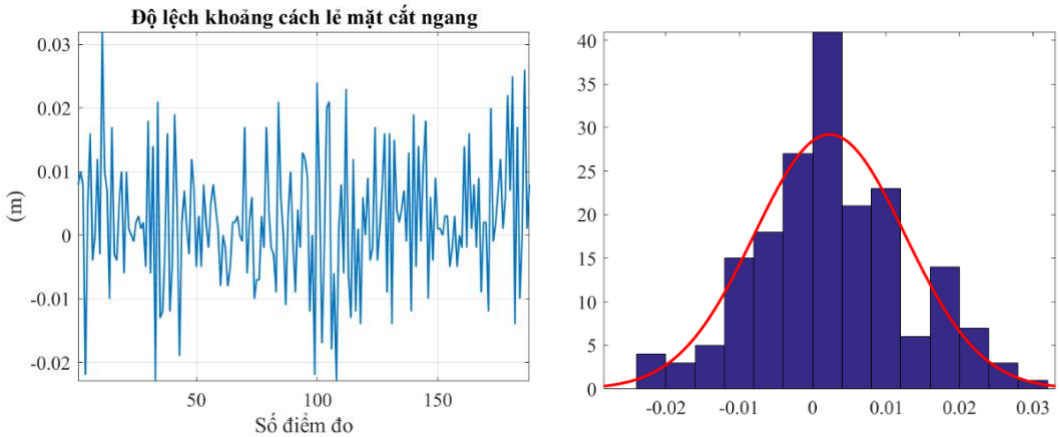
Kết quả độ cao GNSS sử dụng trạm CORS được dùng để tính chênh cao giữa các điểm tim tuyến. Sử dụng chênh cao GNSS ($h_{GNSS-RTK}$) thay thế cho chênh cao thủy chuẩn để kiểm tra điều kiện theo công thức (9), sai số khép đo cao $f_{hđo}$ = 0,024 m thỏa mãn điều kiện nhỏ hơn f_{hCP} = ±0,027 m. Điều này chứng tỏ rằng, đo cao mặt cắt dọc tuyến bằng phương pháp GNSS-RTK có thể thỏa mãn điều kiện yêu cầu về độ chính xác. Kết quả so sánh độ lệch về khoảng cách lẻ giữa hai phương pháp cho thấy, độ lệch lớn nhất là 1,6 cm; độ lệch nhỏ nhất là 0. Sử dụng khoảng cách lẻ đo bằng phương pháp GNSS-RTK để kiểm tra điều kiện sai số đo dài chi tiết theo công thức (10), kết quả cho thấy, sai số lớn nhất là 1/1313 thỏa mãn điều kiện nhỏ hơn sai số yêu cầu là 1/500. Điều này chứng tỏ, phương pháp GNSS-RTK đảm bảo độ chính xác đo dài chi tiết của tuyến.

3.3.2. Đánh giá độ chính xác GNSS-RTK trong đo mặt cắt ngang tuyến

Tất cả các mặt cắt ngang tuyến (35 mặt cắt) được đo bằng hai phương pháp toàn đạc điện tử và GNSS-RTK. Độ lệch khoảng cách lẻ và độ lệch độ cao của các điểm đo trên các mặt cắt ngang theo hai phương pháp đo là toàn đạc điện tử và GNSS-RTK được tính để phân tích và đánh giá.

Độ lệch về khoảng cách lẻ của tất cả các điểm đo trên mặt cắt ngang (188 điểm) được dùng để kiểm tra điều kiện sai số theo công thức (2) với D là khoảng cách lẻ đo bằng máy toàn đạc điện tử; f_D là giá trị độ lệch khoảng cách lẻ. Kết quả thống kê cho thấy, có 50,5 % các độ lệch có sai số tương đối lớn hơn 1/500 (không thỏa mãn yêu cầu theo tiêu chuẩn TCCS31-2000/TCĐBVN. Tuy nhiên, 50,5 % các khoảng cách lẻ này có giá trị ⩽ 5 m; trong khi đó, phần lớn các giá trị khoảng cách lẻ nhỏ hơn hoặc bằng 1 cm.

Bên cạnh đó, phân tích theo phương pháp xác suất thống kê các độ lệch khoảng cách lẻ, kết quả chỉ ra rằng, các độ lệch này có phân bố chuẩn, với sai số trung phương về độ lệch tính theo công thức Bessel là ±0,011 m. Hình 5 mô tả biểu đồ về độ lệch khoảng cách lẻ và phân bố chuẩn của độ lệch (Lê Minh Ngọc và nnk., 2022).



(a) Biểu đồ độ lệch khoảng cách lẻ *(b) Biểu đồ phân bố của độ lệch khoảng cách lẻ*

Hình 5. Biểu đồ thể hiện phân bố của độ lệch khoảng cách lẻ theo hai phương pháp

Từ đó có thể nhận xét rằng, mặc dù phần lớn các độ lệch về khoảng cách là nhỏ hơn 1 cm (70,2 %), nhưng vì giá trị khoảng cách lẻ nhỏ (phần lớn < 5 m) nên điều kiện sai số tương đối không thể đạt yêu cầu là nhỏ hơn 1/500.

Về đánh giá độ chính xác độ lệch đo cao bằng hai phương pháp, điều kiện sai số theo tiêu chuẩn TCCS31-2020/TCĐBVN không thể kiểm tra được theo các phương pháp đo mặt cắt ngang, bao gồm cả phương pháp truyền thống hay phương pháp GNSS-RTK. Trong phạm vi thực nghiệm của đề tài này, kết quả thống kê cho thấy, sai số trung phương độ lệch về độ cao giữa hai phương pháp là ±0,017 m.

3.4. Đánh giá độ chính xác bố trí tim tuyến

Thực nghiệm về bố trí các điểm tim tuyến bằng hai phương pháp là dùng CORS và toàn đạc điện tử được thực hiện độc lập nhau. Các điểm bố trí được đánh dấu và đo lại tọa độ bằng máy toàn đạc điện tử, từ đó tính độ lệch theo các công thức (11) và (12). Kết quả thống kê độ lệch vị trí điểm cho thấy, giá trị độ lệch (ΔP) khi bố trí điểm tim tuyến đường bằng công nghệ CORS so với bố trí bằng máy TĐĐT là tương đối nhỏ. Cụ thể, giá trị độ lệch trung bình là 0,030 m, giá trị lớn nhất tại điểm T20 là 0,053 m, giá trị nhỏ nhất tại điểm T17 là 0,005 m. Như vậy, có 2 điểm (chiếm 9,5 %) giá trị độ lệch lớn hơn 0,05 m và nhỏ hơn 0,100 m thỏa mãn yêu cầu độ chính xác bố trí tim trục tuyến đường cao tốc cấp IV, V, VI. Còn lại 19 điểm (chiếm 90,5 %) các giá trị độ lệch đều nhỏ hơn 0,050 m thỏa mãn yêu cầu độ chính xác bố trí tim trục tuyến đường cao tốc cấp I, II, III (Lê Minh Ngọc và nnk., 2020).

4. Kết luận

Từ các nghiên cứu thực nghiệm khảo sát độ chính xác và khả năng ứng dụng công nghệ trạm CORS trong khảo sát và xây dựng công trình giao thông, nhóm tác giả đưa ra một số kết luận như sau:

- Trong giai đoạn khảo sát công trình tuyến đường, phương pháp đo sử dụng trạm CORS có thể đảm bảo độ chính xác thành lập lưới khống chế đo vẽ DC2, đo vẽ thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn (1:500, 1:1000) và đo vẽ khảo sát mặt cắt dọc tuyến theo các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành.

- Đối với công tác đo mặt cắt ngang tuyến, độ chính xác đo chiều dài bằng GNSS-RTK lớn hơn độ chính xác cho phép theo Tiêu chuẩn khảo sát đường ô tô TCCS31-2020/TCDBVN đối với các khoảng cách đo nhỏ hơn 5 m; với phương pháp đo hiện nay (gồm cả phương pháp truyền thống và GNSS-RTK) kết quả đo là không đủ điều kiện để kiểm tra sai số đo cao theo tiêu chuẩn trên.

- Ứng dụng công nghệ CORS trong công tác bố trí tim tuyến đường hoàn toàn phù hợp với lý thuyết và đáp ứng được yêu cầu độ chính xác vị trí trục tim tuyến đường cấp I, II, III theo tiêu chuẩn TCVN 9436-2012.

- Phương pháp đo GNSS-RTK sử dụng mạng lưới trạm CORS có thao tác đơn giản, tốc độ đo nhanh, giảm nhiều thời gian đo đạc ngoại nghiệp so với các phương pháp đo đạc truyền thống.

Bên cạnh đó, bài báo vẫn còn một số hạn chế như: trong phạm vi thực nghiệm, tuyến được lựa chọn tương đối ngắn, địa hình tương đối bằng phẳng, thoáng đãng, không phức tạp. Vì vậy, hướng nghiên cứu tiếp theo của nhóm tác giả là khảo sát thực nghiệm thêm với các điều kiện địa hình phức tạp hơn như địa hình đồi, núi với chiều dài tuyến lớn hơn.

Lời cảm ơn

Trân trọng cảm ơn Trường Đại học Giao thông vận tải đã tài trợ cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2015. Thông tư số 68/2015/TT-BTNMT về Quy định kỹ thuật đo đạc trực tiếp địa hình phục vụ thành lập bản đồ địa hình và cơ sở dữ liệu nền địa lý tỷ lệ 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000.

Bộ Giao thông vận tải, 2000. Tiêu chuẩn ngành 22 TCN 263:2000 về Quy trình khảo sát đường ô tô.

Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam, 2016. Dự án Xây dựng mạng lưới trạm định vị toàn cầu bằng vệ tinh trên lãnh thổ Việt Nam.

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, Tạp chí KHCN Xây dựng, Số 3: 53-58, 2019.

Lê Minh Ngọc, Lê Văn Hiến, Trần Đức Công, 2018. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ trạm tham chiếu hoạt động liên tục (CORS) trong xây dựng và khai thác công trình giao thông, Đề tài cấp trường T2018-CT-044, Trường Đại học Giao thông vận tải.

Lê Minh Ngọc, Trần Quang Học, Lê Văn Hiến, Trần Đức Công, 2020. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ trạm tham chiếu hoạt động liên tục CORS trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn, Đề tài cấp trường T2020-CT-015, Trường Đại học Giao thông vận tải.

Lê Minh Ngọc, Lê Văn Hiến, Trần Đức Công, 2020. Khảo sát độ chính xác bố trí tim tuyến đường bằng công nghệ trạm tham chiếu hoạt động liên tục, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Giao thông vận tải, 71(2020) 70-79.

Lê Minh Ngọc, Lê Văn Hiến, Trần Đức Công, 2022. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS-RTK trong công tác đo vẽ mặt cắt địa hình công trình giao thông, Tạp chí Giao thông vận tải, Tháng 11/2022, 69-72.

Nguyễn Mạnh Cường, 2018. Nghiên cứu khả năng ứng dụng công nghệ CORS trong quan trắc dịch động bãi thải, Đề tài khoa học cấp Bộ Công Thương.

Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông vận tải, 2012. TCVN 9436-2012 Nền đường ô tô thi công và nghiệm thu, Bộ Giao thông vận tải Việt Nam.

Tổng cục Đường bộ Việt Nam, 2020. Tiêu chuẩn cơ sở TCCS 31:2020/TCĐBVN Đường ô tô - Tiêu chuẩn khảo sát, Quyết định số 5338/QĐ-TCĐBVN ngày 06/11/2020.

ABSTRACT

Studying investigate the accuracy of Continuous Operation Reference Stations (CORS) application in transport construction

Le Minh Ngoc *, Le Van Hien, Tran Duc Cong
University of Transport and Communications

Currently, the national satellite positioning system VNGeonet has officially been in use and aims to build a denser network in the future. In addition, the demand for the application of continuous operating reference stations (CORS) network technology in surveying and road construction are becoming increasingly essential. This article presents an experimental study on the accuracy and application potential of CORS technology in serving surveying and construction of transportation infrastructure in Vietnam. Firstly, CORS stations are surveyed and applied in establishing a geodetic control network for mapping, points measurement for large-scale mapping, and cross-sectional measurement in the surveying phase. In the construction phase, CORS are researched and applied in route layout work. The research methodology involves conducting measurements using two methods: the traditional method (utilizing total station, leveling instruments, etc…) and the CORS technology method. The deviations and accuracy of the CORS technology method are compared and evaluated that based on current technical standards. The experimental results clearly demonstrate that the measurement method using CORS technology exhibits superior efficiency compared to the traditional method and can ensure the accuracy of surveying tasks such as large-scale mapping, vertical cross-sectional measurement, and on-site route layout.

Keywords: Continuous operating reference station, CORS, road construction, road surveying, route layout.

ENGINEERING SURVEYING FOR SUSTAINABLE DEVERLOPMENT - ESSD2023

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ESSD 2023)

Nghiên cứu xây dựng và quản lý dữ liệu địa không gian công trình xây dựng

Lương Ngọc Dũng[1, *], Vũ Đình Chiều[1], Dương Công Hiếu[2]
[1]*Trường Đại học Xây dựng Hà Nội*
[2]*Viện Công nghệ Trắc địa Xây dựng*

TÓM TẮT

Công trình xây dựng gồm ba giai đoạn thiết kế, thi công và quản lý vận hành với nhiều dữ liệu địa không gian. Dữ liệu địa không gian về các công trình xây dựng có thể kể đến tài liệu khảo sát địa hình, tài liệu quy hoạch - thiết kế, tài liệu thi công, hoàn công,… Nghiên cứu này đặt ra các yêu cầu thực hiện xây dựng và chia sẻ hiệu quả thông tin dữ liệu địa không gian của các công trình xây dựng cho các đơn vị liên quan. Trong nghiên cứu đặt ra mục tiêu thực hiện xây dựng hệ thống dữ liệu địa không gian khu vực thực nghiệm Trường Đại học Xây dựng Hà Nội. Để đạt được mục tiêu đã đặt ra, nghiên cứu này đã xây dựng cơ sở dữ liệu bản đồ hiện trạng 3D bằng UAV và mô hình thiết kế 3D (giảng đường H3). Việc quản lý dữ liệu địa không gian công trình xây dựng đã thực hiện bằng cách thiết lập các quy trình xử lý dữ liệu, hệ thống dữ liệu thuộc tính và các giải pháp mô hình 3D. Kết quả nghiên cứu được thể hiện trên công cụ website, một giải pháp cung cấp nền tảng hiệu quả để hỗ trợ việc quản lý và chia sẻ dữ liệu địa không gian công trình xây dựng.

Từ khóa: Dữ liệu địa không gian công trình, BIM mô hình 3D, bản đồ web.

1. Đặt vấn đề

Công trình xây dựng gồm ba giai đoạn thiết kế, thi công và quản lý vận hành với nhiều dữ liệu địa không gian. Dữ liệu địa không gian về các công trình xây dựng có thể kể đến tài liệu khảo sát địa hình, tài liệu quy hoạch - thiết kế, tài liệu hoàn công xây dựng,… Với các phương pháp khảo sát truyền thống, các nguồn dữ liệu này biểu diễn dưới dạng các bản vẽ 2D và thường gặp thiếu sót do không mô tả hết được hiện trạng. Do đó thiếu đi sự trực quan hiện trạng, đòi hỏi bộ phận thiết kế phải đi thực địa khi lên giải pháp thiết kế công trình. Ngoài ra, trước đây việc quản lý các dữ liệu của mỗi bộ phận (khảo sát, thiết kế, thi công) mang tính cục bộ dẫn tới sự rời rạc, thiếu kết nối, đồng bộ dữ liệu địa không gian trong các giai đoạn toàn bộ vòng đời công trình.

Hiện nay phương pháp viễn thám tầm thấp sử dụng các thiết bị điều khiển bay không người lái (UAV - Unmanned Aerial Vehicle) và các hệ thống máy quét laser mặt đất thường được sử dụng để thu nhận dữ liệu địa không gian công trình. Đã có nhiều nghiên cứu cho thấy các phương pháp này đảm bảo xây dựng các loại bản đồ tỷ lệ lớn như các phương pháp truyền thống. Có thể kể đến một số nghiên cứu của các tác giả (Lương Ngọc Dũng và nnk., 2021) ứng dụng thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:500 và 1:1000 bằng UAV ở những kiểu bay và độ cao bay khác nhau. Hay trong nghiên cứu UAV kết hợp công nghệ CORS (Hoàng Thị Thủy và Đinh Công Hòa, 2020), các tác giả đã chứng minh được khả năng thành lập bản đồ địa hình các tỷ lệ 1:2000 và 1:5000. Trong nghiên cứu ứng dụng UAV để hỗ trợ khảo sát địa hình phục vụ công tác thiết kế công trình, các tác giả (Phan Nguyên Việt và nnk., 2022) đã khảo sát các công trình dạng vùng, dạng tuyến và thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:1000 và hiển thị trên WebGIS. Kết hợp dữ liệu đám mây điểm (points cloud) từ các thiết bị quét laser mặt đất và UAV, các tác giả (Đỗ Tiến Sỹ và nnk., 2019) đã đề xuất quy trình tích hợp dữ liệu để sử dụng trong công tác khảo sát, thiết kế, và kiểm định công trình. Cùng ý tưởng nghiên cứu, tác giả (Cao Xuân Cường và nnk., 2022) đã xây dựng thuật toán tích hợp dữ liệu đám mây điểm của hai công nghệ này trong thu thập thông tin công trình xây dựng. Ý kiến chung của các nghiên cứu trên đều cho thấy rằng việc ứng dụng UAV và thiết bị quét laser mặt đất để thu thập dữ liệu địa không gian công trình là rất hiệu quả.

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: dungln@huce.edu.vn

Bên cạnh việc sử dụng các dữ liệu ảnh trực giao, đám mây điểm, mô hình số độ cao để thành lập các bản đồ địa hình 2D tỷ lệ lớn. Một ưu điểm nổi bật của các nguồn dữ liệu UAV và laser mặt đất đó là cho phép xây dựng các sản phẩm mô hình mô phỏng ở dạng ba chiều.

Nghiên cứu ứng dụng laser mặt đất xây dựng mô hình 3D phục vụ công tác quản lý dữ liệu BIM (Building Information Modeling), tác giả (Phan Thị Anh Thư, 2022) cho rằng mặc dù còn nhiều hạn chế trong việc thu thập và xử lý dữ liệu đám mây điểm nhưng đây là giải pháp tiềm năng để thu thập dữ liệu quản lý tài sản các công trình dân dụng nhỏ.

Với khu vực nghiên cứu có diện tích 10 ha, tác giả Phan Nguyên Việt và nnk., 2022 lựa chọn giải pháp sử dụng thiết bị bay UAV để thu thập dữ liệu 3D đám mây điểm và trực quan trên nền tảng Potree để phục vụ công tác thiết kế. Theo các tác giả đây là phương pháp có hiệu suất cao khi xử lý đám mây điểm và trực quan hóa mô hình để chia sẻ với người dùng. Cùng hướng nghiên cứu này, tác giả Bùi Ngọc Quý và Phạm Văn Hiệp, 2021 cũng đã đề xuất quy trình xây dựng mô hình 3D từ dữ liệu ảnh UAV từ phần mềm Pix4Dmapper. Kết hợp các thiết bị UAV và laser mặt đất để tạo ra nguồn dữ liệu có độ chi tiết cao hơn, chính xác hơn, tác giả Lê Thị Thu Hà và nnk., 2022 đã nghiên cứu quá trình tái tạo mô hình 3D cho công trình nhà cao tầng với mức độ chi tiết LoD3. Có thể thấy các sản phẩm này đã khắc phục được việc thiếu thông tin khảo sát hiện trạng và hỗ trợ người thiết kế, người quản lý xem xét trực quan bằng các mô hình 3D mô phỏng hiện trạng.

Trong xu thế phát triển của lĩnh vực xây dựng công trình, đòi hỏi về việc quản lý hiệu quả thông tin công trình trong các giai đoạn thiết kế và thi công đã mang đến giải pháp BIM (Building Information Model) trong những năm qua (Nguyễn Mậu Bành và Nguyễn Bảo Ngọc, 2018). Nghiên cứu ứng dụng mô hình thông tin (BIM) và môi trường dữ liệu chung trong công tác quản lý tiến độ thi công công trình. Tác giả Lê Trường Duy và Nguyễn Anh Thư, 2018 ngay từ rất sớm đã chỉ ra ba yếu tố then chốt sau: công nghệ, quy trình và cách ứng xử. Trong đó mô hình 3D điều kiện hiện trạng giúp cải thiện hiệu quả trong khảo sát hiện trạng; các mô hình thông tin sẽ cải thiện tính trực quan thiết kế và khả năng cập nhật hồ sơ. Tuy nhiên cũng còn tồn tại khía cạnh của quá trình trao đổi thông tin giữa các bên. Với các dự án hạ tầng, giao thông, nghiên cứu của tác giả Khúc Đăng Tùng và Đinh Nho Cảng, 2018 cũng sớm cho rằng việc áp dụng công nghệ viễn thám tầm thấp là hiệu quả khi cung cấp dữ liệu khảo sát rất trực quan, giàu thông tin và phù hợp với dữ liệu đầu vào của mô hình BIM. Trong một vài năm gần đây, các ứng dụng BIM ngày càng được mở rộng và cụ thể hơn, tác giả Ngô Thanh Thủy và nnk., 2021 đã lập mô hình thông tin cầu vượt dầm hộp thép ngã tư 550, tỉnh Bình dương để hỗ trợ mô phỏng và quản lý thông tin công trình trong giai đoạn thiết kế thi công; hoặc nghiên cứu của tác giả Nguyễn Đắc Đức và Quách Thanh Tùng, 2021 về việc áp dụng BIM ở giai đoạn thiết kế cầu Thủ Thiêm 2 cho rằng có những hiệu quả rõ rệt nhưng cần tiếp tục đồng bộ cho toàn bộ vòng đời công trình cầu, trong đó đặc biệt cần sự đồng bộ chia sẻ dữ liệu thông tin giữa các bên.

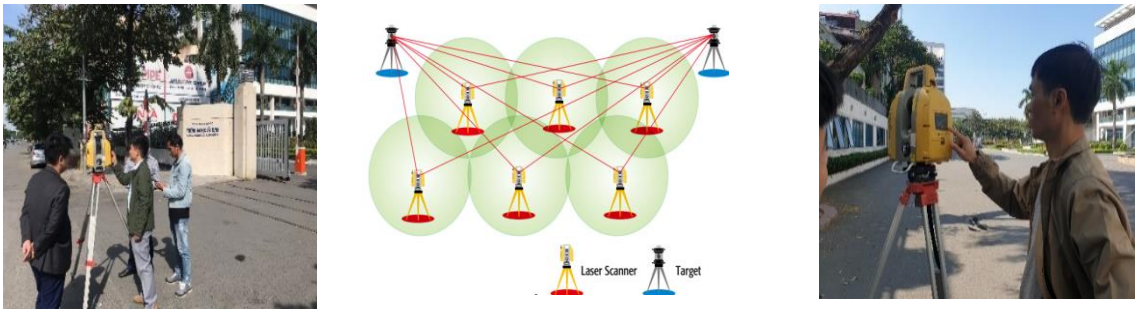
Trong các nghiên cứu ở trên đều có chung nhận định về sự hiệu quả của việc thu thập dữ liệu địa không gian của UAV và laser mặt đất trong các công tác xây dựng công trình. Tuy nhiên chưa đề cập nhiều đến việc xử lý các dữ liệu lớn để thu được mức độ chi tiết cao và giải pháp quản lý dữ liệu địa không gian công trình một cách thống nhất, có sự kết nối và có tính hiệu quả trong việc chia sẻ giữa các bộ phận. Trong bài báo này, chúng tôi sẽ trình bày về giải pháp bản đồ web để thống nhất quản lý, chia sẻ các cơ sở dữ liệu khảo sát hiện trạng và mô hình thiết kế (cho giảng đường H3) tại khuôn viên Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.

2. Thu thập và xử lý số liệu

2.1. Thu thập, xử lý dữ liệu địa không gian

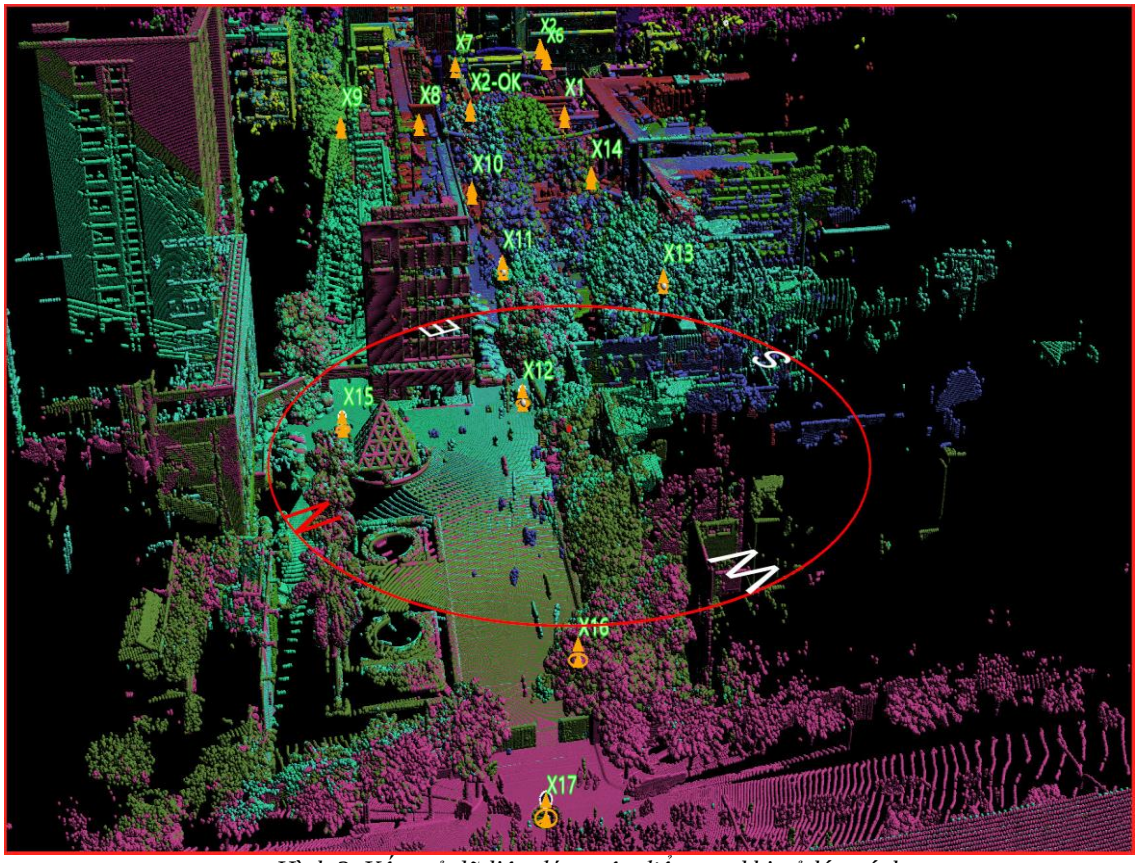
2.2.1. Dữ liệu hiện trạng

Dữ liệu hiện trạng được thu thập bằng các thiết bị quét scan laser TOPCON GLS-2000 và UAV Phantom 4 Pro V2. Sau khi xây dựng mạng lưới các trạm máy quét trong hệ tọa độ VN-2000, múi chiếu 3^o kinh tuyến trục 105^o. Dữ liệu khu vực Trường Đại học Xây dựng Hà Nội được thực hiện bằng 17 trạm quét và mật độ quét là 1 cm/1 điểm. Hình 1 mô tả một số hình ảnh quá trình thu thập dữ liệu và kết quả dữ liệu đám mây điểm khu vực thực nghiệm được thể hiện trong Hình 2.



Hình 1. Quá trình thu thập dữ liệu trạm máy quét laser mặt đất

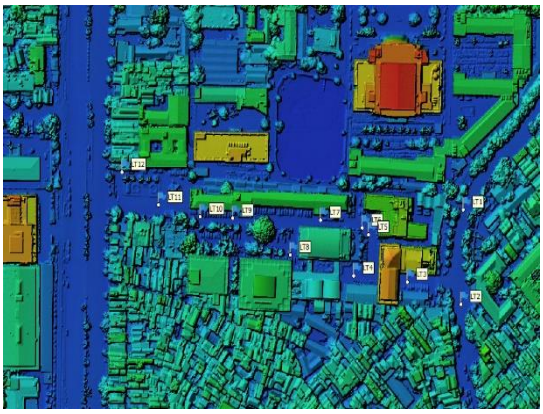
Số liệu thu thập được tiến hành xử lý ghép trạm và loại bỏ các yếu tố không cần thiết trên phần mềm Magnet Collage do hãng TOPCON cung cấp. Hiện nay, việc xử lý số liệu đám mây điểm của mỗi hãng phụ thuộc vào phần mềm chuyên biệt được nhà sản xuất cung cấp. Quy trình xử lý số liệu cơ bản gồm các bước: xác định hình dạng các yếu tố quét, xác định màu từ các ảnh chụp, tạo ảnh toàn cảnh (stitch panoramas) sau đó lọc và làm trơn mô hình kết quả. Hoàn thành bước xử lý số liệu, dữ liệu đám mây điểm (point cloud) được dùng để thực hiện việc biên tập, xây dựng mô hình hiện trạng 3D.



Hình 2. Kết quả dữ liệu đám mây điểm sau khi xử lý quét laser

Có thể thấy phương pháp thu thập dữ liệu quét 3D mặt đất cho chúng ta kết quả mô phỏng các đối tượng rất chi tiết. Tuy nhiên phương pháp này vẫn tồn tại một số hạn chế như: 1) Nhiều dữ liệu thừa (người, xe cộ đi lại, bề mặt đường,…) cần phải tinh chỉnh, loại bỏ; 2) Không thu thập được dữ liệu phần mái các đối tượng nhà cao tầng và 3) Tệp dữ liệu đám mây điểm quá lớn sẽ ảnh hưởng tới quá trình xử lý và lưu trữ. Do đó phương pháp quét laser mặt đất nên dùng để thu thập dữ liệu với các đối tượng độc lập trong không gian nhỏ để xây dựng các mô hình 3D với mức độ chi tiết cao.

(a)  (b) 

(c) 

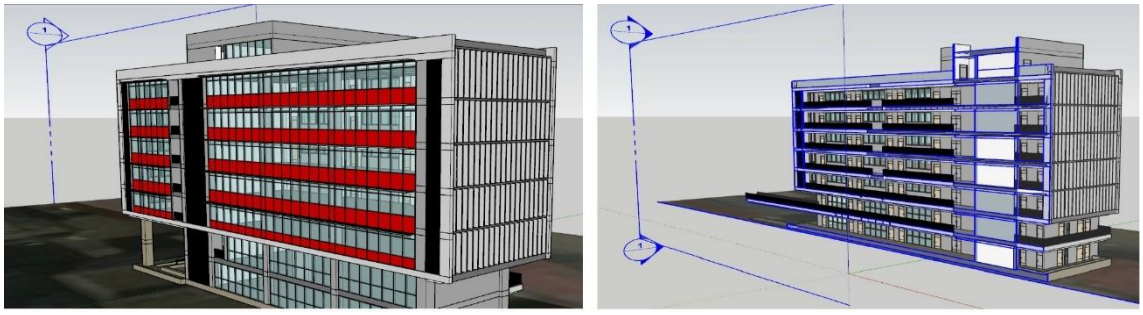
Hình 3. Kết quả đám mây điểm (a), ảnh trực giao (b) và mô hình số độ cao (c) sau khi xử lý ảnh UAV

Thực nghiệm bay chụp UAV khu vực Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, chúng tôi sử dụng thiết bị bay Phantom Pro4 V2.0 với độ cao bay chụp 80 m, độ phủ dọc 70 % và độ phủ ngang 80 % và bố trí 12 điểm khống chế mặt đất, các thông số này hoàn toàn đáp ứng yêu cầu kỹ thuật xây dựng bản đồ địa hình tỷ lệ 1:500 (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2021). Sản phẩm thu được là 412 tấm ảnh, xử lý trên phần mềm Agisoft MetaShape nhận được các kết quả đám mây điểm, ảnh trực giao và mô hình số độ cao (DEM), Hình 3. Các dữ liệu ảnh trực giao và mô hình số độ cao kết hợp số liệu đo bổ sung mặt đất đã được dùng để thành lập bình đồ địa hình tỷ lệ 1:500. Dữ liệu bình đồ ở định dạng dữ liệu AutoCad được dùng thành một dạng dữ liệu thuộc tính quản lý trong cơ sở dữ liệu khu vực thực nghiệm.

Có thể thấy một trong các sản phẩm quan trọng của công nghệ quét 3D laser và bay chụp UAV là dữ liệu đám mây điểm. Đây là nguồn dữ liệu cơ bản giúp cho việc xây dựng các mô hình 3D. Việc kết hợp dữ liệu đám mây điểm các thiết bị laser mặt đất và UAV đã có nhiều công bố (Lê Thị Thu Hà và nnk., 2022; Đỗ Tiến Sỹ và nnk., 2019; Cao Xuân Cường và nnk., 2022), tuy nhiên việc kết hợp này còn nhiều khó khăn khi xử lý dữ liệu đám mây điểm. Với các đặc điểm dữ liệu của mỗi dạng thiết bị, chúng tôi cho rằng ở mức tổng thể chỉ cần sử dụng dữ liệu UAV để xây dựng các mô hình 3D hiện trạng toàn bộ khu vực hoặc từng đối tượng công trình ở mức độ chi tiết LoD3. Đối với dữ liệu quét laser nên được dùng xây dựng mô hình 3D ở giai đoạn hoàn công công trình với mức độ chi tiết LoD4, tức là từng đối tượng bên trong công trình. Trong nghiên cứu của mình, chúng tôi mới chỉ sử dụng dữ đám mây điểm UAV để xây dựng mô hình hiện trạng 3D cho toàn bộ khu vực thực nghiệm.

2.1.2. Dữ liệu thiết kế

Dữ liệu thiết kế giảng đường H3, Hình 4, được thu thập từ đơn vị thiết kế ở định dạng mô hình 3D. Dữ liệu này được tạo lập trên phần mềm Revit với mức độ chi tiết gần tương đương cấp độ LoD4 (Lê Thị Thu Hà và nnk., 2022) với các lớp thông tin cấu trúc của từng phòng học bên trong tòa nhà.



Hình 4. Dữ liệu thiết kế với độ chi tiết LoD4

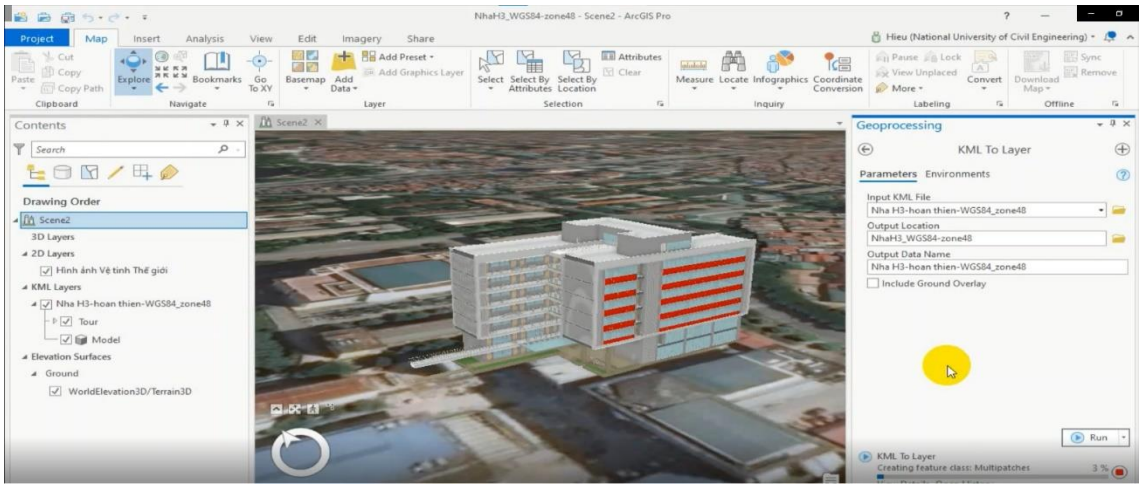
Một trong các bước quan trọng cần xử lý đối với dữ liệu thiết kế là việc đưa về đúng hệ tọa độ không gian với dữ liệu hiện trạng. Để thực hiện điều này, trên phần mềm SketchUp, chúng tôi đã sử dụng chức năng Geo-location để di chuyển và xoay mô hình 3D về đúng vị trí sau đó xuất ra định dạng .kmz của Google Earth File. Sau khi nhập vào ArcGIS dữ liệu thiết kế này sẽ trở thành một đối tượng cơ sở dữ liệu để quản lý.

2.2. Xây dựng công cụ bản đồ web

Hiện nay, bản đồ web được đánh giá là công cụ hiệu quả trong xu hướng chia sẻ dữ liệu nhờ những ưu điểm thuận lợi cho người dùng, đa dạng loại hình dữ liệu,… Việc xây dựng bản đồ web sẽ bao gồm hai giai đoạn cơ bản, đó là việc chuẩn hóa các dữ liệu địa không gian phù hợp với yêu cầu môi trường web và cách thức chia sẻ dữ liệu. Việc chuẩn hóa dữ liệu địa không gian phù hợp môi trường web phụ thuộc vào nhiều yếu tố như định dạng kiểu dữ liệu đầu vào, thuật toán xử lý, hiển thị các dữ liệu địa không gian. Để thực hiện điều này, công cụ ArcGIS Pro đã được sử dụng để biên tập cũng như chuẩn hóa các dữ liệu không gian, thuộc tính và các dữ liệu 2D, 3D trong nghiên cứu này. Việc chia sẻ dữ liệu có thể thực hiện qua một bên thứ hai hoặc tự xây dựng hệ thống riêng với hệ thống máy chủ (server) để cung cấp dịch vụ web và tài nguyên lý dữ liệu. Trong nghiên cứu này chúng tôi đang dựa trên nền tảng hệ thống ArcGIS online và đường dẫn của bên thứ ba để chia sẻ dữ liệu.

2.2.1. Chuẩn hóa dữ liệu

Với các dữ liệu hiện trạng và thiết kế đã được xử lý thành các dạng dữ liệu 2D và 3D, trong phần mềm ArcGIS Pro chúng tôi đã thiết kế cơ sở dữ liệu (database) gồm dữ liệu không gian và thuộc tính. Trong đó, bình đồ khảo sát (dạng 2D), báo cáo khảo sát (dạng văn bản), ảnh toàn cảnh (dạng media) và các đặc điểm, tính chất đối tượng làm cơ sở xây dựng thành các trường dữ liệu thuộc tính của dữ liệu không gian 3D.



Hình 5. Quá trình chuẩn hóa dữ liệu mô hình 3D thiết kế

Lớp dữ liệu 3D gồm có mô hình hiện trạng và mô hình thiết kế, trong quá trình chuẩn hóa và xử lý dữ liệu nhận thấy mô hình hiện trạng có dung lượng rất lớn và có độ chi tiết ở mức độ LoD3 trong khi mô hình thiết kế có độ chi tiết mức độ LoD4 và dung lượng dữ liệu rất nhẹ. Điều này là do đặc điểm dữ liệu mô hình 3D hiện trạng chưa được chuyển từ dạng raster sang vector. Tuy nhiên ưu điểm của kiểu dữ liệu dạng raster cho thấy hình ảnh hiện trạng thực tế hơn so với hình ảnh đồ họa (dạng vector).

Trong mô hình hiện trạng 3D do chưa tách chi tiết thành từng đối tượng công trình, nên trong dữ liệu không gian này chỉ liên kết với trường dữ liệu thuộc tính là các báo cáo và bản đồ hiện trạng. Để tạo lập dữ liệu thuộc tính cho mỗi đối tượng công trình và giao thông khu vực thực nghiệm, chúng tôi đã tạo lập một lớp dữ liệu không gian dạng điểm (point) trong lớp dữ liệu 2D. Hình 5 là ví dụ mô tả việc chuẩn hóa dữ liệu mô hình thiết kế 3D, đây là yêu cầu bắt buộc về định dạng dữ liệu khi chia sẻ lên bản đồ web. Thực hiện việc này trong phần mềm ArcGIS Pro sẽ chuyển định dạng mô hình (Model) của dữ liệu mô hình 3D thiết kế trên SketchUp sang môi trường dữ liệu 3D ArcGIS Pro (dạng Multipatches).

2.2.2. Chia sẻ dữ liệu

Ở bước chia sẻ và hiển thị dữ liệu địa không gian trên bản đồ web hiện nay có 2 phương pháp cơ bản như đã nêu ở trên. Đó là, thông qua nền tảng web của một đơn vị cung cấp dịch vụ hoặc tự phát triển các hệ thống phần cứng phần mềm web riêng biệt. Trong nghiên cứu này, sau khi chuẩn hóa dữ liệu khu vực thực nghiệm, việc chia sẻ dữ liệu địa không gian dưới dạng bản đồ web đã được thực hiện thông qua hệ thống máy chủ (server) của hãng Esri Việt Nam, Hình 6.

Các bước cơ bản chia sẻ dữ liệu bản đồ web cần kiểm tra, sửa lỗi các thông tin cấu trúc định dạng dữ liệu và hệ thống tọa độ không gian của dữ liệu. Thiết kế giao diện bản đồ web theo các mẫu có sẵn hoặc tùy chỉnh được cung cấp bởi ứng dụng ArcGIS online của Esri. Ở công cụ này có ưu điểm khi sẵn có nhiều công cụ đo đạc, tìm kiếm, phân tích và trích xuất dữ liệu không gian và thuộc tính. Tuy vậy, vẫn có một số nhược điểm như chưa hỗ trợ chia sẻ dữ liệu ảnh trực giao (dạng .tiff) hay không phải là môi trường mã nguồn mở hỗ trợ việc phát triển các công cụ thực hiện các bài toán chuyên môn đặc thù. Ngoài ra, việc chia sẻ dữ liệu trên bản đồ web thông qua đơn vị cung cấp dịch vụ như Esri hiện nay chỉ được dùng thử trong 21 ngày hoặc đòi hỏi chi phí hàng năm.

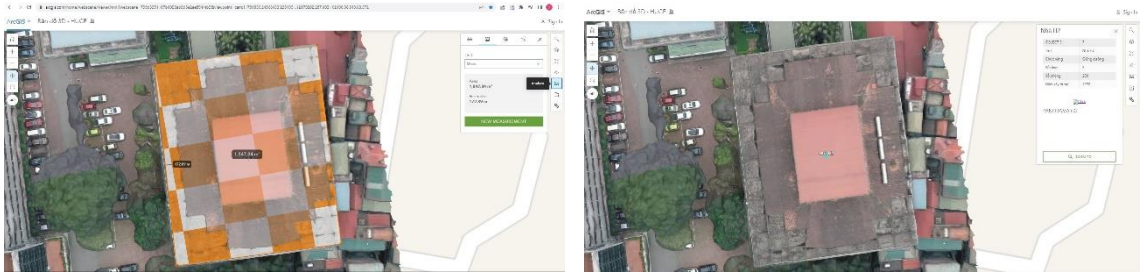
Với giải pháp tự xây dựng hệ thống máy chủ để quản lý, chia sẻ dữ liệu lên bản đồ web trong suốt vòng đời công trình đòi hỏi chi phí đầu tư phần cứng (server) và phần mềm (website). Tuy nhiên, các dự án xây dựng công trình có đặc điểm dữ liệu địa không gian trong mô tả phạm vi diện tích nhỏ (cho một đối tượng công trình như nhà cao tầng) và mức độ chi tiết cao (các kết cấu, tài sản, thiết bị trong từng phòng) nên việc tự xây dựng hệ máy chủ riêng có ưu điểm đồng bộ trong quản lý, sử dụng. Đây sẽ là xu hướng hiệu quả với lĩnh vực BIM (Building Information Modeling) trong giai đoạn vận hành, sử dụng công trình.



Hình 6. Bản đồ web khu vực Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

3. Kết quả và thảo luận

Bản đồ web là công cụ cho phép người dùng thuận lợi truy cập dễ dàng ở mọi lúc, mọi nơi. Người dùng có thể thực hiện các chức năng đo đạc cơ bản trên bản đồ web như bản đồ hiện trạng 2D thông thường. Ví dụ trên Hình 7a chúng ta đo được diện tích và chu vi cũng như thu được các tài liệu, thông tin thuộc tính của đối tượng công trình giảng đường nhà H2, Hình 7b.

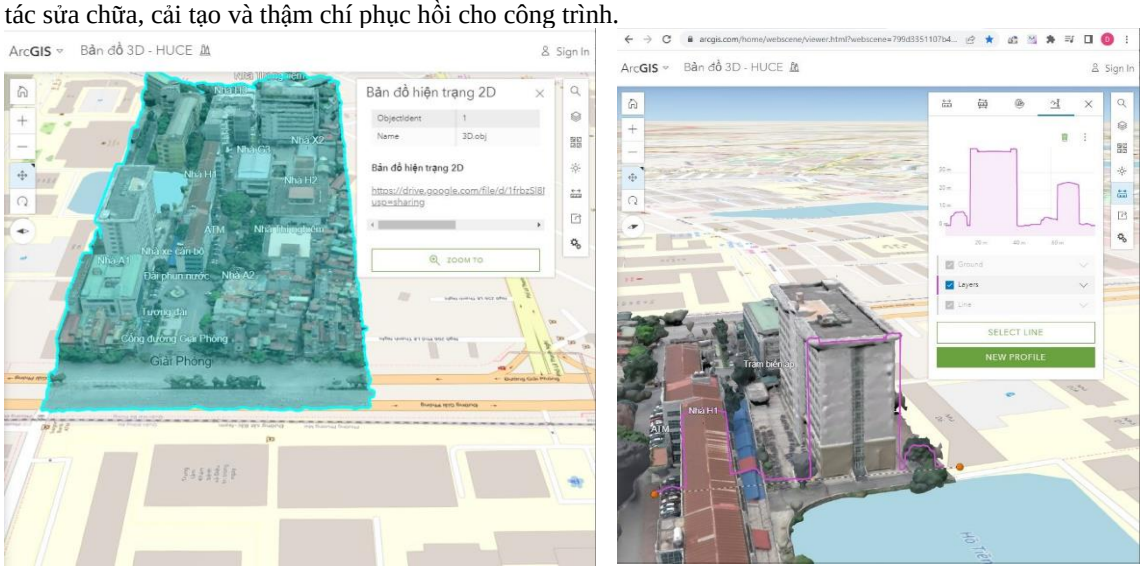


(a) (b)

Hình 7. Công cụ đo diện tích, chu vi (a) và bảng dữ liệu thông tin thuộc tính (b) giảng đường nhà H2

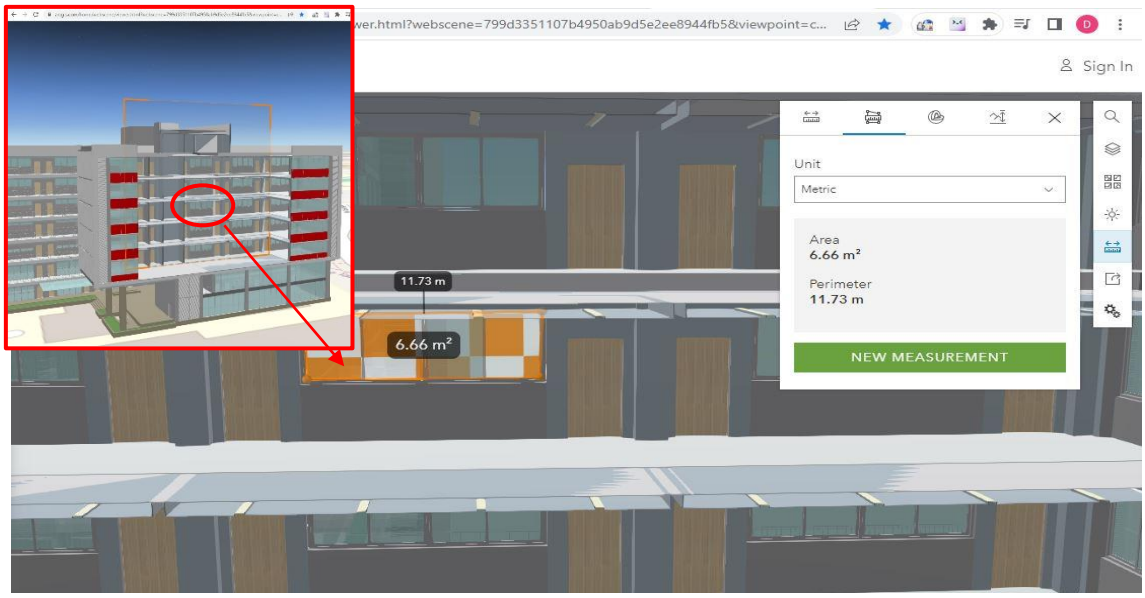
Ngoài ra mô hình 3D trên bản đồ web chúng ta có thể xem được hình ảnh mô phỏng trực quan hiện trong không gian. Hình 8a mô tả hình ảnh toàn cảnh hiện trạng khu vực thực nghiệm và thuộc tính đối tượng là các dữ liệu báo cáo và bản đồ hiện trạng 2D. Với trường dữ liệu thuộc tính sẽ cung cấp cho bên thiết kế các tài liệu khảo sát địa hình. Đồng thời dữ liệu không gian 3D sẽ hỗ trợ người thiết kế giảm bớt được công đoạn đi hiện trường để chính xác hóa hoặc điều chỉnh dữ liệu thiết kế. Hoặc các công cụ trên bản đồ web giúp người thiết kế nắm bắt sơ bộ mặt cắt địa hình hiện trạng, Hình 8b. Đây là những ưu điểm của bản đồ web mà các bản vẽ 2D truyền thống không có được.

Ở mức độ chi tiết, mô hình 3D thiết kế (hoặc mô hình 3D hoàn công công trình) trên bản đồ web cho phép chúng ta theo dõi các thông tin không gian và thuộc tính từng chi tiết kết cấu công trình. Hình 9 mô tả công cụ xem và đo các chi tiết bên trong giảng đường nhà H3. Ở đây có thể thấy việc xây dựng dữ liệu không gian, thuộc tính (đặc điểm, tính chất) của đối tượng ở chi tiết cấp độ LoD4 là rất lớn và có thể thực hiện, cập nhật theo thời gian. Bộ dữ liệu hoàn công như này sẽ là cơ sở dữ liệu để phục vụ cho các công tác sửa chữa, cải tạo và thậm chí phục hồi cho công trình.



(a) *(b)*

Hình 8. Mô hình hiện trạng 3D với bảng dữ liệu thuộc tính (a) và ví dụ công cụ xác định mặt cắt dọc địa hình hiện trạng (b)



Hình 9. Công cụ xem và đo các chi tiết bên trong công trình nhà H3

Có thể thấy bản đồ web là công cụ hiệu trong việc quản lý, chia sẻ dữ liệu địa không gian công trình xây dựng cả ở mức độ toàn cảnh dự án cũng như chi tiết từng đối tượng hạng mục. Tuy nhiên cũng còn một số vấn đề cần giải quyết như việc thu thập, xử lý dữ liệu không gian và thuộc tính cho mỗi đối tượng chi tiết bên trong công trình (mức độ LoD4). Ở khía cạnh tọa độ không gian, chúng ta thường thấy có sự chênh lệch nhất định giữa dữ liệu chia sẻ và bản đồ nền web (google map). Do đó, cần giải quyết được bài toán mối quan hệ tọa độ quốc gia VN2000 (các dữ liệu khảo sát, thiết kế, thi công) và tọa độ WGS 84 (dữ liệu hiển thị trên bản đồ web). Việc sử dụng bản đồ web để chia sẻ, quản lý và thậm chí để phân tích dữ liệu hiện nay đã và đang được mở rộng ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực như đất đai, môi trường, giao thông,... Do đó, cần phát triển được thêm các công cụ giải quyết các vấn đề chuyên môn đòi hỏi.

4. Kết luận

Các thiết bị UAV và laser mặt đất là những phương pháp hiệu quả để thu thập dữ liệu địa không gian cho các giai đoạn suốt vòng đời công trình. Dữ liệu thu thập sẽ được xử lý thành lập các dữ liệu không gian (bản đồ hiện trạng 2D, mô hình 3D) và các dữ liệu thuộc tính công trình. Các dữ liệu địa không gian hiện trạng và thiết kế công trình đã được xử lý, chuẩn hóa trên nền tảng các phần mềm ArcGIS để đồng bộ, chia sẻ giữa các đơn vị liên quan.

Kết quả nghiên cứu đã chia sẻ dữ liệu địa không gian khu vực Trường Đại học Xây dựng Hà Nội trên một bản đồ web. Đây là công cụ hiệu quả để chia sẻ các dữ liệu hiện trạng hỗ trợ thiết kế, đồng thời sẽ là công cụ quản lý dữ liệu giúp cho các công tác vận hành, bảo trì sửa chữa công trình.

Với việc lưu trữ quản lý trên các hệ thống máy chủ (server) sẽ giúp cho dữ liệu địa không gian công trình được đồng bộ, tránh mất mát và có thể cập nhật theo thời gian. Tuy vậy vẫn còn một số vấn đề cần giải quyết thêm như nghiên cứu môi trường web phù hợp cho mọi loại dữ liệu địa không gian công trình, cách thức xử lý số liệu mô hình 3D hiện trạng, hoàn công có chất lượng và phù hợp với việc chia sẻ trên bản đồ web.

Lời cảm ơn

Tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội cho đề tài "Nghiên cứu ứng dụng cơ sở dữ liệu địa không gian phục vụ công tác quy hoạch xây dựng", mã số 21-2023/KHXD-TĐ. Tác giả cũng chân thành cảm ơn Viện Công nghệ Trắc địa Xây dựng đã hỗ trợ kỹ thuật cho việc thu thập và xử lý số liệu.

Tài liệu tham khảo

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2021. 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. Việt Nam.

Bùi Ngọc Quý, Phạm Văn Hiệp, 2021. Nghiên cứu xây dựng mô hình 3D từ dữ liệu ảnh máy bay không người lái (UAV). Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất (August 2020).

Cao Xuân Cường, Lê Văn Cảnh, Võ Ngọc Dũng, Tạ Thị Thu Hường, Ngô Sỹ Cường, Đặng Thế Thuận, 2022. Tích hợp dữ liệu đám mây điểm tạo bởi công nghệ đo ảnh UAV và quét laser 3D mặt đất cho các công trình trên mặt bằng sân công nghiệp mỏ hầm lò. Tạp chí Khoa học Mỏ và Trái đất, 63(4): 13-23. doi: 10.46326/jmes.2022.63(4).02.

Đỗ Tiến Sỹ, Nguyễn Anh Thư, Hoàng Hiệp, Võ Thị Loan, Nguyễn Ngọc Tường Vi, Võ Văn Trương, Lê Nguyễn Thanh Phước, Phạm Thị Trường An, Đặng Minh Quang, 2019. Kết hợp dữ liệu đám mây điểm từ các thiết bị 3D laser scanning và phương tiện bay không người lái (UAV) nhằm thu thập thông tin mô hình công trình xây dựng. Tạp chí Xây dựng Việt Nam, 12: 39-42.

Hoàng Thị Thủy, Đinh Công Hòa, 2020. Giải pháp thành lập bản đồ địa hình từ dữ liệu UAV vùng có phủ thực vật. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, 44:49-55.

Khúc Đăng Tùng, Đinh Nho Cảng, 2018. Ứng dụng công nghệ chụp không ảnh cận thám cung cấp thông tin cho mô hình BIM của dự án hạ tầng và giao thông. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 12(1): 65-70.

Lê Thị Thu Hà, Nguyễn Văn Trung, Phạm Thị Làn, Tống Sĩ Sơn, Nguyễn Hữu Long, Võ Đắc Ổn, 2022. Nghiên cứu kết hợp công nghệ máy bay không người lái (UAV) và quét laser mặt đất thành lập mô hình 3D cấp độ chi tiết cao (lod 3) cho nhà cao tầng trong khu vực đô thị. Tạp chí Khoa học Mỏ và Trái đất, 63(4): 24-34. doi: 10.46326/jmes.2022.63(4).03.

Lê Trường Duy, Nguyễn Anh Thư, 2018. Ứng dụng mô hình thông tin và môi trường dữ liệu chung trong quản lý tiến độ thi công công trình. Tạp chí Xây dựng, 132-36.

Lương Ngọc Dũng, Trần Đình Trọng, Vũ Đình Chiều, Bùi Duy Quỳnh, Hà Thị Hằng, Dương Công Hiếu, Nguyễn Đình Huy, 2021. Nghiên cứu chế độ bay UAV trong khảo sát địa hình công trình dạng tuyến - ứng dụng cho đoạn đường đê Xuân Quan, Hà Nội. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD)-ĐHXDHN, 15(7V): 131-42.

Ngô Thanh Thủy, Nguyễn Quốc Chương, Đỗ Minh Truyền, Nguyễn Trường Giang, Nguyễn Xuân Việt, Huỳnh Xuân Tín, 2021. Ứng dụng BIM lập mô hình thông tin công trình cầu vượt dầm hộp thép liên hợp bê tông cốt thép tại Ngã tư 550, tỉnh Bình Dương. Tạp chí Khoa học & Công nghệ Việt Nam, 63(1): 22-26.

Nguyễn Đắc Đức, Quách Thanh Tùng, 2021. Ứng dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong xây dựng công trình cầu ở Việt Nam. Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, 72(8): 908-19. doi: 10.47869/tcsj.72.8.5.

Nguyễn Mậu Bành, Nguyễn Bảo Ngọc, 2018. Các khuynh hướng nghiên cứu, ứng dụng BIM tại Viện Quản lý đầu tư xây dựng - Trường Đại học Xây dựng. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 12(1): 89-91.

Phan Nguyên Việt, Nguyễn Hữu Đức, Chung Minh Quân, Phùng Ngọc Anh, 2022. Ứng dụng công nghệ UAV kết hợp WebGIS trong đo vẽ địa hình phục vụ khảo sát, thiết kế công trình. Tạp chí Khí tượng Thủy văn Việt Nam, EME4(1): 181-92. doi: 10.36335/vnjhm.2022(eme4).181-192.

Phan Nguyên Việt, Chung Minh Quân, Phùng Ngọc Anh, Nguyễn Hữu Đức, 2022. Thể hiện dữ liệu 3D point cloud trực tuyến trên nền tảng potree phục vụ công tác thiết kế. Tạp chí Khí tượng Thủy văn Việt Nam, EME4(1): 193-201. doi: 10.36335/vnjhm.2022(eme4).193-201.

Phan Thị Anh Thư, 2022. Xây dựng mô hình 3d từ dữ liệu thu nhận bởi máy quét laser Hokuyo UTM 30LX: trường hợp đối tượng nghiên cứu một phòng chức năng của công trình dân dụng. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, 51: 47-55. doi: 10.54491/jgac.2022.51.564.

ABSTRACT

Research on processing and sharing of geospatial data for construction

Luong Ngoc Dung[1,*], Vu Dinh Chieu[2], Duong Cong Hieu[2]
[1]*Hanoi University of Civil Engineering*
[2]*Institute of Geodesy Engineering Technology*

The construction work consists of three phases such as design, construction, and operation management with many geospatial data. Geospatial data about construction projects can include topographic surveys, planning design, construction, and as-built documents,... This study sets requirements for processing and effectively sharing geospatial data information of construction projects for relevant units. The objective of this study is to develop a spatial data system for the experimental area of Hanoi University of Civil Engineering. To achieve the goals, this study has implemented a database of 3D current maps using UAV and 3D design models (H3 lecture hall). Management of construction spatial data has been carried out by establishing data processing procedures, attribute data systems, and 3D model solutions. The research results are displayed on a website, a solution that provides an effective platform to support the management and sharing of construction geospatial data.

Keywords: Geospatial data, BIM, 3D model, web map.

ENGINEERING SURVEYING FOR SUSTAINABLE DEVERLOPMENT - ESSD2023

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ESSD 2023)

Ứng dụng thuật toán truy hồi để thiết kế tối ưu lưới thi công theo độ chính xác

Nguyễn Hà[1, *], Lê Anh Cường[2]

[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường*

TÓM TẮT

Ở giai đoạn thiết kế lưới trắc địa thường đặt ra và giải quyết vấn đề tối ưu hóa phương án thành lập lưới. Trường hợp khi lưới được thiết kế tối ưu theo độ chính xác, bài toán được đặt ra là: Cần xác định phương án lưới có độ chính xác cao nhất với chi phí (thời gian, nhân vật lực, giá thành) cho trước. Hàm mục tiêu được chọn là hàm số thể hiện độ chính xác lưới (có thể coi là sai số tại vị trí yếu nhất của mạng lưới), hệ điều kiện ràng buộc thể hiện chi phí thi công lưới. Trong bài toán khảo sát độ chính xác của các mạng lưới trắc địa, nhiều trường hợp phải thay đổi số đại lượng đo, như bổ sung hoặc giảm bớt các đại lượng đo, khi đó công thức truy hồi cho phép không cần phải lập lại hệ phương trình chuẩn và tính ma trận nghịch đảo từ đầu, nên rất thuận tiện cho việc tính toán thiết kế lưới. Thuật toán tính ma trận nghịch đảo theo công thức truy hồi được trình bày trong bài báo này cho phép ước tính độ chính xác các phương án thành lập lưới một cách nhanh chóng, linh hoạt và dễ dàng thực hiện tính toán thiết kế tối ưu lưới.
Từ khóa: Thiết kế tối ưu, truy hồi, ma trận nghịch đảo, hệ phương trình chuẩn.

1. Đặt vấn đề

Việc thiết kế lưới theo phương pháp tối ưu là một quá trình tính lặp phức tạp, trong đó phải xem xét tới vô số những phương án thiết kế. Do đó, giải pháp phù hợp nhất là áp dụng thuật toán truy hồi, vì thuật toán này cho phép xác định nhanh chóng ma trận trọng số đảo của các ẩn không thông qua việc thành lập hệ phương trình chuẩn. Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết đã xây dựng hệ thống thuật toán và quy trình xử lý số liệu phù hợp trong thiết kế tối ưu mạng lưới theo độ chính xác. Tính đúng đắn của các vấn đề nêu ra đã được kiểm chứng thông qua ví dụ thực nghiệm tối ưu hóa bản thiết kế lưới mặt bằng thi công nhà máy thủy điện Sơn La.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết của thuật toán truy hồi

Công thức truy hồi tính ma trận nghịch đảo được đưa ra theo (Маркузе Ю. И, 1989):

$$Q_i = Q_{i-1} - \frac{Q_{i-1} a_i^T a_i Q_{i-1}}{\frac{1}{p_i} + a_i Q_{i-1} a_i^T} \quad (1)$$

trong đó: a_i và p_i là vector hệ số phương trình số hiệu chỉnh và trọng số của trị đo thứ i. R_i, Q_i là ma trận hệ số hệ phương trình chuẩn và ma trận nghịch đảo tương ứng.

Như v trận hệ số hệ phương trình chu$_i$ v ư v trận hệ số hệ phương trình chuẩn và ma trận nghịch đảo tương ứng.i. Rạp, trong trận nghịch đảo Q của vector tọa độ lưới.

N ư v trận hệ số hệ phương trình chuẩn và ma trận nghịch đảo tương ứng.i. Rạp, trong trận nghịch đảo Q của vector t

$$Q_i = Q_{i-1} - Q_{i-1} A_i (A_i Q_{i-1} A_i^T + P_i^{-1}) A_i Q_{i-1} \quad (2)$$

Ma trận Q_0 xuất hiện khi bắt đầu thực hiện tính toán với trị đo thứ nhất. Có thể xác định ma trận này dựa trên cơ sở suy luận: Giả sử rằng tất cả ẩn số của lưới được đo độc lập với ma trận trọng số P_0. Khi đó, theo lý thuyết bình sai có tính đến sai số số liệu gốc, có thể viết được hệ phương trình chuẩn:

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenha@humg.edu.vn

$$\overline{R} = R + P_0 \tag{3}$$

Tính ma tr ết bình $\overline{R}$ vính ma tr $_0 = P_0^{-1}$. Đi ma tr ết bình sai cóiệc đưa vào lưới các "trị đo ảo" với trọng số gần bằng 0, khi đó $Q_0 = \infty$.E. Đma $t_0 = 10^m$. E vma tr ∞, s vma tr ết bình sai cóiệc đưa v^{-m} có giá tr ết bình sai cóiệc đưa vào lưới các "trị đo

Trong trưr ết bình sai cóiệc đưa vào lưới các "trị đo ảo" vớiảnh hưởng của m. Đrong trưr ết bình sai cóiệc đưa vào lưới các "trị đo ảo" vớ-13 sg trưr ết bình sai cói-6 (Tr(sg trưr ết) là đtrư

Phương pháp bình sai vai cóiệc đưa vào lưới các "trị đo ảo" vớiảnh hưởng của m. g 0, khi đó Qẩn:trên cơ sở suy lng thường ở chỗ: Trong bài toán khảo sát độ chính xác của các mạng lưới trắc địa, nhiều trường hợp phải thay đổi số đại lượng đo, như tăng hoặc giảm bớt các đại lượng đo, khi đó công thức truy hồi cho phép không cần phải lập lại hệ phương trình chuẩn và tính ma trận nghịch đảo từ đầu, nên rất thuận tiện cho việc tính toán thiết kế lưới (Маркузе Ю. И, 1989).

Khi khảo sát độ chính xác lưới, nếu muốn tính ma trận nghịch đảo trong trường hợp rút bớt 1 trị đo bất kỳ, cần sử dụng công thức:

$$Q_{i-1} = Q_i - \frac{Q_i a_i^T a_i Q_i}{-\frac{1}{p_i} + a_i Q_i a_i^T} \tag{4}$$

2.2. Ứng dụng thuật toán truy hồi trong thiết kế tối ưu độ chính xác lưới mặt bằng thi công công trình

2.2.1. Mô hình bài toán thitruy hồi trong thiết kế tối ưu độ c

Đô hình bài toán thitruy hồi trong thiết kế tối ưu độ chính xác lưới mặt bằng thi công công tc định thì độ chính xác lưới phụ thuộc vào số lượng và phân bố vị trí của các đại lượng đo. Bài toán thitoán thitruy hồi trong thiết kế tối ưu độ chính xác lưới mặt bằng thi công

a. Hàm moán thi

Kí hiệu Z là chỉ tiêu độ chính xác lưới (có thể là sai số vị trí điểm, các tham số của Elip sai số hoặc sai số vị trí điểm theo hướng), x_i (i=1,n) các đại lượng đo trong lưới. Khi đó hàm mục tiêu được thể hiện qua công thức:

$$Z = f_1(x_1, x_2, ..., x_n) \rightarrow \text{Min} \tag{5}$$

b. Hệ điều kiện ràng buộc

Ngoài khống chế về chi phí thi công lưới, còn cần đưa thêm một số điều kiện ràng buộc khác để bảo đảm độ tin cậy của mạng lưới (ví dụ khống chế số hướng đo tối thiểu đến các điểm lưới). Nếu bỏ qua một số yếu tố có ảnh hưởng đến thời gian thi công lưới (như thời gian di chuyển đến điểm, điều kiện đo đạc,…) thì có thể coi chi phí thi công là hàm tuyến tính của các đại lượng đo:

$$T = a_1 x_1 + a_2 x_2 + ... + a_n x_n \tag{6}$$

Trong bài báo, chúng tôi thực hiện bài toán thiết kế tối ưu độ chính xác lưới với 2 điều kiện ràng buộc như sau:

$$\left.\begin{array}{l} \text{1- Chi phí thành lập lưới } T = \sum_{i=1}^{m} x_i \text{ (m<n)} \\ \text{2- Số hướng đo đến 1 điểm } \geq V \end{array}\right\} \tag{7}$$

Ngoài điều kiện giới hạn (7), tuỳ theo từng công trình cụ thể mà có thể còn phát sinh thêm một số loại điều kiện giới hạn khác nữa, như các đại lượng đo bắt buộc phải thực hiện, giới hạn về số góc hoặc cạnh đo tại từng điểm lưới,…

2.2.2. Giải pháp xử lý và sơ đồ tính toán

Để thực hiện thiết kế tối ưu độ chính xác lưới, ban đầu mạng lưới được thiết kế với số lượng tối đa các đại lượng đo cần thiết. Sau đó lần lượt giữ lại nhóm đại lượng đo (theo tổ hợp). Với mỗi tổ hợp đại lượng đo (phương án thứ i) sẽ thực hiện bài toán ước tính độ chính xác lưới để trên cơ sở đó xác định sai số điểm yếu theo công thức:

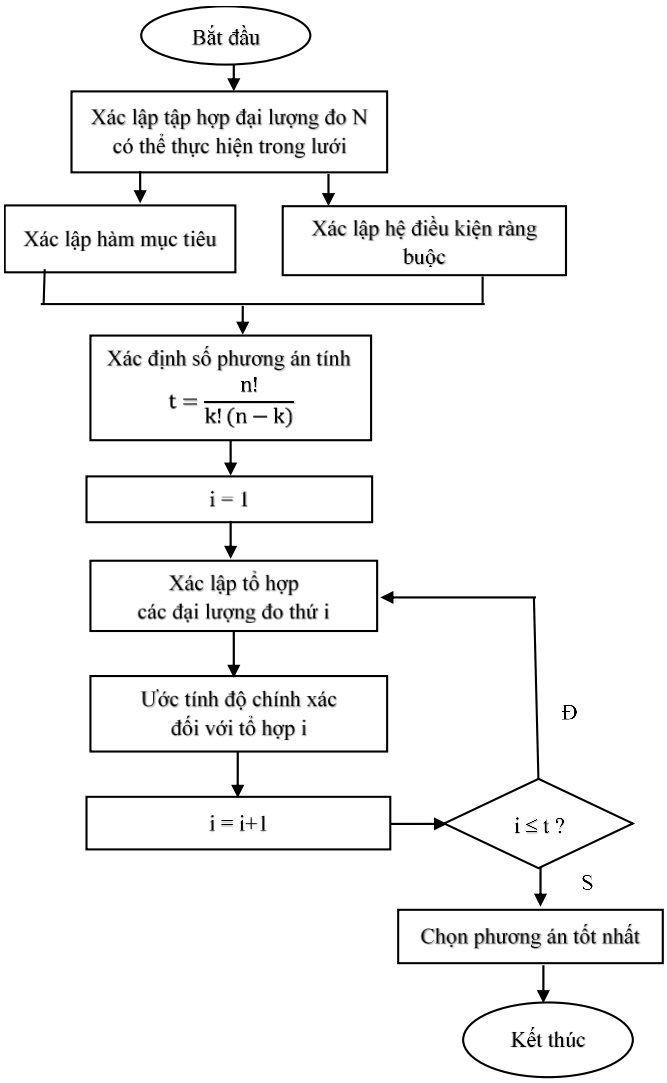
$$m_i = Max(m_1, m_2, ...m_k) \tag{8}$$

So sánh độ chính xác của các phương án để tìm ra một hoặc một nhóm phương án có chi phí thấp nhất. Từ đó, kết hợp với các dữ liệu khác để xác định phương án tối ưu.

No sánh độ chính xác của các phương án để tìm ra một hoặc một nhóm phương án có chi phí thấp nhất. Từ đó, kết hợp với các dữhọn thêm trong số n đại lượng đo còn lại có thể đo được trong lưới, khi đó số lượng phương án cần phải ước tính độ chính xác để lựa chọn phương án có chi phí thấp nhất là:

$$\mathbf{t} = \frac{\mathbf{n!}}{\mathbf{k!(n-k)}} \quad (9)$$

Với phương pháp ước tính lưới theo thuật toán và quy trình thông thường thì việc giải bài toán thiết kế tối ưu với số lượng nhiều phương án như trên là rất phức tạp, hầu như không khả thi. Tuy nhiên, với việc áp dụng thuật toán truy hồi và ứng dụng giải pháp tính toán thông qua công cụ lập trình tính trên máy tính thì xử lý bài toán với nhiều phương án tính không còn là trở ngại đáng kể. Sơ đồ tính toán để thiết kế tối ưu lưới được đưa ra trên Hình 1.



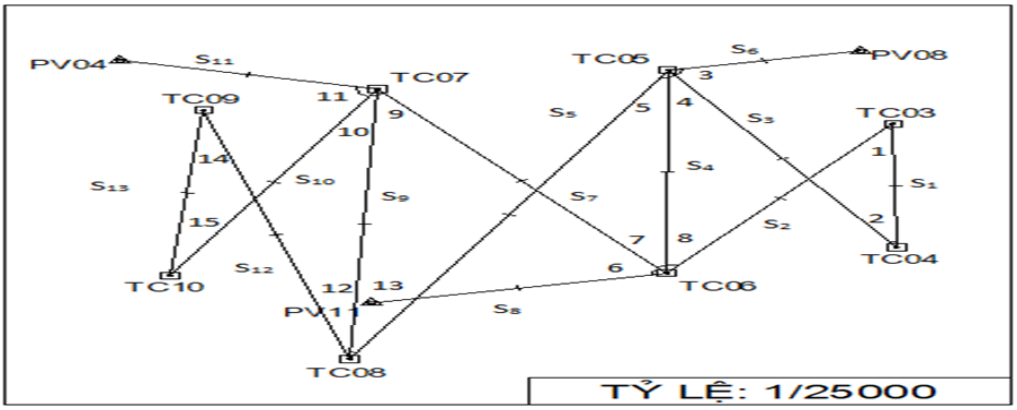
Hình 1. Sơ đồ tính toán thiết kế tối ưu độ chính xác

3. Thực nghiệm tối ưu hóa bản thiết kế lưới

Mạng lưới được đưa ra thiết kế thực nghiệm là lưới mặt bằng thi công nhà máy thủy điện Sơn La thành lập theo phương án tứ giác không đo cạnh biên (Hình 2). Số lượng đại lượng tối đa có thể đo được trong

mạng lưới là 28, trong đó có 15 góc và 13 cạnh, các góc được thiết kế đo với độ chính xác m_β = 1,5", cạnh được thiết kế đo với độ chính xác m_S = 3 mm + 2 ppm. Thủy điện Sơn La thuộc loại công trình cấp 1, do đó yêu cầu độ chính xác cao nhất đối với thi công của công trình này là 1,25 cm.

Trong phương án ban đầu, thực hiện thiết kế lưới với tất cả trị đo có thể. Kết quả tính được đưa ra trong Bảng 1.



Hình 2. Sơ đồ lưới thi công thủy điện Sơn La

Bảng 1. Tọa độ và sai số vị trí điểm thiết kế theo phương án ban đầu

Số TT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)		
		X (m)	Y (m)	Mx	My	Mp
1	TC03	2378572,07	500861,13	0,0051	0,0054	0,0075
2	TC04	2377901,16	500869,37	0,0048	0,0053	0,0072
3	TC05	2378863,31	500372,56	0,0038	0,0041	0,0056
4	TC06	2377761,36	500370,22	0,0040	0,0036	0,0053
5	TC07	2378760,85	499742,23	0,0040	0,0043	0,0059
6	TC08	2377295,61	499682,83	0,0051	0,0079	0,0094
7	TC09	2378645,89	499365,85	0,0060	0,0071	0,0093
8	TC10	2377748,43	499292,16	0,0056	0,0077	0,0094
9	PV04	2378914,80	499183,86	0,0041	0,0049	0,0064
10	PV08	2378965,42	500790,98	0,0028	0,0047	0,0055
11	PV11	2377599,86	499729,46	0,0044	0,0031	0,0054

Coi chi phí thành lập lưới tỷ lệ thuận với số lượng trị đo trong lưới. Bài toán đặt ra là: *Với mỗi mức chi phí cho trước (thể hiện thông qua số lượng trị đo trong lưới) cần xác định một số phương án đạt độ chính xác theo yêu cầu của bản thiết kế.* Tính toán ước tính độ chính xác các phương án thành lập lưới được thực hiện theo thuật toán truy hồi. Để giảm bớt khối lượng tính toán, trong thực nghiệm này đã xác định tập hợp 16 trị đo cần thiết là 13 cạnh và 3 góc nối với 3 điểm định vị, như vậy việc khảo sát chỉ cần thực hiện với 12 góc còn lại. Kết quả ước tính độ chính xác đối với mạng lưới thực nghiệm được tổng hợp như sau:

- *Phương án 1:* Giữ lại ít hơn 5 đại lượng đo, không có trường hợp nào đáp ứng được yêu cầu độ chính xác đối với mạng lưới.

- *Phương án 2:* Giữ lại 5 đại lượng đo, có 793 tổ hợp được khảo sát, trong đó 48 trường hợp đáp ứng được yêu cầu độ chính xác đối với mạng lưới.

- *Phương án 3:* Giữ lại 6 đại lượng đo, có 924 tổ hợp được khảo sát, trong đó 84 trường hợp đáp ứng được yêu cầu độ chính xác đối với mạng lưới.

- *Phương án 4:* Giữ lại 7 đại lượng đo, có 792 tổ hợp được khảo sát, trong đó 272 trường hợp đáp ứng được yêu cầu độ chính xác đối với mạng lưới.

- *Phương án 5:* Giữ lại 8 đại lượng đo, có 495 tổ hợp được khảo sát, trong đó 280 trường hợp đáp ứng được yêu cầu độ chính xác đối với mạng lưới.

- *Phương án 6:* Giữ lại 9 đại lượng đo, có 220 tổ hợp được khảo sát, trong đó 170 trường hợp đáp ứng được yêu cầu độ chính xác đối với mạng lưới.

- *Phương án 7:* Giữ lại 10 đại lượng đo, có 66 tổ hợp được khảo sát, trong đó 61 trường hợp đáp ứng được yêu cầu độ chính xác đối với mạng lưới.

- *Phương án 8:* Giữ lại 11 đại lượng đo, có 12 tổ hợp được khảo sát, trong đó tất cả các tổ hợp đều đáp ứng được yêu cầu độ chính xác đối với mạng lưới.

Trong bảng 2 đưa ra kết quả tính thực nghiệm đối với 4 phương án đã nêu, trong mỗi phương án đưa ra trường hợp có độ chính xác cao nhất.

Bảng 2. Kết quả thực nghiệm thiết kế tối ưu lưới theo độ chính xác

Số TT	Tên điểm	Tọa độ thiết kế (m)		Sai số vị trí (mm)			Elip sai số (mm)		
		x	y	M_{qx}	M_{qy}	M_q	E	F	φ °
Bỏ bớt góc số 2, 4, 5, 7, 10, 12, 13									
1	TC03	2378572,1	500861,1	5,12	6,94	8,62	7,03	4,99	103,2
2	TC04	2377901,2	500869,4	4,83	6,09	7,77	6,19	4,70	74,0
3	TC05	2378863,3	500372,6	3,59	3,48	5,00	3,85	3,19	40,1
4	TC06	2377761,4	500370,2	3,96	3,52	5,30	3,99	3,49	13,3
5	TC07	2378760,9	499742,2	3,94	3,85	5,50	3,95	3,83	159,1
6	TC08	2377295,6	499682,8	5,08	8,71	10,08	8,74	5,02	96,0
7	TC09	2378645,9	499365,9	6,07	8,12	10,14	8,30	5,83	73,0
8	TC10	2377748,4	499292,2	5,50	8,11	9,79	8,12	5,48	94,5
Bỏ bớt góc số 4, 7, 8, 10, 12, 13									
1	TC03	2378572,1	500861,1	5,58	6,35	8,45	6,93	4,84	124,1
2	TC04	2377901,2	500869,4	5,11	6,13	7,98	6,18	5,05	77,5
3	TC05	2378863,3	500372,6	3,51	3,44	4,91	3,74	3,19	41,1
4	TC06	2377761,4	500370,2	3,93	3,47	5,25	3,98	3,42	16,8
5	TC07	2378760,9	499742,2	3.93	3,85	5,50	3,95	3,83	158,8
6	TC08	2377295,6	499682,8	5,04	7,70	9,21	7,72	5,02	95,0
7	TC09	2378645,9	499365,9	6,00	8,12	10,10	8,29	5,76	73,4
8	TC10	2377748,4	499292,2	5,44	7,94	9,62	7,94	5,44	92,7
Bỏ bớt góc số 2, 4, 7, 10, 13									
1	TC03	2378572,1	500861,1	5,12	6,94	8,62	7,03	4,99	103,3
2	TC04	2377901,2	500869,4	4,83	6,06	7,75	6,16	4,69	73,6
3	TC05	2378863,3	500372,6	3,51	3,44	4,91	3,74	3,19	40,9
4	TC06	2377761,4	500370,2	3,93	3,47	5,24	3,98	3,42	16,8
5	TC07	2378760,9	499742,2	3,92	3,84	5,49	3,94	3,82	155,5
6	TC08	2377295,6	499682,8	5,04	7,70	9,21	7,72	5,02	95,0
7	TC09	2378645,9	499365,9	5,89	6,98	9,13	7,09	5,76	72,8
8	TC10	2377748,4	499292,2	5,35	7,83	9,48	7,84	5,32	95,0
Bỏ bớt góc số 2, 4, 7, 13									
1	TC03	2378572,1	500861,1	5,12	6,94	8,62	7,03	4,99	103,3
2	TC04	2377901,2	500869,4	4,83	6,06	7,75	6,16	4,69	73,6
3	TC05	2378863,3	500372,6	3,51	3,43	4,91	3,74	3,19	40,9
4	TC06	2377761,4	500370,2	3,93	3,47	5,24	3,98	3,42	16,7
5	TC07	2378760,9	499742,2	3,75	3,80	5,34	3,91	3,64	130,0
6	TC08	2377295,6	499682,8	5,01	7,61	9,11	7,62	4,99	94,0
7	TC09	2378645,9	499365,9	5,89	6,83	9,02	6,96	5,74	70,8
8	TC10	2377748,4	499292,2	5,33	7,05	8,84	7,06	5,32	93,9

Dựa trên các phương án tốt nhất trong các trường hợp thỏa mãn hàm mục tiêu và hệ điều kiện ràng buộc, dựa vào kinh nghiệm của người thiết kế sẽ chọn ra được một phương án tối ưu nhất có thể triển khai thuận lợi, phù hợp ngoài thực tế.

3. Kết luận

Trên cơ sở phân tích lý thuyết và tính toán thực nghiệm, có thể rút ra một số kết luận sau:

1- Thuật toán tính ma trận nghịch đảo theo công thức truy hồi cho phép ước tính độ chính xác các phương án thành lập lưới một cách nhanh chóng, linh hoạt và dễ dàng thực hiện tính toán thiết kế tối ưu lưới.

2- Khi hàm mục tiêu là độ chính xác lập lưới thì ứng dụng thuật toán bình sai truy hồi cho phép thực hiện nhanh chóng với nhiều phương án lập lưới và cho kết quả là phương án có độ chính xác tốt nhất thỏa mãn các điều kiện ràng buộc trong việc thiết kế tối ưu lưới.

Tài liệu tham khảo

Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng điện 1, 2005. Báo cáo kết quả thành lập lưới tam giác thủy công, thủy điện Sơn La, Hà Nội.

Nguyễn Hà, 2018. Nghiên cứu hoàn thiện phương pháp xây dựng lưới khống chế mặt bằng bảo đảm thi công các công trình thủy điện. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

Trần Khánh, 2010. Ứng dụng công nghệ mới trong trắc địa công trình. Nhà xuất bản Giao thông vận tải.

Nguyễn Quang Phúc, 2006. Nghiên cứu tối ưu hóa thiết kế hệ thống lưới quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

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 sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

Маркузе Ю. И, 1989. Алгаритмы для уравнивания геодезических сетей на ЭВМ, изд-во “недра”, Москва.

ABSTRACT

Application of recursion algorithm in optimal designing of network in accuracy

Nguyen Ha[1, *], Le Anh Cuong[2]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Hanoi University of Natural Resources and Environment*

In the stage of network design, the issue usually cared is optimization of the network establishment plan. In the case of accuracy optimal design, the established network must have the highest accuracy with a given cost (related to time, personnel, cost). The selected objective function is a function of the network accuracy representation (as the error of the weakest position), the constraint conditions show the cost of network construction. In the process of investigating the accuracy of geodetic networks, it is able to change the number of measured values, such as addition or reduction. In order not to reestablish the system of standard equations and calculate the inverse matrix, the recursion formula is a convenient and efficient solution. The algorithm for calculating the inverse matrix according to the recursion formula allows to estimate the accuracy of the network establishment options quickly, flexibly and easily in the optimal design.

Keywords: Optimal design, retrieval, inverse matrix, system standard equations.

Xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển từ số liệu đo cao vệ tinh SENTINEL-3A bằng phương pháp Collocation

Nguyễn Văn Sáng[1, *], Đỗ Văn Mong[2]

[1] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2] *Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển*

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu này là xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển (Sea Level Anomaly - SLA) từ số liệu đo cao vệ tinh trên Biển Đông bằng phương pháp Collocation. Đo cao vệ tinh xác định được độ cao mặt biển, sau khi trừ đi mặt biển trung bình sẽ nhận được dị thường mực nước biển tại các điểm đo. Để xác định dị thường mực nước biển tại các điểm mắt lưới ô vuông, phương pháp Collocation đã được sử dụng. Phương pháp tính toán các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm và xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết đã được nghiên cứu. Với dị thường mực nước biển trên khu vực Biển Đông, hàm hiệp phương sai lý thuyết được lựa chọn là đa thức bậc hai. Trên cơ sở lý thuyết đã được nghiên cứu, chương trình máy tính đã được xây dựng. Kết quả thực nghiệm đã xây dựng được lưới ô vuông dị thường mực nước biển từ số liệu đo cao vệ tinh SENTINEL-3A của chu kỳ 84 với kích thước mắt lưới là 15'×15'; tổng số điểm của lưới là 4941 điểm; giá trị lớn nhất là 0,345 m; nhỏ nhất là -0,239 m; trung bình là 0,058 m; độ chính xác đạt là ±0,076 m.

Từ khóa: Đo cao vệ tinh, dị thường mực nước biển, Biển Đông, SENTINEL-3A.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, đo cao vệ tinh được ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu biển. Từ số liệu đo cao vệ tinh có thể tính được dị thường mực nước biển tại các điểm đo. Dị thường mực nước biển (Sea Level Anomaly - SLA) là chênh lệch giữa mực nước biển tức thời và mực nước biển trung bình. Dị thường mực nước biển sẽ phục vụ việc nghiên cứu sự thay đổi mực nước biển theo mùa, nghiên cứu khí tượng trên biển, cảnh báo sóng thần và nghiên cứu thủy triều. Từ kết quả xác định dị thường mực nước biển đã xác định được động năng của nước biển trên vịnh Mexico có giá trị rất lớn vào thời điểm 10 ngày trước khi siêu bão Katrina đi qua năm 2005; khi sóng thần tại Ấn Độ Dương xảy ra ngày 26/12/2014, các kết quả quan sát của vệ tinh Jason1 (chu kỳ 129) và vệ tinh ENVISAT (chu kỳ 352) đều ghi nhận giá trị lớn của dị thường mực nước biển (ESA, 2009). Ở Việt Nam, đã có những nghiên cứu xác định SLA trên Biển Đông từ số liệu đo cao vệ tinh và mô hình mặt biển trung bình DTU13MSS (Nguyễn Văn Sáng và nnk., 2016).

Để phục vụ các mục đích ứng dụng khác nhau, cần thiết phải xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển từ giá trị SLA tại các điểm đo. Trong địa thống kê, có nhiều phương pháp nội suy như nội suy tuyến tính, nội suy đa thức, nội suy kriging, nội suy trọng số gần nhất, nội suy nghịch đảo khoảng cách trọng số, nội suy hàm spline,… Nghiên cứu này tập trung vào việc ứng dụng phương pháp Collocation, một phương pháp đã được ứng dụng hiệu quả trong trắc địa (Neiman, 2010), để nội suy dị thường mực nước biển cho các điểm mắt lưới ô vuông. Cách tính hiệp phương sai thực nghiệm và xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết cũng được nghiên cứu. Trên cơ sở lý thuyết, chương trình máy tính đã được xây dựng.

Bắt đầu từ những năm 1980, vệ tinh đo độ cao đã được phát triển nhanh chóng và trở thành một công cụ hữu ích cho nghiên cứu biển: 10 dự án đo cao vệ tinh đã hoạt động là: Geosat, ERS-1/2, TOPEX/Poseidon (T/P), Geosat Follow On (GFO), Jason-1/2, Envisat, HY-2A, SPOT; 10 dự án đo cao vệ tinh đang hoạt động là CryoSat, SARAL/AltiKa, Jason-3, SENTINEL-3A/B, CFOSAT, HY-2B/2C, Jason-CS và vệ tinh SWOT. Trong đó, Sentinel-3A được phóng vào ngày 16 tháng 2 năm 2016 và hiện đang hoạt động ở chế độ lặp lại chính xác (ERM) với chu kỳ lặp lại là 27 ngày (ESA, 2023).

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenvansang@humg.edu.vn

Do đó, số liệu của SENTINEL-3A là số liệu mới, phù hợp để nghiên cứu Biển Đông. Bài báo lựa chọn thực nghiệm xây dựng được lưới ô vuông dị thường mực nước biển từ số liệu đo cao vệ tinh SENTINEL-3A của chu kỳ 84. Việc đánh giá độ chính xác của phương pháp cũng được thực hiện.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên lý đo cao vệ tinh và dị thường mực nước biển xác định từ đo cao vệ tinh

Nguyên tắc cơ bản của đo cao vệ tinh như sau: Vệ tinh phát đi một chùm sóng ngắn trong dải sóng rada xuống mặt nước, sóng này phản xạ trở lại và được vệ tinh thu nhận lại. Đo được thời gian lan truyền tín hiệu hai chiều là Δt. Khi đó, độ cao từ vệ tinh đến mặt nước có thể được xác định theo công thức (Rosmorduc et al., 2009):

$$h = c\frac{\Delta t}{2}, \quad (1)$$

trong đó: c là tốc độ lan truyền tín hiệu; Δ*t* là thời gian lan truyền tín hiệu hai chiều; *h* là khoảng cách từ vệ tinh đến mặt biển.

Bởi vì nước phản xạ tốt tín hiệu rada nên phương pháp này đặc biệt phù hợp trên biển và đại dương. Sóng phát từ vệ tinh đến mặt nước không phải là một tia mà là một trùm tia, chiếu lên mặt nước thành một hình tròn có bán kính vài km, được gọi là "Dấu chân - footprint " (Hình 1). Cần phải tính toán hiệu chỉnh mới có được trị đo *h* từ vệ tinh đến mặt biển.

Trên vệ tinh được gắn máy thu GNSS hoặc các hệ thống theo dõi vệ tinh, quỹ đạo vệ tinh được xác định. Nghĩa là, xác định được độ cao trắc địa của vệ tinh (*H*) so với Ellipsoid quy chiếu WGS-84. Khi đó, độ cao mặt biển (SSH - Sea Surface Height) được xác định như sau (Rosmorduc et al., 2009):

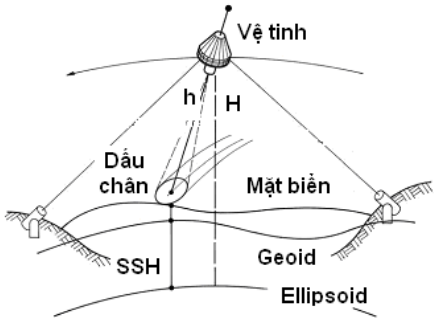
$$SSH = H - h - h_{cor}, \quad (2)$$

trong đó: h_{cor} là các số hiệu chỉnh.

Từ độ cao mặt biển, dị thường mực nước biển được tính theo công thức:

$$SLA = SSH - MSS \quad (3)$$

trong đó: MSS là độ cao mặt biển trung bình, được lấy từ mô hình mặt biển trung bình toàn cầu.



Hình 1. Nguyên lý đo cao vệ tinh (Gunter Seeber, 2003)

2.2. Nội suy dị thường mực nước biển bằng phương pháp Collocation

Để phục vụ các mục đích ứng dụng khác nhau, cần thiết phải xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển từ các giá trị này tại các điểm đo. Công việc này có thể được thực hiện bằng phương pháp nội suy Collocation như sau: Giả sử trong khu vực xét có *n* giá trị dị thường mực nước biển *SLA* = (SLA_1, SLA_2, ..., SLA_n), dị thường mực nước biển tại điểm *P* (điểm mắt lưới) được xác định theo công thức (Neiman, 2010):

$$SLA_P = K^T(i,P).(K(i,j))^{-1}.SLA \quad (4)$$

trong đó: K(i,P) - ma trận hiệp phương sai giữa điểm P và các điểm i đã biết, K(i,j) - ma trận hiệp phương sai giữa điểm i và điểm j trong tập hợp số liệu đã có.

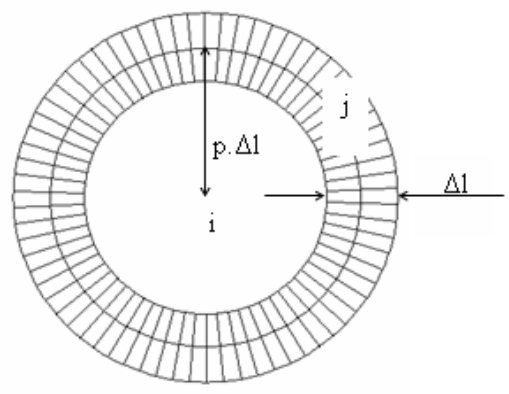
2.3. Tính toán các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm của dị thường mực nước biển

Đối với dị thường mực nước biển, giá trị hiệp phương sai thực nghiệm được tính theo công thức (Neiman, 2010):

$$\begin{cases} K(0) = \frac{1}{n_0}\sum_{i=1}^{n_0} SLA_i^2 \\ K(1.\Delta l) = \frac{1}{n_1}\sum_{m=1}^{n_1} SLA_i.SLA_j \\ K(2.\Delta l) = \frac{1}{n_2}\sum_{m=1}^{n_2} SLA_i.SLA_j \\ \cdots \\ K(k.\Delta l) = \frac{1}{n_k}\sum_{m=1}^{n_k} SLA_i.SLA_j \\ \cdots \\ K(p.\Delta l) = \frac{1}{n_p}\sum_{m=1}^{n_p} SLA_i.SLA_j \end{cases} \quad (5)$$

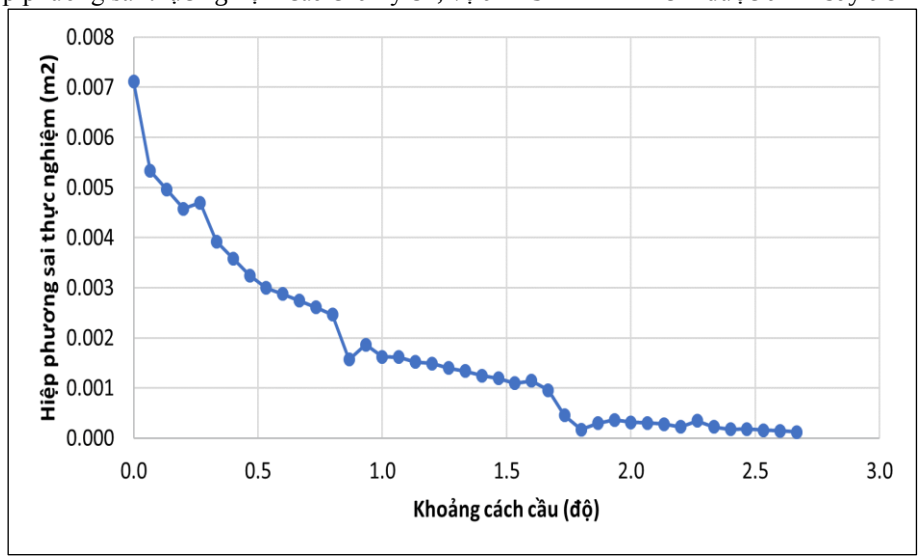
với điều kiện: $$k.\Delta l - \frac{\Delta l}{2} < l_{ij} \le k.\Delta l + \frac{\Delta l}{2}, \quad (6)$$

ở đây ℓ_{ij} - khoảng cách giữa hai điểm i và j; $\Delta\ell$ - khoảng cách gần nhất giữa các điểm. Trong trường hợp này chính là khoảng cách gần nhất giữa các điểm đo cao vệ tinh, đối với số liệu vệ tinh sử dụng ở nghiên cứu này (SENTINEL-3A) nên lấy $\Delta\ell$ = 4'; p - là một số tự nhiên dương phụ thuộc vào độ rộng của khu vực nghiên cứu, đối với Biển Đông p = 30; n_k (k = 1, 2,…, p) - số lượng cặp điểm i và j thỏa mãn điều kiện (6).



Hình 2. Sơ đồ các điểm tính các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm

Điều kiện (6) được biểu diễn trên Hình 2. Từ đây ta thấy, giá trị hiệp phương sai thực nghiệm tính theo công thức (5) chỉ sử dụng những điểm j nằm trên phần gạch chéo.
Đồ thị hiệp phương sai thực nghiệm của chu kỳ 84, vệ tinh SENTINEL-3A được trình bày trên Hình 3.



Hình 3. Đồ thị hiệp phương sai thực nghiệm của chu kỳ 84, vệ tinh SENTINEL-3A

2.4. Xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết của dị thường mực nước biển

Trên cơ sở các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm tính được, ta lựa chọn hàm hiệp phương sai lý thuyết phù hợp. Đối với số liệu dị thường mực nước biển trên khu vực Biển Đông, kết quả tính hiệp phương sai thực nghiệm tại chu kỳ 84 của vệ tinh SENTINEL-3A được thể hiện trong Hình 3. Với đồ thị của hiệp phương sai thực nghiệm này thì hàm hiệp phương sai lý thuyết nên chọn là hàm bậc hai có dạng:

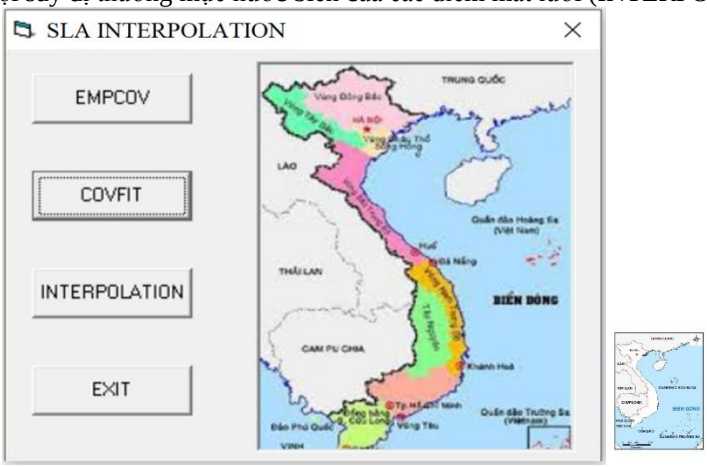
$$K(l) = \theta.l^2 + \alpha.l + \beta, \quad (7)$$

trong đó: ℓ - khoảng cách giữa các điểm; θ, α, β - các tham số cần xác định.

Các ẩn số θ, α và β sẽ được xác định bằng phương pháp số bình phương nhỏ nhất theo các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm tính được theo (5).

2.5. Chương trình máy tính xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển

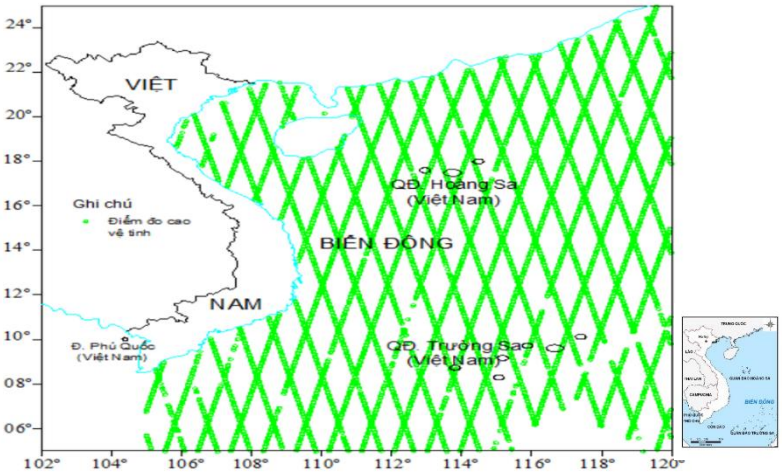
Trên cơ sở lý thuyết trình bày ở trên, chương trình máy tính xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển đã được thành lập. Giao diện của chương trình như Hình 4. Chương trình gồm 3 module: Module tính hiệp phương sai thực nghiệm (EMPCOV); Module xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết (COVFIT); và module nội suy dị thường mực nước biển của các điểm mắt lưới (INTERPOLATION).



Hình 4. Giao diện chương trình xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Khu vực nghiên cứu và số liệu nghiên cứu



Hình 5. Khu vực nghiên cứu và số liệu nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là vùng Biển Đông bao gồm biển Việt Nam và vùng phụ cận, được giới hạn bởi (5^0N, 25^0N) theo vĩ độ và (105°E, 120^oE) theo kinh độ (Hình 5).

Để phục vụ cho mục đích nghiên cứu, chúng tôi đã thu thập số liệu chu kỳ 48 của vệ tinh SENTINEL-3A, thực hiện nhiệm vụ đo ở chế độ "lặp lại chính xác" - ERM (ESA, 2023), đo từ ngày 06/4/2022 đến ngày 03/5/2022. Số điểm đo trên khu vực nghiên cứu là 7417 điểm. Vị trí các điểm đo được thể hiện trên Hình 5. Số liệu được cung cấp bởi AVISO (AVISO, 2023). Số liệu cung cấp ở dạng độ cao mặt biển (Sea Surface Height - SSH). Từ số liệu này, SLA được tính toán bằng cách trừ đi độ cao mặt biển trung bình của mô hình MSS toàn cầu. Độ chính xác của SLA tại các điểm khác nhau được coi là như nhau trong tính toán.

3.2. Kết quả tính hiệp phương sai thực nghiệm và xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết

Kết quả tính hiệp phương sai thực nghiệm và xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết được trình bày trong Bảng 1. Đối với số liệu vệ tinh SENTINEL-3A thì khoảng cách tính phương sai phù hợp là 4' ($\approx 0{,}0667^0$). Để hiệp phương sai tiệm cận đến giá trị 0, cần tính đến 41 giá trị. Khoảng cách ở đây là khoảng cách trên ellipsoid, trên phạm vi nhỏ có thể dùng mặt cầu có bán kính phù hợp để thay thế nên gọi là khoảng cách cầu. Đơn vị của hiệp phương sai là (m^2) theo công thức (5). Đồ thị của hàm hiệp phương sai được trình bày trong Hình 6.

Với đồ thị của phương sai thực nghiệm như Hình 6 (đường màu xanh) thì hàm hiệp phương sai lý thuyết nên chọn là hàm bậc hai là phù hợp. Các giá trị tham số của hàm xác định được là: θ = 0,001126; α = -0,004966; β = 0,005673.

Bảng 1. Kết quả tính hiệp phương sai thực nghiệm và xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết

TT	Khoảng cách cầu (độ)	Hiệp phương sai (m2)			TT	Khoảng cách cầu (độ)	Hiệp phương sai (m^2)		
		Thực nghiệm	Lý thuyết	Độ lệch			Thực nghiệm	Lý thuyết	Độ lệch
1	0,0000	0,007108	0,005673	0,001435	22	1.4000	0,001247	0,000927	0,000320
2	0,0667	0,005329	0,005347	-0,000018	23	1.4667	0,001194	0,000811	0,000383
3	0,1333	0,004957	0,005031	-0,000074	24	1.5333	0,001096	0,000705	0,000391
4	0,2000	0,004574	0,004725	-0,000151	25	1.6000	0,001144	0,000610	0,000534
5	0,2667	0,004694	0,004429	0,000265	26	1.6667	0,000956	0,000524	0,000432
6	0,3333	0,003924	0,004143	-0,000219	27	1.7333	0,000454	0,000448	0,000006
7	0,4000	0,003582	0,003867	-0,000285	28	1.8000	0,000170	0,000382	-0,000212
8	0,4667	0,003244	0,003601	-0,000357	29	1.8667	0,000299	0,000326	-0,000027
9	0,5333	0,002998	0,003345	-0,000347	30	1.9333	0,000362	0,000280	0,000082
10	0,6000	0,002877	0,003099	-0,000222	31	2.0000	0,000313	0,000244	0,000069
11	0,6667	0,002741	0,002863	-0,000122	32	2.0667	0,000300	0,000218	0,000082
12	0,7333	0,002610	0,002637	-0,000027	33	2.1333	0,000280	0,000203	0,000077
13	0,8000	0,002466	0,002421	0,000045	34	2.2000	0,000222	0,000197	0,000025
14	0,8667	0,001566	0,002215	-0,000649	35	2.2667	0,000348	0,000201	0,000147
15	0,9333	0,001867	0,002019	-0,000152	36	2.3333	0,000226	0,000215	0,000011
16	1,0000	0,001622	0,001833	-0,000211	37	2.4000	0,000176	0,000239	-0,000063
17	1,0667	0,001616	0,001657	-0,000041	38	2.4667	0,000184	0,000273	-0,000089
18	1,1333	0,001521	0,001491	0,000030	39	2.5333	0,000159	0,000318	-0,000159
19	1,2000	0,001490	0,001335	0,000155	40	2.6000	0,000144	0,000372	-0,000228
20	1,2667	0,001396	0,001189	0,000207	41	2.6667	0,000119	0,000436	-0,000317
21	1,3333	0,001339	0,001053	0,000286					

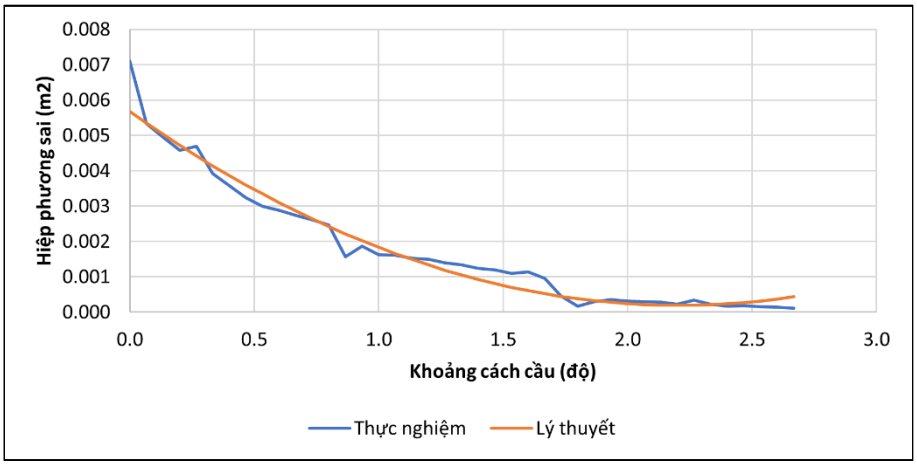
Từ Bảng 1, các thống kê về độ lệch giữa giá trị hiệp phương sai thực nghiệm và lý thuyết đã được tính toán: độ lệch lớn nhất là 0,0014 m; độ lệch nhỏ nhất là -0,0006 m; độ lệch trung bình là 0,0000 m; độ lệch

trung phương là 0,0003 m. Từ kết quả này cho thấy: độ lệch giữa giá trị hiệp phương sai thực nghiệm và lý thuyết rất nhỏ; đồ thị của hiệp phương sai thực nghiệm và lý thuyết rất khớp nhau. Điều này chứng tỏ hàm hiệp phương sai lý thuyết tìm được rất phù hợp với các giá trị thực nghiệm.

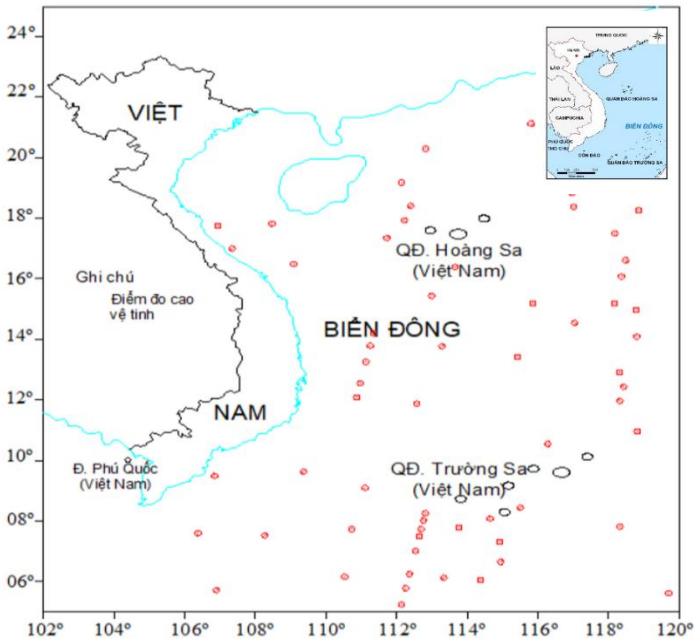
Từ các kết quả xác định hàm hiệp phương sai và số liệu SLA tại các điểm đo, lưới ô vuông SLA trên khu vực nghiên cứu đã được xây dựng với kích thước mắt lưới 15'×15'. Tổng số điểm của lưới là 4941 điểm; giá trị SLA lớn nhất là 0,345 m; nhỏ nhất là -0,239 m; trung bình là 0,058 m.

3.3. Đánh giá độ chính xác

Để đánh giá độ chính xác nội suy, chúng tôi lựa chọn ngẫu nhiên 64 điểm đã biết giá trị SLA của chu kỳ 84 vệ tinh SENTINEL-3A (Hình 7), sau đó tiến hành tính toán nội suy cho các điểm này (giá trị SLA của 64 điểm này không sử dụng để nội suy). Kết quả nội suy được sẽ được so sánh với giá trị đã biết. Độ lệch SLA được trình bày trên Hình 8.

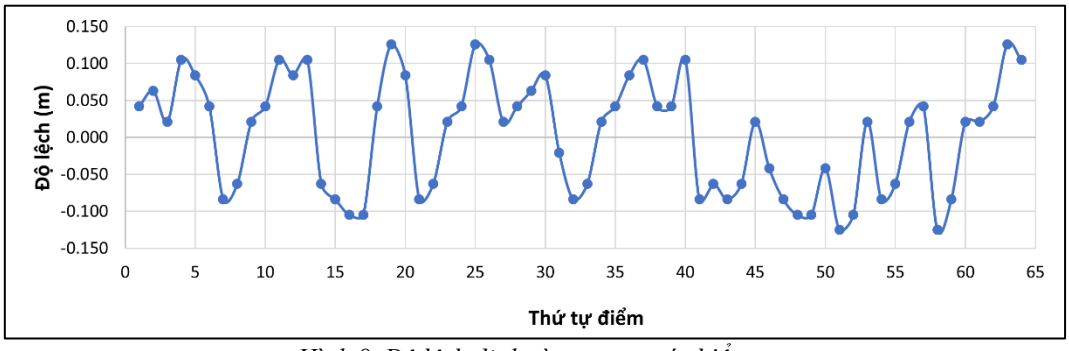


Hình 6. Đồ thị của hàm hiệp phương sai của chu kỳ 84



Hình 7. Sơ đồ phân bố các điểm kiểm tra

Thống kê độ lệch giữa giá trị nội suy được và giá trị đã biết như sau: độ lệch lớn nhất là 0,126 m; nhỏ nhất là -0,125 m; trung bình là 0,004 m; độ lệch trung phương là ±0,076 m.



Hình 8. Độ lệch dị thường mực nước biển

4. Kết luận

Với mục đích xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển từ số liệu đo cao vệ tinh trên Biển Đông, bài báo đã nghiên cứu ứng dụng phương pháp Collocation để nội suy dị thường mực nước biển cho các điểm mắt lưới; trình bày cách tính hiệp phương sai thực nghiệm và xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết. Đối với dị thường mực nước biển nên chọn hàm hiệp phương sai lý thuyết là hàm bậc hai.

Trên cơ sở lý thuyết được nghiên cứu, chương trình máy tính đã được thiết lập để tự động hóa việc tính toán. Chương trình máy tính gồm giao diện chính và 3 module: Module tính hiệp phương sai thực nghiệm; Module xác định hàm hiệp phương sai lý thuyết và module nội suy dị thường mực nước biển của các điểm mắt lưới. Qua đánh giá, khẳng định chương trình thực hiện chính xác. Phương pháp Collocation là phù hợp với bài toán này.

Nghiên cứu cũng đã thực nghiệm xây dựng lưới ô vuông dị thường mực nước biển số liệu chu kỳ 84 của vệ tinh SENTINEL-3A, thực hiện nhiệm vụ đo ở chế độ "lặp lại chính xác", đo từ ngày 06/4/2022 đến ngày 03/5/2022 trên Biển Đông. Lưới ô vuông SLA có kích thước mắt lưới là 15'×15'; tổng số điểm của lưới là 4941 điểm; giá trị lớn nhất là 0,345 m; nhỏ nhất là -0,239 m; trung bình là 0,058 m; độ chính xác đạt là ±0,076 m.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được sự hỗ trợ của Hợp đồng khoa học mã số: 07/2021/Đ6-DATS thuộc dự án Điều tra tổng hợp khí tượng, các yếu tố hải dương, địa chất, môi trường vùng biển Trường Sa tỷ lệ 1:200.000.

Tài liệu tham khảo

AVISO, 2023. https://www.aviso.altimetry.fr

ESA, 2023. https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-3.

ESA, 2009. Basic Radar Altimetry Toolbook User Manual. Website http://earth.eo.esa.int/.

Gunter Seeber, 2003. Satellite Geodesy. Walter de Gruyter. Berlin. New York.

Neiman Y.M., 2010. Phương pháp hiệp phương sai trong trắc địa vật lý và Collocation, Matxcơva (tiếng Nga).

Nguyễn Văn Sáng, Lê Thị Thanh Tâm, Vũ Văn Trí, Trần Thị Thu Trang, Phạm Văn Tuyên, 2016. Xác định dị thường mực nước biển trên Biển Đông bằng số liệu đo cao vệ tinh. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất (số 55, tr 66-71), Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội. ISSN: 1859-1469.

Rosmorduc V., Benveniste J. et al., 2018. Radar altimetry tutorial. ESA, Cnes(3a), p. 357.

Rosmorduc V., Benveniste J., Lauret O., Maheu C., Milagro M., Picot N., Benveniste J. and Picot N. Editors, 2009. Radar Altimetry Tutorial. ESA and CNES. 342 p.

ABSTRACT

Constructing a grid of the sea level anomalies from satellite altimeter data of SENTINEL-3A using the Collocation method

Nguyen Van Sang[1, *], Do Van Mong[2]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Vietnam's People Naval Hydrographic and Oceanographic Department, Vietnam*

The purpose of this study is to construct a grid of the Sea Level Anomaly from satellite altimeter data over the East Sea. The satellite altimeter determines the sea surface height, after subtracting the mean sea surface, the sea level anomaly will be obtained at the measurement points. To determine the sea level anomalies at the grid points, the Collocation method was used. The method of calculating the experimental covariance values and determining the theoretical covariance function have been studied. For the sea level anomaly over the East Sea, the theoretical covariance function is chosen as a quadratic polynomial. On the basis of the studied theory, the computer program has been built. In the experimental results, the grid of sea level anomalies from satellite altimeter data of SENTINEL-3A of the period 84 was built, with mesh size of 15'×15'; the total points of the grid is 4941; the maximum value is 0.345 m; the smallest is -0.239 m; average is 0.058 m; the accuracy is ±0.076 m.

Keywords: Altimetry, Sea Level Anomalies, East Sea, SENTINEL-3A.

Nghiên cứu khả năng sử dụng Lidar phân khúc thấp AA450 trong khảo sát công trình giao thông hiện hữu

Nguyễn Việt Hà[1, *], Vũ Ngọc Quang[2], Đồng Văn Huyên[2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải*
[3]*Công ty TNHH đầu tư dịch vụ Phương Linh*

TÓM TẮT

Bài báo là một nghiên cứu và đánh giá bước đầu về sử dụng cảm biến Lidar phân khúc lắp đặt trên thiết bị bay không người lái trong thu thập số liệu đường giao thông. Nghiên cứu sử dụng cảm biến Lidar Alpha Air AA450, dòng sản phẩm quét đầu tiên của hãng CHC Navigation tại Việt Nam trên máy bay DJI Matric M300 và quét khu bay có chiều dài 175 m, rộng 110 m, tổng chiều dài ca bay là 1804 m ở độ cao 80 m, tốc độ bay là 7 m/s. Số liệu bay quét được xử lý bằng phần mềm Copre, phiên bản đầu tiên đi theo thiết bị trong cả hai trường hợp là sử dụng và không sử dụng điểm khống chế mặt đất để hiệu chỉnh. Kết quả từ point cloud được trích xuất và so sánh với 264 điểm kiểm tra bằng phương pháp GNSS-RTK trạm đơn cho thấy số lượng điểm trong cả hai trường hợp xử lý có độ lệch độ cao nhỏ hơn 10 cm là 142 và 230 điểm (53,8 % và 87,1 %), từ 10 cm đến 20 cm là 109 và 23 điểm (41,3 % và 8,7 %), từ 20 cm đến 30 cm là 11 và 10 điểm (4,2 % và 3,8 %), từ 30 đến 40 cm là 2 và 0 điểm (0,8 % và 0,0 %).

Từ khóa: Lidar AA450, gnss-rtk, Copre, UAV M300.

1. Đặt vấn đề

Sự phát triển của các công nghệ mới cho phép các kỹ sư khảo sát có thêm nhiều hướng tiếp cận để giải quyết nhiệm vụ khảo sát bao gồm GNSS, thiết bị bay không người lái và giải pháp Lidar. Liên quan tới giải pháp GNSS, các ứng dụng đầu tiên đã được giới thiệu những năm 1990 (Heo et al., 2009) với các phương thức kết nối khác nhau giữa máy base và rover. Theo thời gian, phương pháp GNSS-RTK đã có nhiều cải thiện từ đo động thời gian thực trạm đơn tới đo động với mạng lưới trạm tham chiếu hoạt động liên tục giúp tăng độ ổn định và độ chính xác (El-Mowafy, 2012; Cina et al., 2015) và hiện đã trở thành một trong những phương pháp chính trong các ứng dụng khảo sát, đặc biệt trong khảo sát, hiện chỉnh bản đồ đất đai (Xu, 2012). Tuy nhiên, một trong những nhược điểm lớn nhất là rất khó để đạt lời giải fix khi đo đạc ở những vị trí khó khăn như dưới tán cây, gần các toà nhà cao tầng mặc dù đã có nhiều sự cải thiện về phần cứng và phần mềm (Bakuła et al., 2011), thậm chí là không thể đạt lời giải fix trong một số trường hợp hay không thể tiếp cận để đo đạc.

Liên quan đến khả năng tiếp cận các khu vực khó, thiết bị bay không người lái trở thành sự lựa chọn thay thế để thực hiện nhiệm vụ nhờ khả năng tự động trong thiết kế, vận hành, thu thập và xử lý số liệu. Nghiên cứu của tác giả Hằng và cộng sự (Hằng và cs., 2022) chỉ ra rằng giải pháp UAV có hiệu quả cao trong xác định kích thước và thể tích bể chứa nổi khi so sánh kết quả đo từ chế độ đo không gương của máy toàn đạc điện tử. Đồng thời, UAV cũng là một lựa chọn tốt trong giám sát chất lượng bề mặt đường (Hằng, 2018) hay giải quyết tranh chấp đất đai ở cấp xã (Anh et al., 2021). Các kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng UAV được sử dụng rộng rãi trong công tác bảo trì đường bộ với độ chính xác cao (Zhang, 2010; Zhang et al., 2012).

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenvietha@humg.edu.vn

Giai đoạn 2007-2020 có sự gia tăng mạnh mẽ về số lượng các nghiên cứu, ứng dụng giải pháp UAV trong quản lý và giám sát kết cấu hạ tầng giao thông (Feroz et al., 2021; Kapoor et al., 2021) nhờ những tiến bộ trong các kỹ thuật phân tích hình ảnh. Tuy nhiên, tương tự như giải pháp GNSS-RTK, UAV cũng gặp khó khăn giải quyết bài toán tiếp cận điểm mặt đất trước những khu vực có cây với mật độ dày. Lúc này, bài toán khảo sát trở nên thử thách hơn cả và giải pháp lidar trở thành lựa chọn mới.

Các ứng dụng của Lidar có sự phát triển mạnh mẽ trong giai đoạn từ 2008 đến 2018 (Wang et al., 2019) với các ứng dụng cho thành phố thông minh (Guo et al., 2011; Kostrikov, 2019), quan trắc môi trường (Rusu et al., 2008; Boyko et al., 2011) và trở nên ngày càng phổ biến trong thu thập số liệu bề mặt đường (Guan et al., 2016; Yadav et al., 2018; Li et al., 2019). Gần đây, sự cải tiến của Lidar cho phép thu nhỏ kích thước, tích hợp GNSS và có thể được vận hành độc lập trên các thiết bị bay không người lái cỡ nhỏ, mang lại sự tiện lợi và gọn nhẹ cho kỹ sư vận hành. Lidar hiện được phân chia thành các phân khúc cao cấp, trung bình và phân khúc thấp. Trong đó, để phân biệt giữa các phân khúc, các yếu tố như dải quét tối đa, sự đa dạng trong nền tảng vận hành (UAV, ô tô, ba lô đeo lưng), độ chính xác, số lần phản xạ, GNSS tích hợp, công nghệ IMU, hệ thống laser, mật độ điểm, các thông số độ chính xác,… là yếu tố chính. Về mặt giá thành, phân khúc thấp mang đến cơ hội tiếp cận và đầu tư nhiều hơn cho người dùng cuối với mức đầu tư hợp lý mà vẫn đáp ứng nhu cầu công việc.

Trong khi giải pháp GNSS-RTK và UAV đã phần nào khẳng định được độ tin cậy và độ chính xác, các thiết bị lidar hàng không và lidar di động trên xe ô tô đã được ứng dụng nhiều, lidar cỡ nhỏ vận hành trên máy bay không người lái là một dòng sản phẩm còn khá mới trên thị trường, chưa có nhiều nghiên cứu, thực nghiệm, đặc biệt trong thu thập số liệu bề mặt đường hiện hữu. Bài báo nghiên cứu, đánh giá độ chính xác của Lidar AA450 khi vận hành trên thiết bị DJI M300, làm cơ sở để lựa chọn phương pháp và thiết bị phù hợp khi thực hiện nhiệm vụ khảo sát.

2. Địa điểm, thiết bị và quy trình thực nghiệm

2.1. Địa điểm

Khu vực thực nghiệm là một đoạn đường nhựa khoảng 700 m thuộc khu công nghệ cao Láng Hòa Lạc, xã Tân Xã, huyện Thạch Thất, Hà Nội.



Hình 1. Khu vực thực nghiệm

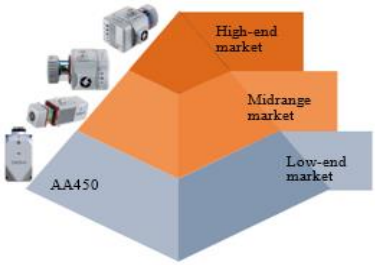
2.2. Thiết bị thực nghiệm

Nghiên cứu sử dụng thiết bị AA450 của hãng CHC navigation, đây là dòng sản phẩm quét đầu tiên của CHC trên thị trường Việt Nam. AA450 là một sản phẩm tích hợp tất cả trong một bao gồm các module định vị GNSS, máy ảnh độ nét cao và một máy quét (Hình 2). AA450 sử dụng laser cấp độ 1 theo tiêu chuẩn IEC60825-1 :2014.



Hình 2. Lidar AA450

AA450 được thiết kế, chế tạo để định hướng tới người dùng cuối cùng ở phân cấp thấp nhất (Hình 3), có khả năng vận hành độc lập và không phụ thuộc vào các module định vị của máy bay DJI M300. Trong các tác vụ bay, quét, máy bay DJI M300 thực hiện hai nhiệm vụ là vật mang AA450 theo các dải bay được thiết kế sẵn, cung cấp nguồn điện cho thiết bị AA450 và đảm bảo an toàn bay bằng các cảm biến sẵn có trên DJI M300.



Hình 3. Phân khúc Lidar AA450

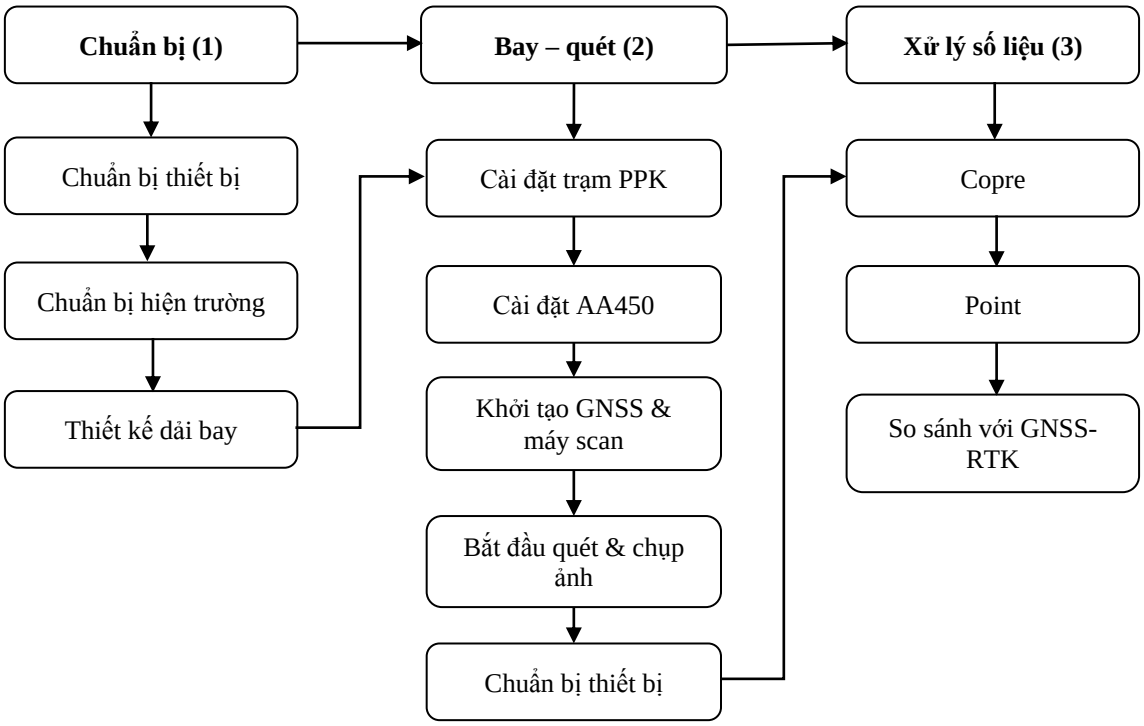
2.3. Quy trình thực nghiệm

Quy trình vận hành thiết bị Lidar AA450 được chia thành 3 bước bao gồm quá trình chuẩn bị, bay quét và xử lý số liệu. Trong bước chuẩn bị, Lidar AA450 lắp đặt trên máy bay DJI M300 như Hình 4.



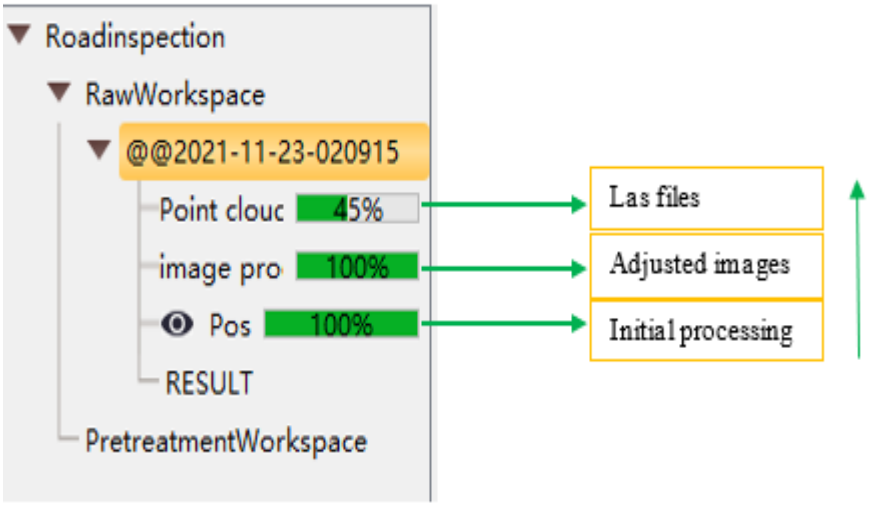
Hình 4. Lidar AA450 trên DJI M300

Trong phần thiết kế dải bay, phương pháp chọn từng điểm đánh dấu của dải bay trên màn hình điều khiển là yêu cầu bắt buộc. Trong đó, AA450 bắt buộc phải được bay theo một dải bay hình số 8 trong giai đoạn đầu tiên để thiết bị tiến hành tự hiệu chỉnh bù nghiêng IMU (CHCNAV, 2021). Trạm base PPK có thể sử dụng bất kỳ máy thu nào, với tần suất thu tín hiệu đo tĩnh tối thiểu là từ 2 Hz đến 5 Hz để đồng bộ với module GNSS tích hợp trong AA450. Trong nghiên cứu này, máy thu GNSS-CHCi50 được sử dụng làm trạm base đo tĩnh và đồng thời để đo các điểm kiểm tra. Các điểm kiểm tra được đo bằng phương pháp GNSS-RTK trạm đơn ở khoảng cách 14 km. Các điểm kiểm tra được thực hiện sau khi kết thúc toàn bộ quá trình bay quét. Toàn bộ quy trình vận hành Lidar AA450 được thể hiện trong Hình 5.



Hình 5. Quy trình vận hành của Lidar AA450

Kết thúc quá trình bay, toàn bộ số liệu chụp, quét được trút ra máy tính và tiến hành xử lý bằng phần mềm Copre (Hình 6) theo cả hai phương thức có và không có điểm khống chế.

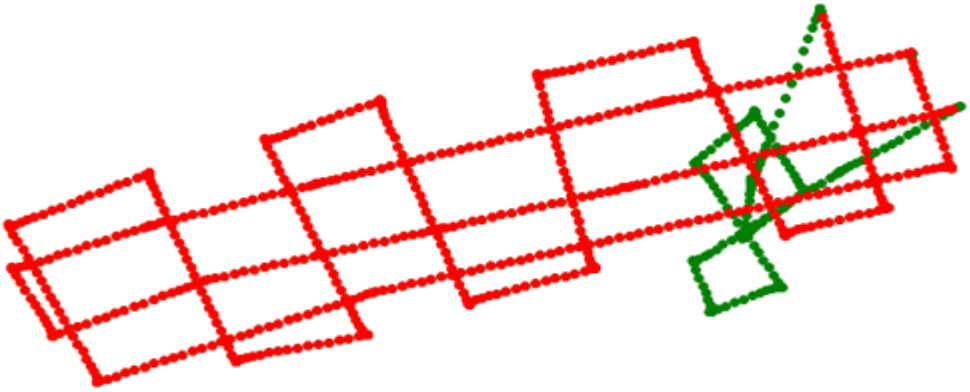


Hình 6. Xử lý số liệu trên Copre

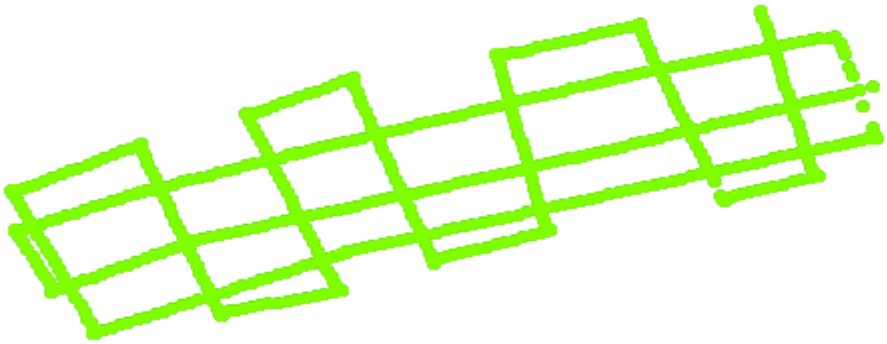
Quá trình xử lý trên Copre, theo trình tự tính toán bình sai tâm ảnh theo phương pháp PPK, xử lý bình sai tâm ảnh và sau cùng là tính toán, khởi tạo đám mây điểm. Kết quả của phần mềm Copre là các ảnh sau bình sai, các tệp đám mây điểm dưới định dạng *.las.

3. Kết quả thực nghiệm

Số liệu bay chụp và quét được đưa vào xử lý trên phần mềm Copre và loại bỏ dải bay số 8 để hiệu chỉnh IMU (Hình 7, 8).



Hình 7. Dải bay ban đầu

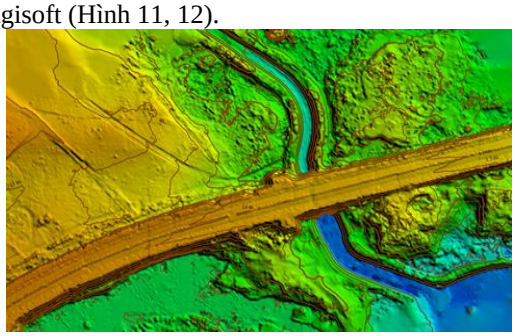


Hình 8. Dải bay sau xử lý và loại bỏ dải bay số 8

Kết quả xử lý bằng phần mềm Copre được dữ liệu đầu ra các đám mây điểm dưới định dạng file *.las (Hình 9, 10) và các tấm ảnh được xử lý trên phần mềm Agisoft (Hình 11, 12).



Hình 9. Đám mây điểm



Hình 10. Mô hình DEM

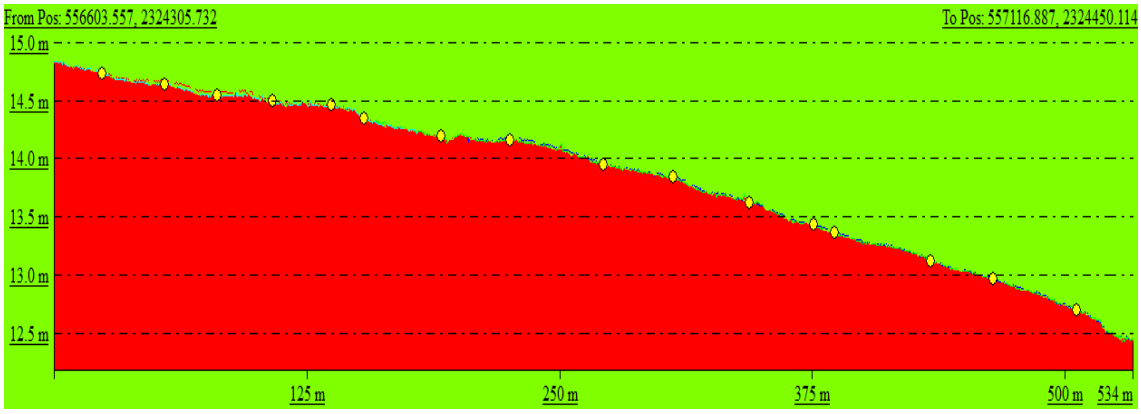


Hình 11. Ảnh 3D

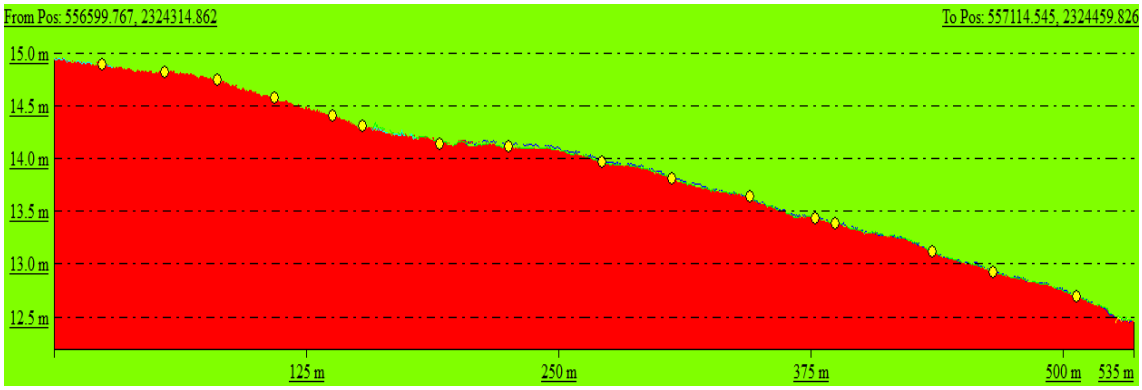


Hình 12. Ảnh trực giao

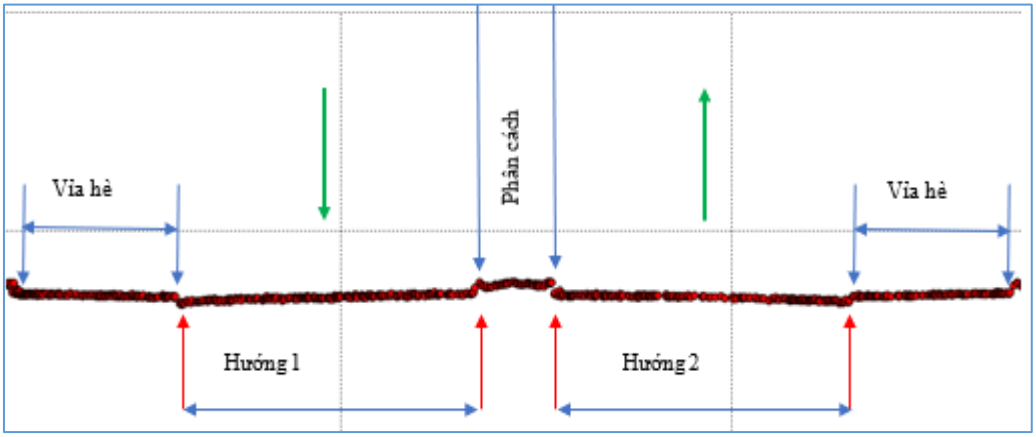
Các tệp đám mây điểm được sử dụng để trích xuất mặt cắt dọc (Hình 13, 14) hai bên đoạn đường và mặt cắt ngang đại diện (Hình 15).



Hình 13. Mặt cắt dọc 1



Hình 14. Mặt cắt dọc 2



Hình 15. Mặt cắt ngang đại diện

264 điểm kiểm tra bằng phương pháp GNSS-RTK trạm base đơn ở khoảng cách 7 km được đưa vào đám mây điểm để trích xuất cao độ trong cả hai trường hợp có và không sử dụng điểm khống chế. Sử dụng chức năng kiểm định độ cao trong phần mềm Coprocess là giải pháp phần mềm đồng bộ với thiết bị độ cao của các điểm kiểm tra bằng phương pháp GNSS-RTK và từ đám mây điểm trong cả hai trường hợp thể hiện trong Bảng 1.

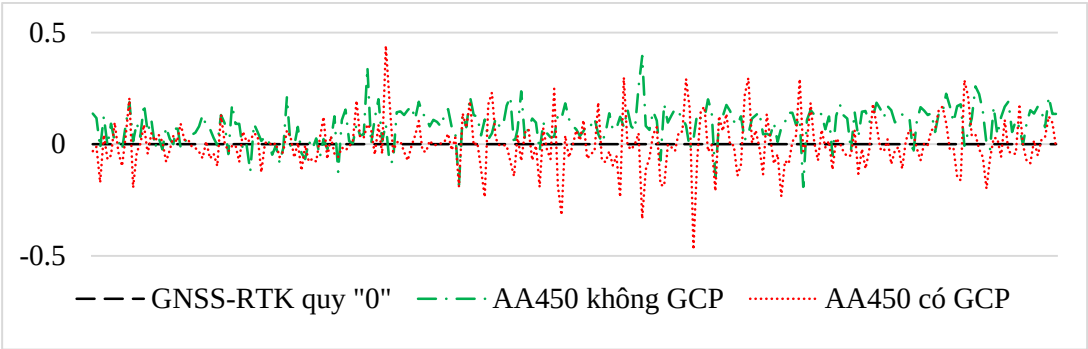
Bảng 1. Độ cao các điểm kiểm tra theo 03 phương pháp

STT	H^1 (GNSS-RTK) (m)	H^2 (Không GCP) (m)	H^3 (Có GCP) (m)	H^2- H^1 (m)	H^3- H^1 (m)
1	12.528	12.665	12.497	0,137	-0,031
2	12.531	12.648	12.52	0,117	-0,011
3	12.634	12.616	12.462	-0,018	-0,172
4	12.533	12.657	12.575	0,124	0,042
5	12.601	12.595	12.534	-0,006	-0,067
6	12.361	12.453	12.311	0,092	-0,05
7	12.292	12.304	12.389	0,012	0,097
8	12.325	12.34	12.289	0,015	-0,036
..	…	..	…	…	…
261	15.081	15.157	15.114	0,076	0,033
262	15.164	15.376	15.288	0,212	0,124
263	15.263	15.399	15.359	0,136	0,096
264	15.29	15.426	15.278	0,136	-0,012
Độ lệch lớn nhất				0,395	0,441
Độ lệch nhỏ nhất				-0,191	-0,471
Độ lệch chuẩn				0,080	0,107

Các kết quả thống kê được thể hiện Bảng 2. Giá trị độ cao của phương pháp GNSS-RTK được đưa về giá trị 0 để có cái nhìn tổng quan. Độ lệch độ cao trong hai trường hợp sử dụng và không sử dụng điểm khống chế được thể hiện trong Hình 16.

Bảng 2. Bảng tổng hợp, thống kê so sánh với GNSS-RTK

Tiêu chí	Không GCP	Có GCP	Ghi chú
Giá trị lệch lớn nhất (m)	0,395	0,441	Gần giải phân cách, đỉnh mép taluy
Giá trị lệch nhỏ nhất (m)	-0,191	-0,471	Gần giải phân cách, đỉnh mép taluy
Độ lệch chuẩn (m)	0,080	0,107	
⩽ 10 cm	142 điểm (53,8 %)	230 điểm (87,1 %)	
(10:20] cm	109 điểm (41,3 %)	23 điểm (8,7 %)	
(20:30] cm	11 điểm (4,2 %)	10 điểm (3,8 %)	
(30:40] cm	2 điểm (0,8 %)	0 điểm (0 %)	
> 40 cm	0 điểm (0 %)	1 điểm (0,4 %)	
Tổng	264 (100 %)	264 (100 %)	



Hình 16. So sánh độ lệch cao độ giữa GNSS-RTK và AA450

4. Thảo luận

Việc vận thiết bị AA450 là khá đơn giản với chỉ một nút duy nhất sử dụng cho cả module GNSS, máy chụp ảnh và máy quét. Tuy nhiên vẫn còn tồn tại một số vấn đề cần phải cải tiến trong phiên bản cao hơn. Dải bay hiệu chỉnh IMU là khá dài (khoảng 320 m) trong khi số liệu quét và chụp trong dải bay số 8 này là không khai thác được, dẫn đến sự lãng phí về mặt số liệu, nguồn năng lượng từ pin và bộ nhớ lưu trữ.

Thời gian 5 phút cho khởi tạo của GNSS, quét và chụp là thời gian khá dài. Thêm nữa thời điểm để bắt đầu và kết thúc vận hành AA450 là không thể chủ động được. Đây là một nhược điểm lớn dẫn đến sự lãng phí nguồn điện do AA450 sử dụng pin của máy bay M300 để hoạt động, ảnh hưởng tới thời gian, hiệu suất công việc.

Việc thiết kế dải bay theo phương pháp đánh dấu điểm (waypoint) là nhược điểm lớn do thiết bị AA450 chưa đồng bộ được với điều khiển của thiết bị bay. Điều này dẫn đến khoảng cách các dải bay không đều, độ phủ không đều như trong Hình 7, 8. Quá trình bay, quét cũng chưa thể quan sát được màn hình trực quan trên điều khiển như các thiết bị bay khác.

Về mặt xử lý số liệu và kết quả, công tác xử lý tự động, nhanh chóng, mật độ điểm dày đặc. Đây là một lợi thế lớn của giải pháp lidar nói chung và AA450 nói riêng. Kết quả khi không sử dụng và có sử dụng điểm khống chế để hiệu chỉnh có sự khác biệt đáng kể. Kết quả ở Bảng 2 cho thấy tỷ lệ điểm có sai lệch nhỏ hơn hoặc bằng 10 cm giảm từ 53,8 % lên 87,1 %, tăng hơn 33 %. Một kết quả tương tự đối với phạm vi từ 10 cm đến 20 cm và từ 20 cm đến 30 cm nhưng với tỷ lệ nhỏ hơn.

Cũng thông qua kết quả trong bảng số 2. Chất lượng kết quả được cải thiện đáng kể khi có sử dụng điểm khống chế để hiệu chỉnh, tuy nhiên độ lệch chuẩn sau khi sử dụng điểm khống chế lại đang lớn hơn so với không sử dụng điểm khống chế (0,107 m so với 0,080 m). Đặc biệt nhìn vào khoảng cách biên độ giữa giá trị lớn nhất và nhỏ nhất, khi sử dụng điểm khống chế lại có biên độ lớn hơn. Nguyên nhân có thể là do tại các điểm kiểm tra như chân taluy, mép dải phân cách bị ảnh hưởng bởi nhiễu từ địa vật khác như cây, cỏ xung quanh.

Các nội dung về khả năng tiếp cận điểm mặt đất trong các khu vực có cây cối, thực phủ cần được tiếp tục nghiên cứu và đánh giá trong các nghiên cứu tiếp theo.

5. Kết luận

Nghiên cứu về khả năng của thiết bị AA450 trong thu thập số liệu mặt đường hiện hữu đã được thực hiện trên một phạm vi nhỏ nhưng khá chi tiết. Kết quả về độ chính xác chưa cho thấy sự phù hợp giữa các thông số kỹ thuật và kết quả sau xử lý ngoài thực địa. Thiết bị Lidar AA450 và cả giải pháp phần mềm đều là phiên bản đầu tiên, kết quả đánh giá là cơ sở để phát triển và cải tiến nhiều hơn nữa trong những phiên bản sau.

Nghiên cứu thực nghiệm cũng là cơ sở để lựa chọn thiết bị, phương pháp vận hành và xử lý số liệu cho các kỹ sư khảo sát trong bài toán khảo sát nói chung và đánh giá tình trạng mặt đường nói riêng.

Lời cảm ơn

Các tác giả xin cảm ơn Công ty cổ phần Công nghệ Nguyễn Kim đã hỗ trợ thiết bị Lidar, thiết bị bay UAV DJI M300 và thiết bị GNSS-RTK.

Tài liệu tham khảo

Trần Trung Anh và nkk. Xử lý tranh chấp đất đai dưới sự trợ giúp của ảnh chụp từ máy bay không người lái. Hội nghị khoa học quốc gia về công nghệ địa không gian trong khoa học Trái đất và môi trường, pp. 189-195.

Bakuła M., Pelc-mieczkowska, R., 2011. Reliable Technology of GNSS/RTK Positioning in Severe Observational Conditions. Report on Geodesy, **2**, 67-73.

Boyko A., Funkhouser T., 2011. Extracting roads from dense point clouds in large scale urban environment. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, **66**, 1-12.

CHCNAV, 2021. CHCNAV AlphaAir450.

Cina A., Dabove P., Manzino A.M., Piras M., 2015. Network Real Time Kinematic (NRTK) Positioning - Description, Architectures and Performances. Satellite Positioning - Methods, Models and Applications. InTech, pp. 23-45.

El-Mowafy A., 2012. Precise Real-Time Positioning Using Network RTK. Global Navigation Satellite Systems: Signal, Theory and Applications. InTech, pp. 161-187.

Feroz S., Dabous S.A., 2021. UAV‐Based Remote Sensing Applications for Bridge Condition Assessment. Remote Sensing, **13**, 1-38.

Guan H., Li, J.; Cao S.; Yu Y., 2016. Use of mobile LiDAR in road information inventory: a review. International Journal of Image and Data Fusion, **7**, 219-242.

Guo L.; Chehata N.; Mallet C.; Boukir S., 2011. Relevance of airborne lidar and multispectral image data for urban scene classification using Random Forests. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, **66**, 56-66.

Hoàng Thị Hằng., 2018. Ứng dụng máy bay không người lái (UAV) trong giám sát chất lượng mặt đường bộ, thí điểm tại một số đoạn trên Quốc lộ 6 thuộc tỉnh Hòa Bình. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, **15**, 86-94.

Hoàng Thị Hằng và nnk., 2022. Nghiên cứu ứng dụng máy bay không người lái trong xác định kích thước và thể tích bể chứa nổi. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, **16**, 7-20.

Heo Y., Li, B., Lim S., Rizos C., 2009. Development of a network real-time kinematic processing platform. 22nd International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, Vol 6. pp. 3647-3655.

Kapoor M.; Katsanos E.; Nalpantidis L.; Winkler J.; Thöns S., 2021. Structural Health Monitoring and Management with Unmanned Aerial Vehicles Review and Potentials.

Kostrikov S., 2019. Urban remote sensing with lidar for the Smart City Concept implementation. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series 'Geology. Geography. Ecology', **50**, 101-124.

Li Z., Cheng C., Kwan M. P., Tong X., Tian S., 2019. Identifying asphalt pavement distress using UAV lidar point cloud data and random forest classification. International Journal of Geo-Information, **8**, 1-26.

Rusu R. B., Marton Z. C., Blodow N., Dolha M., Beetz M., 2008. Towards 3D Point cloud based object maps for household environments. Robotics and Autonomous Systems, **56**, 927-941.

Wang Y., Chen Q., Zhu Q., Liu L., Li C., Zheng D., 2019. A survey of mobile laser scanning applications and key techniques over urban areas. Remote Sensing, **11**, 1-20.

Xu H., 2012. Application of GPS-RTK technology in the land change survey. International Workshop on Information and Electronics Engineering (IWIEE), Vol 29. pp. 3454-3459.

Yadav M.; Lohani B.; Singh A. K., 2018. Road surface detection from mobile lidar data. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, pp. 95-101.

Zhang C., 2010. Monitoring the condition of unpaved roads with remote sensing and other technology. Final Report US DOT DTPH56-06-BAA-0002, 1-53.

Zhang C.; Elaksher A., 2012. An unmanned aerial vehicle-based imaging system for 3D measurement of unpaved road surface distresses. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, **27**, 118-129.

ABSTRACT

Research on the feasibility of employing the low-end level Lidar AA450 in transport surveys

Nguyen Viet Ha[1, *], Vu Ngoc Quang[2], Dong Van Huyen[2]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*University of Transport Technology*

[3]*Phuong Linh Service Investment Co., Ltd*

This article is an initial study and evaluation of the use of low-end level Lidar installed on unmanned aerial vehicles in collecting data of road. The research uses Alpha Air AA450 Lidar, the first scanning product line of CHC navigation in Vietnam on DJI Matric M300 aircraft and scans the flight area with a length of 175 m, 100 m wide, total length of the flight mission is 1804 m at 80 m altitude, 7 m/s flight speed. Scanned data is processed by Copre software, the first version along with the device in both cases using and without using ground control points for correction. The results from point cloud extracted and compared with 264 test points by single base station GNSS-RTK method show that the number of points in both processing cases with elevation deviation less than 10 cm is 142 points and 230 points (53.8 % and 87.1 %), from 10 cm to 20 cm is 109 points and 23 points (43.1 % and 8.7 %), from 20 cm to 30 cm is 11 and 10 points (4.2 % and 3.8 %), from 30 to 40 cm is 2 and 0 point (0.8 % and 0 %).

Keywords: Lidar AA450, GNSS-RTK, Copre, UAV M300.

Ứng dụng đồng bộ công nghệ UAV, xử lý ảnh trong kiểm soát chất lượng và an toàn nổ mìn tại mỏ đá vôi Hồng Sơn, tỉnh Hà Nam

Phạm Văn Việt[1, 2, *], Nguyễn Anh Tuấn[1, 2], Phạm Văn Hòa[1, 2], Trần Đình Bão[1, 2], Lê Thị Thu Hoa[1, 2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm Nghiên cứu mạnh ISRM (Innovations for Sustainable and Responsible Mining)*

TÓM TẮT

Công tác khoan nổ mìn là khâu đầu tiên trong hoạt động khai thác khoáng sản. Chất lượng công tác nổ mìn thể hiện chất lượng đống đá, kích cỡ đá sau nổ mìn. Ngoài ra, công tác khoan nổ mìn còn gây ra những tác động xấu tới môi trường xung quanh, đặc biệt là sóng chấn động nổ mìn. Do đó, cần có giải pháp công nghệ nhằm kiểm soát đồng bộ chất lượng và ảnh hưởng xấu của công tác khoan nổ mìn. Việc kiểm soát công tác khoan nổ mìn từ các số liệu lập hộ chiếu nổ mìn tới triển khai công tác khoan, kiểm soát công tác nổ mìn cũng như kiểm soát chất lượng nổ mìn và kiểm soát sóng chấn động nổ mìn. Bài báo đề xuất ứng dụng đồng bộ các công nghệ mới trong kiểm soát thông số đầu vào lập hộ chiếu, triển khai đưa hộ chiếu nổ ra thực địa, kiểm soát chất lượng đất đá sau nổ mìn, cũng như kiểm soát chấn động nổ mìn. Đó là ứng dụng đồng bộ thiết bị định vị GPS RTK, máy bay không người lái (UAV), công nghệ đo cỡ hạt nổ mìn bằng chụp ảnh và xử lý bằng phần mềm Rockimage và máy đo chấn động nổ mìn (Micromate). Việc sử dụng đồng bộ công nghệ mới này đã được ứng dụng tại mỏ đá vôi Hồng Sơn, tỉnh Hà Nam nhằm kiểm soát hiệu quả nổ mìn và an toàn cho mỏ.

Từ khóa: Nổ mìn, GPS RTK, UAV, Rockimage, Micromate, Hà Nam.

1. Giới thiệu

Nổ mìn là một khâu công nghệ đầu tiên trong hoạt động khai thác mỏ, có ảnh hưởng đến các khâu công nghệ tiếp theo. Công tác nổ mìn trải qua các giai đoạn đo vẽ cập nhật vị trí bãi khoan nổ mìn, lập hộ chiếu khoan nổ mìn, triển khai đưa lỗ khoan đã được thiết kế ra bãi nổ thực tế, tiến hành công tác khoan, nghiệm thu bãi khoan, điều chỉnh hộ chiếu khoan nổ mìn, công tác nạp mìn, đấu ghép mạng nổ và nổ mìn. Trong quá trình công tác nổ mìn cần thiết phải kiểm tra đánh giá công tác nổ mìn thông qua hình dạng đống đá nổ mìn, kích thước đất đá phá vỡ và kiểm soát tác động xấu của công tác nổ mìn gồm có chấn động nổ mìn, sóng đập không khí và đá bay (Chu Thị Thùy Dung và nnk., 2016; Đỗ Ngọc Tước và nnk., 2014; Hieu, 2020). Việc cập nhật chính xác kích thước hình dạng bãi nổ góp phần giúp kỹ sư khai thác mỏ lập hộ chiếu khoan nổ mìn chính xác như xác định chính xác đường cản chân tầng (đây là một thông số quan trọng quyết định một số thông số khoan nổ mìn còn lại). Hơn nữa, sau khi công tác lập hộ chiếu khoan nổ mìn xong thì việc triển khai đưa vị trí lỗ khoan ra thực địa chính xác cũng góp phần triển khai đúng các thông số khoan nổ mìn trong hộ chiếu ra thực địa nhằm đảm bảo chất lượng công tác nổ mìn như thiết kế. Từ những yêu cầu trên giúp đảm bảo chất lượng công tác nổ mìn và kiểm soát an toàn trong công tác nổ mìn. Sự tiến bộ của khoa học kỹ thuật trong việc cập nhật nhanh chính xác thông tin đầu vào và đầu ra trong công tác nổ mìn là rất quan trọng. Hiện nay, việc ứng dụng công nghệ định vị theo thời gian thực GPS RTK đã được phát triển và đã áp dụng vào một số lĩnh vực đo đạc, cập nhật địa hình rất nhanh, với độ sai số cho phép (Cao Minh Thủy và nnk., 2020; Trần Ngọc Đông và nnk., 2020). Các thiết bị bay không người lái (UAV) cũng đã được nghiên cứu và phát triển ứng dụng vào việc đo đạc cập nhật địa hình, tính toán khối lượng và kiểm soát môi trường cho các hoạt động xây dựng, khai thác mỏ, lâm nghiệp và nông nghiệp đem lại độ chính xác và năng suất cao (Nguyễn Tam Tính, 2022; Vũ Ngọc Phương, 2022; Hà Thị Hằng và nnk., 2022; Nguyễn Văn Thế và nnk., 2018; Trần Văn Thăng, 2022; Lê Minh Huệ, 2022; Phạm Tiến Dũng, 2020; Canh, 2020). Ngoài ra, với công nghệ xử lý ảnh trong việc đánh giá kích thước cỡ hạt đất đá sau nổ đá nổ mìn cũng đã được sử dụng như phần mềm Rockimage (Phạm Văn Việt, 2019).

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamvanviet@humg.edu.vn

Các thiết bị giám sát chấn động hiện đại cũng đã được nghiên cứu đưa vào sử dụng trong công tác giám sát chấn động nổ mìn và sóng đập không khí cho các mỏ lộ thiên ở Việt Nam (Trần Quang Hiếu, 2020). Nhưng hiện nay, việc sử dụng kết hợp đồng bộ các công nghệ định vị theo thời gian thực GPS RTK, thiết bị bay không người lái (UAV), công nghệ xử lý ảnh trong đo cỡ hạt và thiết bị giám sát chấn động nổ mìn cho các vụ nổ mìn chưa được thực hiện. Do đó, bài báo nghiên cứu áp dụng đồng bộ công nghệ này trong việc kiểm soát chất lượng và an toàn công tác nổ mìn trên mỏ lộ thiên, triển khai thực hiện kiểm soát chất lượng và an toàn tại mỏ đá vôi Hồng Sơn, Hà Nam.

2. Nội dung nghiên cứu

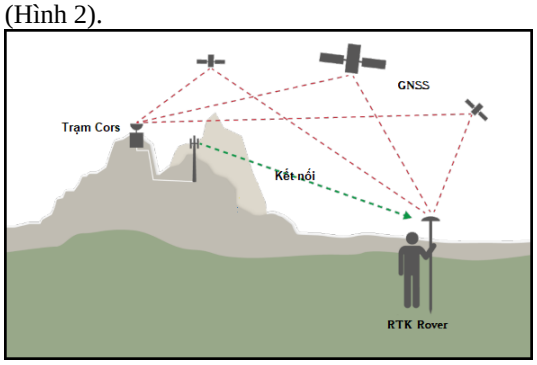
2.1. Công nghệ định vị GPS RTK

Hiện nay, công nghệ đo GPS RTK kết hợp với trạm Cors (trạm chủ) được đặt tại các điểm đã biết tọa độ thu, thu tín hiệu vệ tinh liên tục 24/24h và gửi dữ liệu chuyển về máy chủ thông qua hệ thống mạng 3G, trung tâm dữ liệu xử lý và chuyển dữ liệu cho các trạm di động ngay lập tức thông qua hệ thống truyền tin bằng radio hoặc mạng 3G (Cao Minh Thủy, 2020).

Trong hoạt động nổ mìn trên mỏ, công nghệ GPS RTK được sử dụng trong việc cập nhật dữ liệu bãi nổ mìn, kết hợp với công nghệ máy bay không người lái (UAV) để định vị xây dựng mô hình bề mặt, định vị vị trí các lỗ mìn đưa ra ngoài thực địa, xác định chính xác các vị trí giám sát chấn động nổ mìn (Hình 1).

2.2. Công nghệ máy bay không người lái (UAV)

Máy bay không người lái (UAV) là thiết bị gồm 2 phần máy bay và bộ phận điều khiển. Thiết bị UAV có các cảm biến điều khiển chống va đập theo các hướng, được trang bị bốn motor, bốn cánh quạt có thể tháo rời và chân hạ cánh cố định bên dưới. Bộ điều khiển có hai antenna, truyền tín hiệu trên hai tần số 2,4 và 5,8 GHz. Bộ điều khiển có thể kết nối với điện thoại thông minh để cài đặt thông số bay chụp cũng như giám sát trong hoạt động bay, UAV có thể mang máy ảnh để chụp các bức ảnh định dạng JPEG (Hình 2).



Hình 1. Công nghệ định vị vệ tinh GPS RTK



Hình 2. Thiết bị bay không người lái UAV hãng DJI

Quá trình thành lập bản đồ bằng công nghệ UAV bao gồm 4 giai đoạn chính: giai đoạn chuẩn bị, giai đoạn chụp ảnh, giai đoạn xử lý ảnh UAV và giai đoạn thành lập bản đồ. Trong giai đoạn chuẩn bị bao gồm tính toán phương pháp bay chụp, thiết kế tuyến bay, cao độ bay nhằm đáp ứng yêu cầu về độ chi tiết bản đồ (Canh, 2020; Nguyễn Tam Tính, 2022). Trong khi đó, giai đoạn bay chụp theo tuyến đã được thiết kế, giai đoạn xử lý ảnh UAV bao gồm tạo lập đám mây điểm, nắn chỉnh hình học ảnh và gộp ảnh nhằm loại trừ sai số trong quá trình bay chụp gây ra (Hình 3).

Trong công tác khoan nổ mìn trên mỏ, công nghệ UAV kết hợp với công nghệ định vị GPS RTK trong việc đo cập nhật dữ liệu bãi nổ mìn trước, sau khi nổ nhằm xây dựng bản đồ khu vực nổ mìn phục vụ công tác lập hộ chiếu khoan nổ và đánh giá khối lượng, chất lượng đá sau nổ mìn. Công nghệ UAV còn được sử dụng chụp các bức ảnh chất lượng đống đá nhằm đánh giá cỡ hạt đất đá sau nổ mìn.

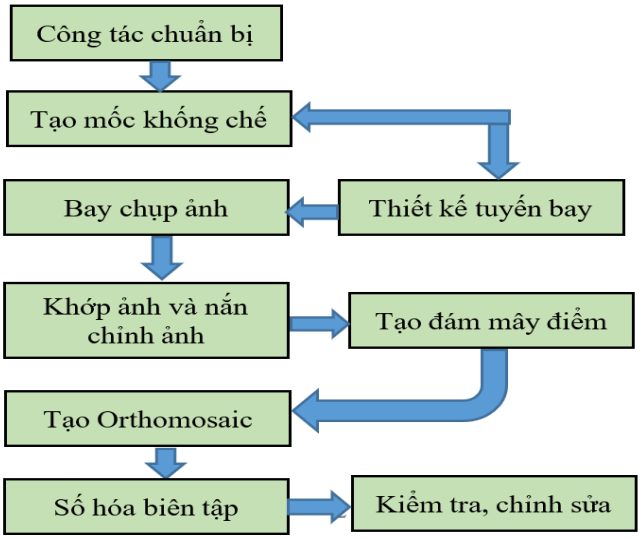
2.3. Máy giám sát chấn động nổ mìn

Thiết bị chuyên dụng Blastmate III, Micromate của hãng INSTANTEL (Canada) để đo các thông số về sóng chấn động, sóng va đập không khí do nổ mìn gây ra (Hình 4).

Thông số thiết bị đo thể hiện ở dải tần số từ 2 Hz tới 200 Hz, thang đo vận tốc phần tử tối thiểu từ 0,5 đến 254 mm/s, thang đo âm từ 100-148 dB. Giám sát chấn động nổ mìn thiết bị sử dụng đầu thu tín hiệu 3 trục (Hình 5) có biên độ dao động 254 mm/s, độ phân giải từ 0,127 mm/s, độ chính xác (ISEE/DIN +/-5

% hoặc 0,5 mm/s, mật độ truyền dẫn 2,13 g/cc, dải tần số (ISEE/DIN) từ 2-250 Hz, chiều dài dây cáp lớn nhất (ISEE / DIN) 75/1000 m. Giám sát sóng đập không khí sử dụng Micro thang đo theo dB hoặc dBA, độ chính xác +/-10 % hoặc +/-1dB, tần số phản hồi từ 2-250 Hz.

Sóng địa chấn truyền đến đâu, các phần tử đất đá ở đó sẽ dao động tương ứng, khi các phần tử dao động đến mức độ vượt ngưỡng cho phép sẽ xảy ra sự phá hủy môi trường và các cấu trúc đặt trên nó. Mức độ tác động của sóng địa chấn đến công trình được đánh giá thông qua hai đại lượng: biên độ dao động phần tử đất đá (vận tốc dao động - mm/s) và tần số dao động của chúng (Hz). Ngưỡng cho phép của hai đại lượng trên đã được quy định tại QCVN 01:2019/BCT (Bảng 1).



Hình 3. Quy trình bay thành lập bản đồ bằng công nghệ UAV (Nguyễn Văn Thế, 2018)



a. Máy đo Micomate



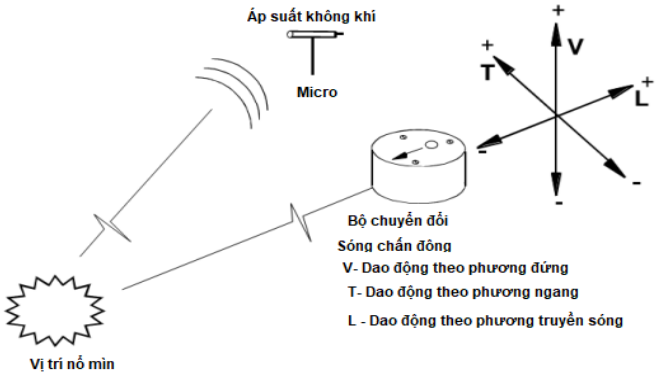
b. Máy đo Blasmate III

Hình 4. Thiết bị giám sát chấn động nổ mìn

Bảng 1. Ngưỡng dao động cho phép (QCVN 01:2019/BCT)

Khoảng cách từ vị trí nổ mìn đến công trình gần nhất	**Vận tốc dao động cực trị cho phép**
Từ 0 đến dưới 92 m	31,75 mm/s
Từ 92 m đến 1524 m	25,4 mm/s
1524 m trở lên	19 mm/s

Sóng đập không khí nếu đủ lớn sẽ làm chấn động nhà cửa, vỡ kính và gây tổn thương cho người, động vật. Độ lớn của sóng không khí được thể hiện theo đơn vị dB. Theo QCVN 01:2019/BCT quy định giới hạn cho phép của tác động sóng chấn động không khí đối với người và công trình thể hiện Bảng 2.



Hình 5. Đầu thu nhận tín hiệu (Geophone).

Bảng 2. Giới hạn cho phép sóng đập không khí đối với người và công trình.

Khi giới hạn tần số dưới của hệ thống đo Hz (± 3dB)	Mức tối đa cho phép dB(L)
0,1 Hz hoặc thấp hơn - dải tần số đáp ứng phẳng.	134 Đỉnh
2,0 Hz hoặc thấp hơn - dải tần số đáp ứng phẳng	133 Đỉnh
6,0 Hz hoặc thấp hơn - dải tần số đáp ứng phẳng	129 Đỉnh
Dải tần số đặc tính C - Đặc tính thời gian "S".*	105 dB (C) Đỉnh
* Giám sát theo yêu cầu của cơ quan có thẩm quyền	

Thiết bị giám sát chấn động, sóng đập không khí được đặt tại các công trình cần bảo vệ về hướng của bãi nổ mìn nhằm đánh giá ảnh hưởng chấn động và sóng đập không khí tới công trình. Do đó việc xác định vị trí chính xác của vị trí đo giám sát nổ mìn là rất quan trọng. Việc xác định vị trí giám sát nổ mìn chính xác, thiết bị định vị GPS RTK được đưa sử dụng để kiểm soát độ chính xác khoảng cách tới vụ nổ mìn.

2.4. Công nghệ đánh giá cỡ hạt đất đá nổ mìn

Công nghệ đánh giá cỡ hạt đất đá nổ mìn thường sử dụng công nghệ xử lý ảnh bằng việc chụp các bức ảnh đống đá nổ mìn sau đó phần mềm tiến hành phân tích theo cấp cỡ hạt đất đá trong đống đá nổ mìn, cách đánh giá này rất quan trọng trong việc kiểm soát chất lượng công tác nổ mìn trên mỏ, tạo cơ sở để tính toán lại các thông số nổ mìn, phương pháp nổ mìn để đạt được kích thước cỡ đá theo yêu cầu. Trong bài báo này nhóm nghiên cứu sử dụng phương pháp xử lý ảnh dựa theo phân bố cỡ hạt trên nền ảnh đen trắng sử dụng lý thuyết về phi tuyến tính để tác động đến hình dạng và hình thái của các điểm nhị phân trong ảnh, được phát triển trên nền tảng Matlab gọi là phần mềm Rockimages (Phạm Văn Việt, 2019). Vận hành phần mềm được thực hiện theo sơ đồ (Hình 6).

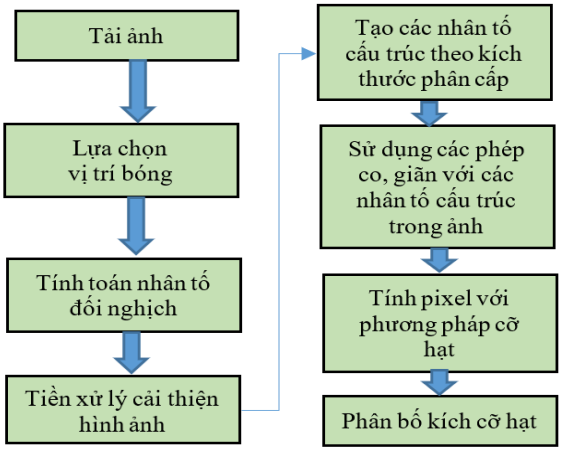
3. Áp dụng đồng bộ trong việc kiểm soát chất lượng nổ mìn và an toàn cho mỏ đá vôi Hồng Sơn, Hà Nam

3.1. Giới thiệu

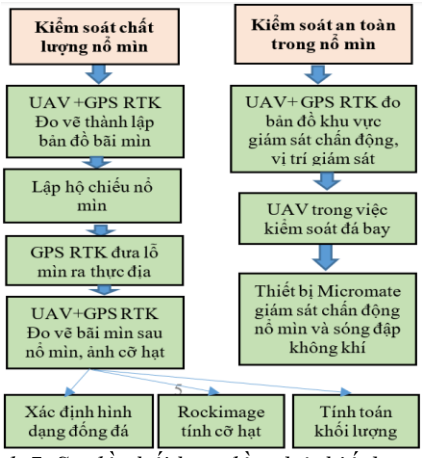
Mỏ đá vôi Hồng Sơn thuộc xã Thanh Sơn, huyện Kim Bảng, tỉnh Hà Nam. Mỏ khai thác đá làm nguyên liệu đầu vào cho nhà máy xi măng Bút Sơn. Hiện nay, mỏ đang khai thác tại mức +55 m, mỏ sử dụng hệ thống khai thác lớp bằng vận tải trực tiếp bằng ô tô. Trong hoạt động khoan nổ mìn trên mỏ nhằm đảm bảo chất lượng đá nổ mìn đáp ứng yêu cầu nhà máy xi măng với kích thước cho phép lớn nhất là 700 mm, giảm chấn động nổ mìn, đá bay với các công trình hộ dân xung quanh.

3.2. Sơ đồ công nghệ kiểm soát chất lượng và an toàn nổ mìn trên mỏ

Sơ đồ công nghệ kiểm soát chất lượng và an toàn công tác nổ mìn được thể hiện trong Hình 7 bằng việc áp dụng đồng bộ các thiết bị công nghệ định vị theo thời gian thực GPS RTK, thiết bị máy bay không người lái UAV cùng các phần mềm xử lý ảnh, thiết bị giám sát chấn động nhằm kiểm soát hoạt động nổ mìn từ việc đo vẽ khu vực nổ mìn, lập hộ chiếu, đánh giá chất lượng nổ mìn thông qua kích thước đống đá, cỡ hạt trong đống đá nổ mìn, sóng chấn động không khí, đá bay.



Hình 6. Sơ đồ xác định kích thước đá sau nổ mìn



Hình 7. Sơ đồ phối hợp đồng bộ thiết bị trong kiểm soát chất lượng và an toàn nổ mìn

3.3. Triển khai thực hiện kiểm soát chất lượng và an toàn trên mỏ

Trong quá trình triển khai, nhóm nghiên cứu sử dụng thiết bị bay không người lái (UAV) của hãng DJI Phantom 4 Pro V2 kết hợp với thiết bị định vị GPS RTK eSurvey E800, phần mềm xử lý ảnh Agisoft MetaShape Professional cùng với phần mềm Global mapper xây dựng bản đồ vị trí bãi nổ trước và sau nổ mìn trên mỏ, kiểm soát hình dạng đống đá sau nổ mìn.

Đánh giá cỡ hạt đất đá sau nổ mìn bằng sử dụng thiết bị UAV chụp ảnh đống đá sau nổ mìn, xử lý phân tích phân bố cỡ hạt bằng phần mềm Rockimages chạy trên môi trường Matlab.

Công tác đảm bảo an toàn nổ mìn sử dụng UAV Phantom 4 Pro V2 kết hợp với GPS RTK eSurvey E800 xây dựng bản đồ, vị trí khu vực cần giám sát nổ mìn, công tác giám sát nổ mìn sử dụng thiết bị Micromate của hãng Instatel.

4. Kết quả và bàn luận



Hình 8. Bản đồ vị trí bãi mìn trước khi tiến hành nổ mìn bằng công nghệ UAV



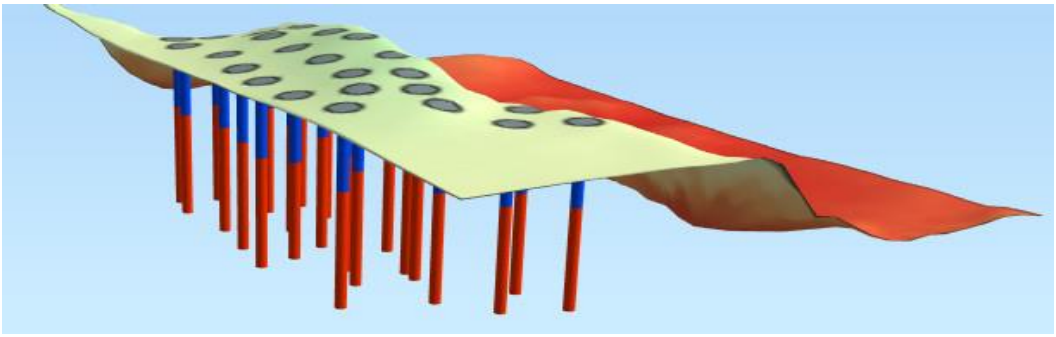
Hình 9. Vị trí các lỗ khoan nổ mìn được thiết kế và định vị ngoài bãi mìn theo GPS RTK

Bảng 3. Bảng thông số khoan nổ mìn được thiết kế dựa trên địa hình theo UAV và GPS RTK

Ký hiệu	Tọa độ VN2000, KT105, M3			H, m	d_{lk}, mm	L_k, m	Mạng lỗ mìn, m			L_b, m	L_t, m
	X, m	Y, m	Z, m				a	b	w		
LK1	2271127	591130,1	65.636	8,2	102	9,6	3,8		3,3	3,7	5,9
LK2	2271128	591133,7	65.61	8,2	102	9,6	3,8		3,3	3,7	5,9
LK3	2271132	591136,7	66.918	8,9	102	10,4	3,8		3,3	4	6,4
LK4	2271131	591139,2	66.876	9,3	102	10,9	3,8		3,3	4,1	6,8
LK5	2271130	591143	67.425	9,7	102	11,3	3,8		3,3	4,3	7
LK6	2271129	591147,5	67.706	9,9	102	11,5	3,8		3,3	4,4	7,1
LK7	2271130	591150,4	67.446	9,7	102	11,3	3,8		3,3	4,3	7

LK8	2271130	591153,9	67.025	9,5	102	11,1	3,8		3,3	4,2	6,9
LK9	2271131	591155,4	66.639	9,2	102	10,7	3,8		3,3	4,1	6,6
LK10	2271133	591157	66.343	8,8	102	10,3	3,8		3,3	3,9	6,4
LK11	2271136	591157,7	66.365	8,9	102	10,4	3,8		3,3	4	6,4
LK12	2271136	591155,1	66.446	8,9	102	10,4	3,8	3,3		4	6,4
LK13	2271132	591152,8	67.168	9,5	102	11	3,8	3,3		4,2	6,8
LK14	2271133	591148,5	67.103	9,3	102	10,9	3,8	3,3		4,2	6,7
LK15	2271133	591144,6	67.245	9,1	102	10,6	3,8	3,3		4,1	6,5
LK16	2271134	591140,8	67.17	9,5	102	11,1	3,8	3,3		4,2	6,9
LK17	2271135	591137,8	67.06	9,3	102	10,8	3,8	3,3		4,1	6,7
LK18	2271132	591134,1	66.382	8,9	102	10,4	3,8	3,3		4	6,4
LK19	2271130	591131,2	65.833	8,4	102	9,8	3,8	3,3		3,7	6,1
LK20	2271137	591135,6	66.828	9,4	102	10,9	3,8	3,3		4,2	6,7
LK21	2271137	591139,2	66.835	7,7	102	9	3,8	3,3		3,4	5,6
LK22	2271137	591143,4	66.745	9,2	102	10,7	3,8	3,3		4,1	6,6
LK23	2271137	591146,7	66.813	9,2	102	10,7	3,8	3,3		4,1	6,6
LK24	2271136	591150,8	66.702	9,2	102	10,7	3,8	3,3		4,1	6,6

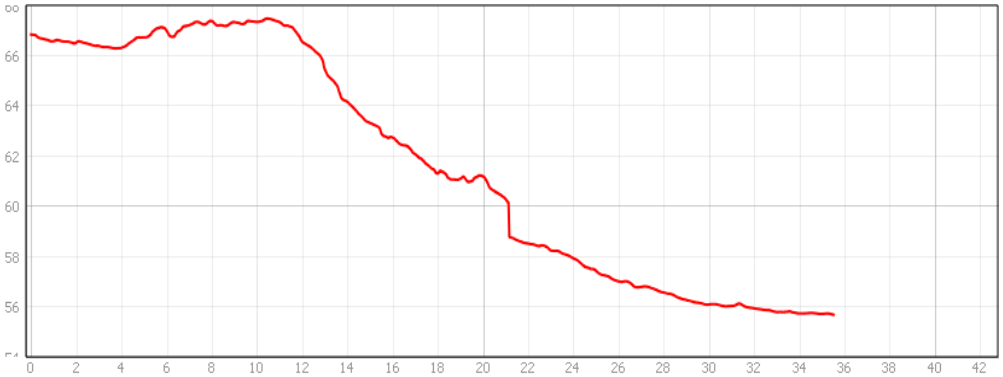
H - chiều cao tầng; d_{lk} - đường kính lỗ khoan; L_k - chiều sâu lỗ khoan; a - khoảng cách lỗ khoan trong hàng; b - khoảng cách các hàng lỗ khoan; W - đường cản chân tầng; L_b - chiều dài bua; L_t - chiều dài thuốc nổ.



Hình 10. Mô hình 3D bãi mìn được lập dựa trên thông tin đo vẽ bãi khoan bằng UAV và GPS RTK



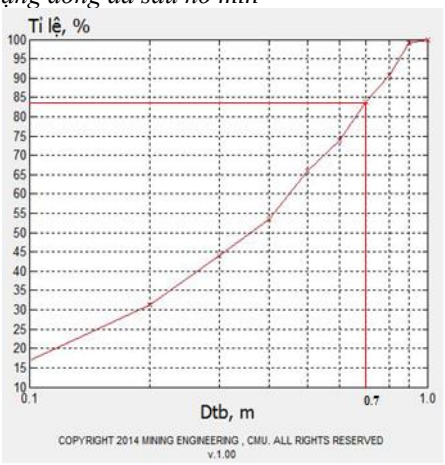
Hình 11. Bản đồ vị trí bãi mìn sau khi tiến hành nổ mìn bằng công nghệ UAV



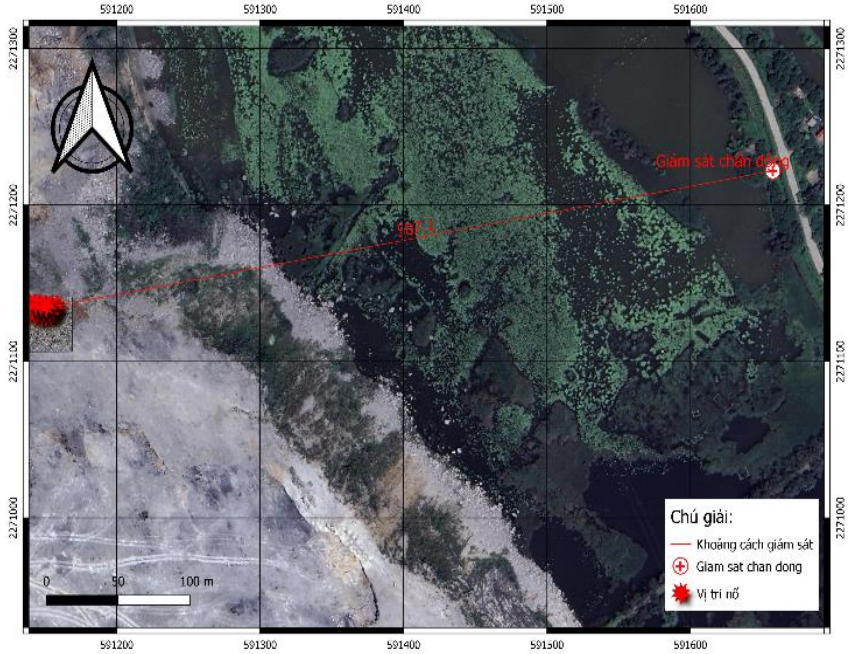
Hình 12. Mặt cắt ngang thể hiện kích thước, hình dạng đống đá sau nổ mìn



Hình 13. Ảnh đống đá nổ mìn chụp bằng công nghệ UAV



Hình 14. Phân cấp cỡ hạt đất đá bằng phần mềm Rockimage



Hình 15. Bản đồ giám sát chấn động đo vẽ bằng công nghệ UAV

Bảng 4. Tổng hợp kết quả giám sát chấn động trên mỏ đá vôi Hồng Sơn

TT	Thời gian nổ	Vị trí bãi nổ (VN 2000 KTT 105° mũi 3°)			Vị trí đo (VN 2000 KTT 105° mũi 3°)			Dao động, mm/s	Khoảng cách ngang, m	Chênh cao, m	Khoảng cách thực, m
		X, m	Y, m	Z, m	X, m	Y, m	Z, m				
1	19/01/2022	2271136	591158	66,37	2271222	591657	4.321	0,523	507	62.044	569

Qua ứng dụng đồng bộ các công nghệ UAV và định vị GPS RTK cùng các công nghệ trong đánh giá chất lượng công tác nổ mìn như phân tích kích thước cỡ hạt đất đá sau nổ mìn Rockimage và thiết bị giám sát chấn động Micromate đã đem lại hiệu quả và an toàn trong công tác khoan nổ mìn. Công nghệ UAV và định vị GPS RTK đã mang lại cho nhóm nghiên cứu chi tiết về kích thước hình dạng và các thông số bãi mìn phục vụ cho quá trình lập hộ chiếu nổ mìn. Cụ thể, từ kết quả đo vẽ bãi nổ bằng UAV giúp nhóm nghiên cứu lập được bảng thông số khoan nổ mìn (Bảng 3), và thể hiện trên Hình 10, kích thước hình dạng đống đá nổ mìn theo mặt cắt Hình 12 và kết quả chụp đống đá nổ mìn Hình 13 và phân tích phân bố cỡ hạt theo Hình 14. Qua đây thấy rằng chất lượng công tác nổ mìn đạt kết quả tốt như đống đá gọn, giảm đá văng, chất lượng đống đá thể hiện cỡ hạt nhỏ hơn 0,7 mm chiếm gần 85 %. Từ kết quả này, nhóm nghiên cứu đã đưa ra các thông số nổ mìn phù hợp với điều kiện thực tế của bãi mìn mà phương pháp đo vẽ truyền thống không làm được như xác định chính xác hình dạng của sườn tầng từ đó tính toán đường cản chân tầng phù hợp. Ngoài ra công nghệ định vị GPS RTK đã giúp nhóm nghiên cứu triển khai các lỗ mìn đã được thiết kế ra đúng với thực tế hình dạng bãi mìn làm cho việc giảm sai sót bố trí vị trí lỗ mìn không đúng làm giảm hiệu quả của công tác lập hộ chiếu nổ mìn, đây cũng là vấn đề còn tồn tại trong công tác nổ mìn trước đây chưa giải quyết vì vẫn còn dựa vào kinh nghiệm, thiếu các kỹ sư trắc địa và máy toàn đạc. Công nghệ UAV và định vị GPS RTK đã góp phần vào việc đánh giá chất lượng đống đá sau nổ mìn như hình dạng, kích thước đống đất đá nổ mìn, kích thước đất đá sau nổ mìn khi kết hợp với các phần mềm xử lý ảnh như Global Mapper và Rockimage giúp đánh giá chất lượng công tác khoan nổ mìn, tạo điều kiện cho các khâu công nghệ phía sau như công tác lập hộ chiếu xúc bốc, công tác chế biến phù hợp, phần lớn các đơn vị sản xuất mỏ vẫn bỏ qua giai đoạn này vì chưa có công cụ đánh giá hiệu quả. Hơn thế nữa, các công nghệ UAV và định vị RTK giúp xây dựng bản đồ giám sát chấn động nổ mìn (Hình 15), định vị các khoảng cách giảm sát làm cho việc xác định các thông số giám sát nổ mìn như khoảng cách giám sát, hướng giám sát, cao độ chênh cao giữa bãi nổ và điểm giám sát chính xác (Bảng 4). Cụ thể, từ bản đồ giám sát chấn động bằng công nghệ UAV đã xác định được các công trình gần quanh mỏ cần phải bảo vệ, xác định vị trí bãi nổ và vị trí đó theo tọa độ chính xác, tính được khoảng cách ngang 507 m, chênh cao 62.044 m, giúp tính khoảng cách thực từ bãi nổ mìn đến vị trí đo chấn động là 569 m. Điều này giúp đưa ra cái nhìn chính xác hơn về chấn động nổ mìn, sóng đập không khí và đá bay trên mỏ mà từ trước đến nay, những yếu tố này thược được xác định tương đối.

5. Kết luận

Qua ứng dụng đồng bộ các công nghệ như công nghệ UAV, định vị GPS RTK và công nghệ xử lý ảnh qua phần mềm Rockimage cùng với các thiết bị giám sát tác động nổ mìn Micromate đã đem lại những hiệu quả trong công tác nổ mìn mà giai đoạn trước chưa thực hiện được như cập nhật nhanh vị trí bãi mìn trước và sau khi nổ mìn tạo điều kiện tính toán đúng các thông số khoan nổ mìn, triển khai các thông số khoan nổ mìn ra thực địa chính xác, đánh giá chất lượng công tác nổ mìn đạt được như hình dạng, kích thước bãi mìn, kích cỡ trung bình đất đá trong đống nổ mìn, làm cơ sở cho các khâu công nghệ tiếp theo như xúc bốc, vận tải, chế biên. Áp dụng công nghệ còn đảm bảo độ tin cậy trong công tác giảm tác động có hại của công tác nổ mìn trên mỏ.

Lời cảm ơn

Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn Sở Công Thương Hà Nam, Công ty xi măng Bút Sơn và chủ nhiệm đề tài cấp Nhà nước "*Nghiên cứu xây dựng hệ thống quản lý và thực hiện công tác khoan - nổ mìn cho các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh*" đã tạo điều kiện cho nhóm thực hiện nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

Cao Minh Thủy, Đỗ Văn Dương (2020) "Khảo sát độ chính xác công nghệ đo GNSS RTK, thực nghiệm tại khu vực Hà Nội", Tạp chí Tài nguyên và Môi trường, Kỳ 1+2, tr. 88-90.

C. Van Le, C. X. Cao, and H. T. T. Le (2020) "Research on optimal take off positions of UAV integrated GNSS - RTK in producing large scale topological maps for open - pit mines", J. Min. Earth Sci., Vol 61, No 5, pp. 54-63, doi: 10.46326/jmes.2020.61(5).06.

Chu Thị Thùy Dung, Lê Ngọc Linh (2016) "Nghiên cứu một số sơ đồ nổ mìn vi sai an toàn và thân thiện với môi trường cho một số mỏ đá nằm gần khu dân cư". Tạp chí Công nghiệp Mỏ, Số 3, tr. 52-55.

Đỗ Ngọc Tước, Lê Công Cường, Đặng Văn Tùng, Nguyễn Ngọc Dũng (2014) "Lựa chọn cỡ hạt đất đá và thông số khoan nổ mìn hợp lý khi sử dụng công nghệ vận tải cho mỏ Cao Sơn", Tạp chí Công nghiệp Mỏ, Số 4, tr. 28-30, 2014.

H. Q. Tran, A. Đ. Nguyen, B. D. Tran, and P. Soukhanouvong (2020) "Evaluate impacts of ground vibration on construction projects and determine reasonable blasting scale for Phong Xuan limestone quarry in Thua Thien Hue province", J. Min. Earth Sci., Vol 61, No 4, pp. 118-125, doi: 10.46326/jmes.2020.61(4).13.

Hà Thị Hằng, Vũ Đình Chiều, Lương Ngọc Dũng, Nguyễn Thu Huyền, Vũ Ngọc Quang, Dương Công Hiếu (2022) "Nghiên cứu ứng dụng máy bay không người lái trong xác định kích thước và thể tích bể chứa nổi", Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, Số 16, tr. 7-20.

L. Van Canh, C. X. Cuong, D. Tien (2020) "Volume computation of quarries in Vietnam based on Unmanned Aerial Vehicle (UAV) data", J. Min. Earth Sci., Vol 61, No 1, pp. 21-30, doi: 10.46326/jmes.2020.61(1).03

Lê Minh Huệ, Vũ Thị Thanh Hiên, Đỗ Thị Phương Thảo (2022) "Giám sát khai thác khoáng sản bằng công nghệ kết hợp ảnh vệ tinh và ảnh chụp từ thiết bị bay không người lái thực nghiệm tại tỉnh Yên Bái", Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường, Số 41, tr. 3-13.

Nguyễn Tam Tính, Phạm Duy Thanh (2022) "Ứng dụng máy bay không người lái trong quan trắc ổn định bờ mỏ". Tạp chí Công nghiệp Mỏ, Số 1, tr. 85-91.

Nguyễn Văn Thế và cộng sự (2018) "Nghiên cứu khả năng ứng dụng công nghệ UAV trong thành lập bản đồ hiện trạng nuôi trồng thủy sản: Thực nghiệm tại quần thể Hòn Yến, tỉnh Phú Yên", Tạp chí Khoa học Công nghệ Đại học Duy Tân, Số 56, Kỳ 3, tr. 318-323, doi: 10.15625/vjc.2018-0026.

Phạm Tiến Dũng, Nguyễn Huy Hoàng, Trần Thị Mai Sen, Nguyễn Thị Xuân Thắng (2020) "Ứng dụng công nghệ bay không người lái để quản lý rừng ngập mặn, nghiên cứu cụ thể tại Vườn Quốc gia Xuân Thủy, Nam Định", Tạp chí Khoa học Thủy lợi và Môi trường, Số 68, tr. 59-66.

Phạm Văn Việt, Pirat Jaroonpatanapong (2019) "Ứng dụng phần mềm Shape Metrix 3D xác định mức độ nứt nẻ khối đá để xác định chỉ tiêu thuốc nổ và hướng nổ mìn", Công nghiệp mỏ, Số 2, tr. 13-17.

Trần Ngọc Đông, Diêm Công Trang, Trần Mạnh Tuấn, Nguyễn Văn Nghĩa, Nguyễn Hà, Đào Xuân Vương (2020) "Quy trình đo đạc và đánh giá độ chính xác của thiết bị định vị GNSS động thời gian thực (GNSS-RTK)", Tạp chí KHCN Xây dựng, Số 2, tr. 42-52.

Trần Vũ Thăng, Nguyễn Duy Long (2022) "Ứng dụng công nghệ thiết bị bay không người lái Lidar Matrice 300 RTK kết hợp UAV Phantom 4 RTK xây dựng bản đồ 3D các bãi thải trọng yếu phục vụ công tác bảo vệ môi trường và phòng chống thiên tai của TKV". Thông tin Khoa học Công nghệ mỏ, Số 3, tr. 41-48.

Trần Quang Hiếu, Nguyễn Đình An, Trần Đình Bão, Soukhanouvong (2020) "Đánh giá ảnh hưởng của sóng chấn động nổ mìn đến các công trình bảo vệ và xác định quy mô vụ nổ hợp lý cho mỏ đá vôi Phong Xuân - Thừa Thiên Huế". Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất, Số 61, Kỳ 4, tr. 118-125.

Vũ Ngọc Phương, Cao Phương Thảo (2022) "Nghiên cứu kỹ thuật sử dụng hình ảnh UAV phục vụ cho xây dựng lớp thông tin hiện trạng trượt lở đất". Tạp chí Cầu đường Việt Nam, Số 5, tr. 41-43.

ABSTRACT

Intergrated Application of Unmaned Aerial Vehicle and Photogrametry Processing Techniques in Blast Quality and Safety Control at Hong Son Quarry, Ha Nam province

Pham Van Viet[1, 2, *], Nguyen Anh Tuan[1, 2], Pham Van Hoa[1, 2], Tran Dinh Bao[1, 2], Le Thi Thu Hoa[1, 2]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Street, Hanoi, Vietnam*
[2]*Innovations for Sustainable and Responsible Mining (ISRM) research group, Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam*

Blasting is the first stage in mining operation. The quality of blasting is represented through the size, shape and particle sizes of a blasting pile. In addition, blasting also causes adverse impacts to the surrounding environment, especially blast-induced ground vibration. Therefore, there needs a technical solution to control the quality and the negative effects. Blasting need to be controlled from input data for designing blasting pattern and implementing blasting operation in the site to improve the quality and to mitigate blasting-induced ground vibration, air overpressure. The paper shows an intergated application of novel technologies in collecting input data for designing blasting pattern and conducting to give the design to the site exactly to control the quality and safety in blasting operation at quarries. These are Global Navigation Satellite System with Real -Time Kinematics (GPS RTK), Unmaned Aerial Vehicle (UAV), photogrametry technologies and ground vibration monitoring equipment Micromate. This application was carried out at Hong Son quarry, Ha Nam province to bring back the effectiveness and the safety.

Keywords: Blasting, GPS RTK, UAV, Rockimage, Micromate, Ha Nam.

Nghiên cứu kết hợp công nghệ GNSS và 3D Laser Scan quan trắc chuyển vị đê chắn sóng

Trần Ngọc Đông[1,*], Nguyễn Văn Nghĩa[1], Nguyễn Văn Hùng[2]

[1]*Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng - Bộ Xây dựng*

[2]*VPĐD Topcon tại Việt Nam - Topcon Corporation*

TÓM TẮT

Đê chắn sóng là công trình được xây dựng để bảo vệ cảng, bể cảng, khu neo đậu, bảo vệ bờ khỏi tác dụng của sóng. Bài báo này trình bày quy trình công nghệ kết hợp GNSS và 3D laser scan để quan trắc chuyển vị đê chắn sóng mái nghiêng. Kết quả thực nghiệm quan trắc chuyển vị đối với một đê chắn sóng mái nghiêng của một nhà máy lọc dầu ở Việt Nam đã cho thấy phương pháp trên không những đáp ứng được được yêu cầu độ chính xác quan trắc đề ra mà còn có ưu điểm hơn so với quan trắc bằng phương pháp trắc địa truyền thống, như cho phép đánh giá chi tiết chuyển vị tại một vị trí bất kỳ của thân đê, thể hiện chuyển vị cục bộ cũng như tổng thể thân đê theo mô hình 3D và hình ảnh một cách trực quan. Điểm mạnh của laser scan so với phương pháp truyền thống trong quan trắc chuyển vị là so sánh mặt phẳng của đối tượng quan trắc ở các thời điểm quét khác nhau để phân tích chuyển dịch còn phương pháp truyền thống là đi so sánh các điểm đơn lẻ với nhau.

Từ khóa: Đê chắn sóng, quan trắc chuyển vị, công nghệ GNSS, quét laser mặt đất.

1. Đặt vấn đề

Đê chắn sóng mái nghiêng là đê chắn sóng có mặt cắt ngang dạng hình thang, kết cấu đê mái nghiêng có cấu tạo gồm nhiều lớp, vật liệu lõi đê là đá hộc hỗn hợp, các lớp đệm phía dưới lớp phủ bằng đá hộc tuyển chọn, ngoài cùng là lớp phủ có chức năng phá sóng. Lớp phủ có thể là các khối phá sóng như: Khối tháp chữ nhật, Haro, Accropod, Tetrapode, Dolos, X-blox, Coreloc, Rakuna-IV (TCCS 02:2017/CHHVN),... Chuyển vị của đê do hai nguyên nhân chính là độ lún của nền đê, khi đắp đê, áp lực của khối vật liệu sẽ làm cho đất nền bị lún xuống và độ chuyển vị của vật liệu, khi thi công đắp đê do các khối đá hoặc vật liệu khác có hệ số rỗng lớn nên các vật liệu này không chặt sau đó vật liệu trong đê sẽ tự sắp xếp lại hoặc do tác động của sóng và các tác nhân khác. Nhìn chung, độ lún vật liệu diễn ra rất phức tạp, lâu dài và không có quy luật rõ ràng nên không thể mô tả nó bằng các công thức kinh nghiệm. Do đó, đê chắn sóng cần được quan trắc để đánh giá mức độ chuyển vị của đê trong quá trình khai thác sử dụng. Hiện nay, thường sử dụng phương pháp trắc địa truyền thống để quan trắc, tuy nhiên phương pháp này lại chỉ đánh giá được chuyển vị tại các điểm quan trắc đơn lẻ mà không đánh giá được mức độ chi tiết và tổng thể chuyển vị của đê chắn sóng. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất để quan trắc chuyển dịch công trình ở Việt Nam đã có một số nghiên cứu (Phạm Trung Dũng và nnk., 2021), (Võ Ngọc Dũng, 2016), các nghiên cứu này được thực hiện cho đối tượng nhà cao tầng và dịch chuyển đất đá của bãi thải trong khai thác mỏ. Đối với đê chắn sóng là công trình dạng tuyến và có hệ số rỗng lớn, do đó để đánh giá tổng thể được chuyển dịch của đê thì cần phải có giải pháp quan trắc thích hợp. Giải pháp đưa ra trong bài báo này không những đáp ứng được được yêu cầu độ chính xác quan trắc đề ra đối với đê chắn sóng mà còn có ưu điểm hơn so với quan trắc bằng phương pháp trắc địa truyền thống, như cho phép đánh giá chi tiết chuyển vị tại một vị trí bất kỳ của thân đê, thể hiện chuyển vị cục bộ cũng như tổng thể thân đê theo mô hình 3D và hình ảnh một cách trực quan.

2. Quan trắc chuyển vị đê chắn sóng theo phương pháp trắc địa truyền thống

2.1. Yêu cầu độ chính xác quan trắc chuyển vị đê chắn sóng

Theo Tiêu chuẩn cơ sở TCCS 02:2017/CHHVN - Đê chắn sóng - Yêu cầu thiết kế thì độ lún cho phép

* *Tác giả liên hệ*
Email: tndongibst@gmail.com

của đê chắn sóng là 30 cm, có thể căn cứ vào độ lún cho phép này để xác định yêu cầu độ chính xác quan trắc chuyển vị của đê chắn sóng.

Độ chính xác quan trắc chuyển vị của đê chắn song có thể được lấy bằng 1/10 - 1/20 giá trị chuyển vị cho phép (Huang Sheng Xiang, Yin Hui, Jiang Zheng (Biên dịch: Phan Văn Hiến, Phạm Quốc Khánh), 2012), khi lấy bằng 1/10 giá trị chuyển vị cho phép thì độ chính xác yêu cầu để quan trắc đê chắn sóng là ±3,0 cm, có thể thấy rằng yêu cầu độ chính xác để quan trắc đê chắn sóng là không cao.

2.2. Kết cấu mốc quan trắc đê chắn sóng

Mốc quan trắc chuyển vị đê chắn sóng có hai loại mốc chủ yếu là mốc khống chế cơ sở (mốc chuẩn) và mốc quan trắc.

Mốc khống chế cơ sở là các mốc được xây dựng vừa có tọa độ và độ cao tại các vị trí ổn định để cung cấp tọa độ và độ cao gốc cho quá trình quan trắc chuyển vị đê, tùy thuộc vào điều kiện nền đặt mốc mà mốc có thể là mốc khoan sâu hoặc là mốc nông theo kết cấu khối bê tông, thân mốc bên trên mặt đất có cấu tạo là mốc định tâm bắt buộc để khi đo đạc không chịu ảnh của sai số định tâm máy và định tâm bảng ngắm. Số lượng mốc chuẩn tối thiểu là 03 mốc để có thể đánh giá độ ổn định của các mốc trong mỗi chu kỳ quan trắc. Do đê chắn sóng thường cách xa nhà máy, nằm ở ven bờ và kéo dài cho nên khi quan trắc cần xây dựng thêm các mốc khống chế tạm thời để làm cơ sở đo đạc quan trắc đê.

Mốc quan trắc có thể là các tiêu đo bằng sắt hoặc là mốc sứ gắn trực tiếp vào các khối phủ của đê, các mốc được bố trí theo mặt cắt ngang của đê, mỗi mặt cắt bố trí tối thiểu 03 điểm quan trắc (điểm mái trái, điểm ở giữa, điểm mái phải của đê).

2.3. Phương pháp quan trắc

2.3.1. Độ chính xác của các điểm mốc cần đạt được

Từ yêu cầu độ chính xác quan trắc chuyển vị là 3,0 cm, tính toán xác định được độ chính xác yêu cầu đối với mốc khống chế cơ sở và mốc quan trắc trong mỗi chu kỳ quan trắc lần lượt là 0,95 cm và 1,90 cm (Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc, 2010).

2.3.2. Phương pháp đo đạc quan trắc

Trong phương pháp này công nghệ GNSS được sử dụng để đo đạc lưới khống chế cơ sở bao gồm các mốc khống chế cơ sở và mốc khống chế tạm thời.

Độ cao của các mốc khống chế cơ sở được đo đạc bằng thủy chuẩn hình học, độ cao của các mốc khống chế tạm thời được đo đạc bằng công nghệ GNSS với độ cao gốc là độ cao của các mốc khống chế cơ sở đã được phân tích đánh giá độ ổn định.

Sau khi có tọa độ và độ cao của các mốc khống chế tạm thời, sử dụng máy toàn đạc điện tử tiến hành đo đạc tọa độ và độ cao của các điểm quan trắc theo phương pháp đo tọa độ, độ cao trực tiếp (X, Y, H).

2.4. Xử lý số liệu quan trắc

2.4.1. Xử lý số liệu lưới khống chế cơ sở và phân tích độ ổn định của các mốc cơ sở

Đối với mốc độ cao cơ sở, hiện nay đã có nhiều phương pháp phân tích đánh giá độ ổn định về độ cao của các mốc độ cao cơ sở trong quan trắc lún công trình. Một trong những phương pháp hiện nay hay sử dụng là phương pháp bình sai lưới tự do (Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc, 2010), nội dung của phương pháp này đã được trình trong nhiều tài liệu cho nên trong bài báo này không trình bày nội dung phân tích độ ổn định của các mốc khống chế độ cao cơ sở.

Đối với mốc khống chế mặt bằng cơ sở trong phương pháp này được đo đạc bằng công nghệ GNSS tĩnh, trong mỗi chu kỳ quan trắc sau khi đã thực hiện bình sai lưới GNSS bằng phần mềm chuyên dụng ở chế độ FIX tọa độ 1 điểm (coi lưới GNSS là lưới tự do bậc 0) để tránh ảnh hưởng của sai số số liệu gốc thì còn cần phải kiểm tra độ ổn định của các điểm cơ sở và định vị lại mạng lưới đó. Việc định vị hệ thống lưới quan trắc trong từng chu kỳ đo được thực hiện theo tiêu chuẩn: lưới được định vị vào vị trí trung bình các điểm khống chế ổn định. Quy trình phân tích độ ổn định của các mốc khống chế mặt bằng cơ sở đo bằng công nghệ GNSS tĩnh được thực hiện theo quy trình nêu trong tài liệu (Trần Khánh, Trần Ngọc Đông và nnk., 2018).

2.4.2. Tính toán tham số chuyển vị

Tham số chuyển vị tại các điểm quan trắc được tính toán theo công thức sau:

$$\left.\begin{aligned} Qx &= X^{(j)} - X^{(i)} \\ Qy &= Y^{(j)} - Y^{(i)} \\ Q_H &= H^{(j)} - H^{(i)} \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Trong công thức (1), $X^{(j)}$, $Y^{(j)}$, $H^{(j)}$, $X^{(i)}$, $Y^{(i)}$, $H^{(i)}$ là tọa độ của điểm quan trắc được xác định trong 2 chu kỳ i và j tương ứng, Qx, Qy là giá trị chuyển vị theo phương ngang, Q_H là giá trị chuyển vị theo phương đứng (độ lún).

Có thể thấy rằng, phương pháp trắc địa truyền thống để quan trắc chuyển vị đê chắn sóng là dễ thực hiện, tính toán đơn giản. Tuy nhiên, với các điểm đo đơn lẻ thì phương pháp này phù hợp đánh giá chuyển vị cục bộ tại các vị trí có gắn mốc quan trắc.

3. Kết hợp công nghệ GNSS và 3D laser scan quan trắc chuyển vị đê chắn sóng

3.1. Giới thiệu chung và nguyên lý hoạt động của máy Scan 3D

Laser Scanner mặt đất (Terrestrial Laser scanner) là dạng công nghệ thu thập dữ liệu tự động, với kết cấu gồm 2 motor quay theo chiều ngang và chiều dọc, giúp sensor của máy thu được tín hiệu từ tất cả các hướng của các đối tượng trong không gian. Nguyên lý hoạt động của máy quét 3D mặt đất là sử dụng tín hiệu Laser để đo khoảng cách từ máy quét đến đối tượng, tại một thời điểm máy bắn một tia (hoặc chùm tia) đến đối tượng và nhận tín hiệu phản hồi, đồng thời máy sẽ đo góc bằng và góc đứng. Từ đó, theo nguyên lý tọa độ cực, máy sẽ xác định được tọa độ X, Y, Z của các điểm trong không gian.

Trong máy 3D Scanner khoảng cách từ máy đo đến đối tượng được xác định theo nguyên lý đo xung (TOF - Time of Flight) hoặc đo pha (Phase Shift). Thời gian thực hiện scan mỗi trạm máy từ: 5-10 phút (hoặc có thể lâu hơn tùy vào độ phân giải được lựa chọn). Lựa chọn độ phân giải càng cao, thời gian scan sẽ lâu hơn, mật độ điểm của dữ liệu thu thập sẽ cao hơn và chi tiết hơn.

Kết quả công tác quét là dữ liệu dạng Point cloud sau đó được kết hợp chồng phủ các lớp dữ liệu của các chu kỳ quan trắc, tiến hành phân tích đánh giá độ biến dạng của công trình trên các phần mềm chuyên dụng.

3.2. Kết hợp công nghệ GNSS và 3D laser scan quan trắc chuyển vị đê chắn sóng

Cũng giống như phương pháp truyền thống, giải pháp kết hợp này sử dụng công nghệ GNSS để lập lưới khống chế cơ sở. Việc quét bề mặt đê chắn sóng để xác định chuyển vị được thực hiện theo phương pháp quét 3D scanning, bằng cách đứng máy tại vị trí bất kỳ, đo giao hội về 2 điểm đã biết tọa độ (các điểm đã biết tọa độ là các điểm khống chế tạm thời đã được xác định tọa độ theo các mốc khống chế cơ sở sau đó đo kiểm tra tọa độ, độ cao về 1 điểm thứ 3 (tùy thuộc vào vị trí và điều kiện đo) để kiểm tra, hoặc có thể đứng máy tại một mốc khống chế tạm thời định hướng mốc khống chế tạm thời khác (tại những vị trí không giao hội được), hoặc đo thêm điểm phụ, đứng máy tại điểm phụ định hướng về các điểm đã biết tọa độ sau đó tiền hành quét bề mặt đê chắn sóng theo các vùng quét đã định. Các vùng quét 3D scanning cần có độ chồng phủ lên nhau, do đê chắn sóng có các lớp phủ là các khối phá sóng xếp lại với nhau, có hệ số rỗng lớn nên để đảm bảo toàn bộ bề mặt thân đê được quét đầy đủ và chi tiết thì khoảng cách mỗi trạm máy không quá 20 m.

Phân tích chuyển dịch của đê theo các mặt cắt ngang với khoảng cách 5 m/mặt cắt, bên cạnh đó kết quả quan trắc có thể trích xuất tọa độ 3 chiều ở vị trí bất kỳ trên thân đê cũng như trích xuất theo mặt cắt ngang như phương pháp truyền thống để xác định giá trị chuyển vị cục bộ. Quy trình kết hợp công nghệ GNSS và 3D laser scan quan trắc chuyển vị đê chắn song được thể hiện trong Hình 1.

4. Thực nghiệm quan trắc chuyển vị đê chắn sóng bằng công nghệ GNSS kết hợp 3D laser scan

4.1. Giới thiệu công trình thực nghiệm

Đê chắn sóng được tiến hành quan trắc chuyển vị ở đây là đê chắn sóng mái nghiêng của một công trình nhà máy lọc dầu ở Việt Nam, đê được thiết kế xây dựng để bảo vệ các tàu ra vào cảng của nhà máy. Đê được thiết kế là đê chắn sóng mái nghiêng có tổng chiều dài khoảng 1,5 km, lớp phủ là các khối phá sóng Rakuna-IV.

Xây dựng mốc khống chế cơ sở, mốc khống chế tạm thời

↓

Đo đạc lưới GNSS gồm các điểm mốc khống chế cơ sở và mốc khống chế tạm thời

↓

Xử lý lưới GNSS (phân tích đánh giá độ ổn định của các mốc khống chế cơ sở)

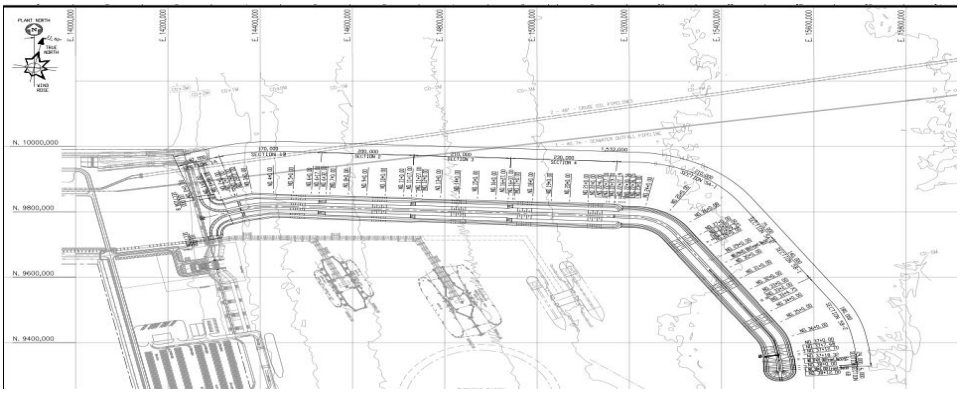
↓

- Scan hiện trường: Thiết lập trạm máy theo phương pháp giao hội thuận hoặc giao hội nghịch,
- Kiểm tra độ chính xác trạm máy, thiết lập các thông số scan: độ phân giải, scan mode, camera,…
- Scan, kết thúc, chuyển sang trạm tiếp theo.

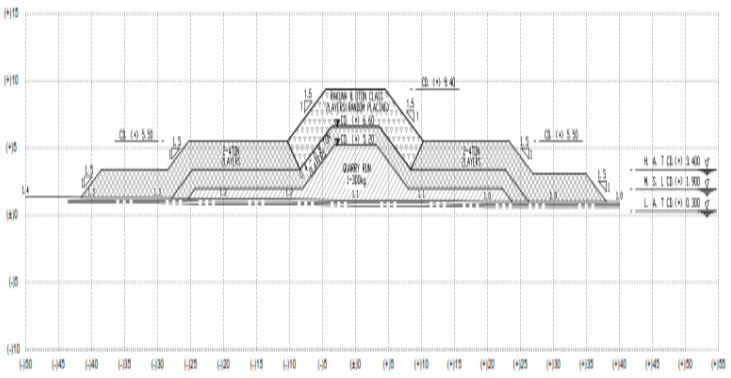
↓

Trút số liệu, xử lý số liệu và tiến hành phân tích dữ liệu trên các phần mềm chuyên dụng, xuất báo cáo

Hình 1. Quy trình kết hợp công nghệ GNSS và 3D laser scan quan trắc chuyển vị đê chắn sóng



Hình 2. Mặt bằng đê chắn sóng của nhà máy lọc dầu X



Hình 3. Mặt cắt ngang của đê chắn sóng



Hình 4. Khối phá sóng Rakuna-IV

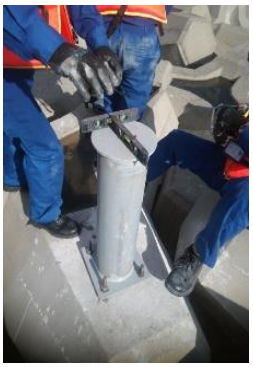
4.2. Xây dựng hệ thống mốc khống chế cơ sở

Hệ thống mốc khống chế cơ sở gồm 04 mốc (BM-01, BM-02, BM-03 và BM-04) có cả tọa độ và độ cao đã được xây dựng phục vụ quan trắc lún và chuyển dịch các hạng mục công trình của nhà máy trong giai đoạn thi công xây dựng. Các mốc khống chế cơ sở này được xây dựng trong khu vực nhà máy và cách xa đê chắn sóng khoảng 2 km cho nên xây dựng thêm 05 mốc khống chế tạm thời có ký hiệu mốc là

TBM-01, TBM-02, TBM-03, TBM-04 và TBM-05 được phân bố dọc theo tuyến đê, các mốc này được gắn trực tiếp trên thân đê và có cấu tạo như Hình 5.



Hình 5. Mốc khống chế cơ sở



Hình 6. Mốc khống chế tạm thời



Hình 7. Mốc quan trắc bằng phương pháp truyền thống

4.3. Thiết bị và phần mềm sử dụng

Thiết bị sử dụng để đo đạc lưới khống chế cơ sở là thiết bị định vị vệ tinh GNSS Trimble R8s hai tần số. Kết quả đo đạc lưới được xử lý bằng phần mềm TBC 5.2 và tiến hành phân tích đánh giá độ ổn định của các mốc khống chế cơ sở đo bằng GNSS tĩnh được thực hiện theo các công thức nêu trong tài liệu (Trần Khánh, Trần Ngọc Đông và nnk., 2018).

Thiết bị sử dụng để scan đê là máy GLS-2200 của hãng TOPCON, GLS - Geodetic Laser Scanner là dòng thiết bị Laser Scanner mặt đất (TLS - Terrestrial Laser Scanner), sử dụng tia Laser đơn để thu thập dữ liệu. GLS có nguyên lý thu thập dữ liệu gần như máy toàn đạc điện tử, có các chức năng giao hội để thiết lập trạm máy trên mốc trắc địa. Các điểm đo thu được có độ chính xác tương tự máy toàn đạc điện tử nhưng dữ liệu điểm đo là các tập hợp điểm với mật độ điểm rất cao (point cloud). Các dữ liệu đo đạc được xử lý bằng phần mềm xử lý dữ liệu đám mây điểm MAGNET collage.



Thông số thiết bị:
Độ chính xác đo bề mặt: 1 mm
Độ chính xác đo cạnh: 3,1 mm/150 m
Khoảng cách đo tối đa: lên đến 500 m
Tốc độ thu thập dữ liệu: 120.000 điểm/giây

Hình 8. Máy GLS-2200 của hãng TOPCON

4.4. Kết quả xử lý dữ liệu quan trắc

4.4.1. Kết quả đo đạc lưới khống chế cơ sở và đánh giá độ ổn định của các mốc khống chế cơ sở

Quá trình thực nghiệm được thực hiện với 2 chu kỳ quan trắc, trong mỗi chu kỳ quan trắc tiến hành đo đạc lưới độ cao gồm các mốc khống chế cơ sở BM-01, BM-02, BM-03 và BM-04 bằng thủy chuẩn hình học, phân tích đánh giá độ ổn định về độ cao của các mốc.

Tọa độ của các mốc khống chế cơ sở và tọa độ, độ cao của các mốc khống chế tạm thời được đo đạc theo phương pháp định vị tương đối bằng Trimble R8s hai tần số. Độ chính xác đề ra của các mốc

không chế tạm thời như sau: độ chính xác về vị trí mặt bằng là $m_P \leq 9,5$ mm; độ chính xác về độ cao $m_H \leq 9,5$ mm.

Kết quả bình sai, phân tích độ ổn định của các mốc khống chế cơ sở về tọa độ được thể hiện trong Bảng 1-4.

Bảng 1. Kết quả bình sai lưới chu kỳ 01, 02 trong hệ tọa độ phẳng ở chế độ FIX 1 điểm gốc (FIX điểm BM-01)

STT	Tên mốc	Tọa độ chu kỳ 01 (Bình sai FIX 1 điểm BM-01) (25/7/2020)		Tọa độ chu kỳ 02 (Bình sai FIX 1 điểm BM-01) (25/7/2021)		Ghi chú
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	
1	BM-01	2140533.883	579561.120	2140533.881	579561.122	Mốc khống chế cơ sở
2	BM-02	2140843.282	581719.947	2140843.284	581719.949	
3	BM-03	2141710.008	580347.616	2141710.008	580347.616	
4	BM-04	2142211.032	582470.251	2142211.030	582470.255	
5	TBM-01	2142257.213	582735.641	2142257.220	582735.643	Mốc khống chế tạm thời
6	TBM-02	2142158.278	582777.918	2142158.284	582777.919	
7	TBM-03	2142268.915	583170.678	2142268.921	583170.678	
8	TBM-04	2142334.291	583559.583	2142334.294	583559.583	
9	TBM-05	2142221.843	583859.784	2142221.848	583859.790	

Bảng 2. Tham số tính chuyển chu kỳ 02

STT	Tên mốc	Tọa độ chu kỳ 01 (Bình sai FIX 1 điểm BM-01) (25/7/2020)		Tọa độ chu kỳ 02 (Bình sai FIX 1 điểm BM-01) (25/7/2021)		Độ lệch (m)	
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	dX(m)	dY(m)
1	BM-01	2140533.883	579561.120	2140533.881	579561.122	-0,002	0,002
2	BM-02	2140843.282	581719.947	2140843.284	581719.949	0,002	0,002
3	BM-03	2141710.008	580347.616	2141710.008	580347.616	0,000	0,000
4	BM-04	2142211.032	582470.251	2142211.030	582470.255	-0,002	0,004
				ΣdX, ΣdY		-0,002	0,008
				Tham số tính chuyển		-0,001	0,002

Bảng 3. Kết quả đánh giá độ ổn định các mốc cơ sở chu kỳ 2

STT	Tên mốc	Tọa độ chu kỳ 01 (Bình sai FIX 1 điểm BM-01) (25/7/2020)		Tọa độ chu kỳ 02 (sau điều chỉnh) (25/7/2021)		Độ lệch (mm)			Giới hạn ổn định (mm)	Kết quả đánh giá
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	q_x	q_y	q	Δ_0	
1	BM-01	2140533.883	579561.120	2140533.882	579561.120	-1	0	1,5	9,5	Ổn định
2	BM-02	2140843.282	581719.947	2140843.285	581719.947	2	0	2,5	9,5	Ổn định
3	BM-03	2141710.008	580347.616	2141710.009	580347.614	1	-2	2,1	9,5	Ổn định
4	BM-04	2142211.032	582470.251	2142211.031	582470.253	-2	2	2,5	9,5	Ổn định

Trên Bảng 3, giá trị Δ_0 chọn bằng yêu cầu độ chính xác đối với điểm khống chế cơ sở và bằng 9,5 mm. Các mốc khống chế cơ sở về tọa độ ở chu kỳ 2 đều ổn định, do đó tham số tính chuyển tại Bảng 2 được sử dụng để cái chính vào tọa độ của các mốc khống chế tạm thời.

Bảng 4. Tọa độ, độ cao các mốc khống chế cơ sở và mốc khống chế tạm thời

STT	Tên mốc	Tọa độ chu kỳ 02 (sau điều chỉnh) (25/7/2021)		Độ cao của các mốc		Ghi chú
		X(m)	Y(m)	Chu kỳ 1 (25/7/2020) H1(m)	Chu kỳ 2 (25/7/2021) H2(m)	
1	BM-01	2140533.882	579561.120	100.57455	100.57535	Mốc khống chế cơ sở
2	BM-02	2140843.285	581719.947	99.64527	99.64276	
3	BM-03	2141710.009	580347.614	99.71700	99.71620	
4	BM-04	2142211.031	582470.253	99.40265	99.39326	
5	TBM-01	2142257.221	582735.641	99.020	99.011	Mốc khống chế tạm thời
6	TBM-02	2142158.285	582777.917	101.947	101.953	
7	TBM-03	2142268.922	583170.676	102.300	102.298	
8	TBM-04	2142334.295	583559.581	101.964	101.986	
9	TBM-05	2142221.849	583859.788	101.678	101.690	

Độ cao của các mốc khống chế cơ sở ở Bảng 4 là độ cao đo bằng thủy chuẩn hình học và là độ cao sau khi phân tích đánh giá độ ổn định về độ cao của các mốc khống chế cơ sở.

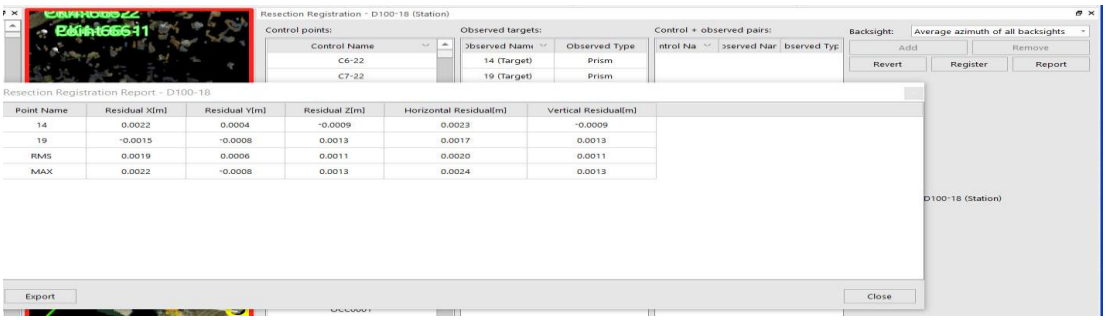
Khi xử lý số liệu lưới GNSS gồm các mốc khống chế cơ sở và mốc khống chế tạm thời cần xử lý số liệu ở dạng lưới 1 cấp và bình sai lưới GNSS trong mỗi chu kỳ quan trắc cần chọn xử lý ở chế độ FIX tọa độ 1 điểm (coi lưới GNSS là lưới tự do bậc 0) để tránh ảnh hưởng của sai số số liệu gốc, sau đó tiến hành phân tích độ ổn định của các mốc khống chế cơ sở và định vị lại mạng lưới ở chu kỳ đang xét vào vị trí trung bình của các mốc khống chế cơ sở ổn định.

Phương pháp xử lý số liệu lưới khống chế cơ sở đo bằng công nghệ GNSS nêu trên là phù hợp và có tính chặt chẽ, tính đúng đắn của thuật toán đã được chứng minh bằng kết quả thực nghiệm. Quy trình tính phân tích độ ổn định của các mốc khống chế cơ sở trong mạng lưới thành lập bằng công nghệ GNSS dễ dàng tự động hóa thông qua lập trình tính toán trên máy tính.

4.4.2. Kết quả xử lý dữ liệu scan 3D

Trút dữ liệu rawdata vào máy tính, thực hiện xử lý số liệu scan trên phần mềm Magnet Collage theo các bước: Pose Scan, Colorize Scan from Images, Stitch panoramas, Filter Scan, Smooth Filter.

Tự động registration, mô hình tổng thể của đê được ghép hoàn toàn tự động và sai số được kiểm soát ngay tại hiện trường, độ chính xác được báo cáo đầy đủ bao gồm toàn bộ tất cả các trạm scan, trường hợp phát hiện sai sót trong quá trình scan hiện trường, dữ liệu có thể được hiệu chỉnh hoặc loại bỏ và thực hiện scan lại đối với trạm máy đó.



Hình 9. Kiểm tra sai số của một trạm máy

- Tiến hành xử lý số liệu, xuất dữ liệu point cloud để phân tích số liệu công trình.

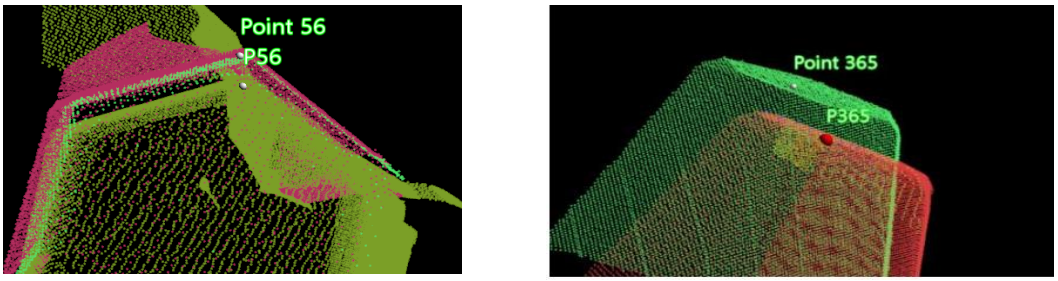


Hình 10. Point cloud data (chu kỳ 01)



Hình 11. Point cloud data (chu kỳ 2)

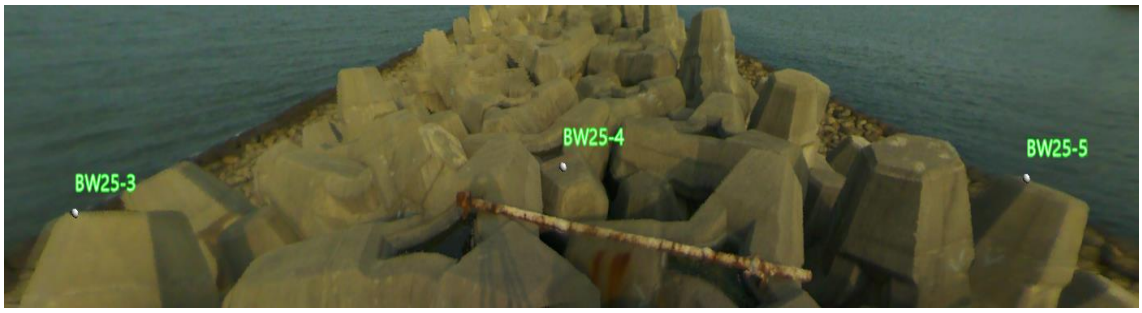
Dữ liệu quét 3D được thực hiện cho toàn bộ thân đê chắn sóng, dựa vào dữ liệu quét của 2 chu kỳ tiến hành chồng ghép lên nhau để phân tích, so sánh đánh giá mức độ chuyển dịch của đê cũng như đánh giá chuyển vị tại một vị trí cục bộ bất kỳ trên đê. Dữ liệu phân tích theo mặt cắt ngang, xác định các điểm đặc trưng trên mỗi mặt cắt đó, tiến hành trích xuất tọa độ và độ cao tại các vị trí đó ở các chu kỳ đo để tính toán giá trị chuyển dịch. Với dữ liệu quét 3D scanning, khi chồng ghép mô hình 2 chu kỳ thì dễ dàng phát hiện được các vùng có giá trị chuyển vị lớn cũng như các vị trí cục bộ có giá trị chuyển vị lớn để trích xuất dữ liệu và đánh giá mức độ chuyển vị so với chuyển vị cho phép để có những cảnh báo kịp thời khi giá trị chuyển vị đạt ngưỡng hoặc vượt giá trị chuyển vị cho phép. Do đê có chiều dài lớn và chuyển dịch giữa hai chu kỳ là nhỏ nên trong bài báo này không hiển thị được sự chồng ghép dữ liệu của 2 chu kỳ quan trắc mà chỉ thể hiện tại một số vị trí như Hình 11 để làm rõ hình ảnh chuyển dịch cục bộ tại một số vị trí trên thân đê.



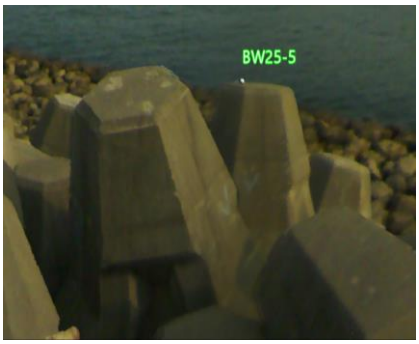
Hình 12. Hình ảnh thể hiện giá trị chuyển dịch giữa 2 chu kỳ quan trắc

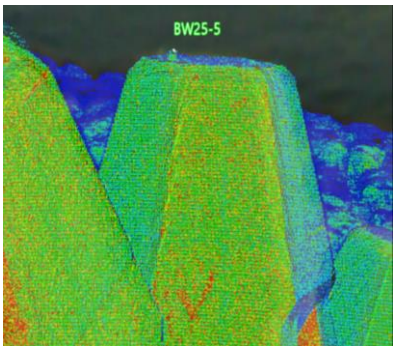
4.5. So sánh các giá trị quét 3D so với quan trắc bằng phương pháp truyền thống

Để đánh giá độ chính xác của phương pháp 3D laser scan, chúng tôi đã gắn một số điểm đo bằng mốc sứ trên thân đê để đo đạc bằng phương pháp truyền thống (đo đạc bằng máy toàn đạc điện tử), khi quét 3D sẽ thu được các điểm này, khi xử lý dữ liệu quét 3D tiến hành trích xuất tọa độ và độ cao để so sánh với phương pháp truyền thống. Kết quả so sánh tọa độ các điểm này khi đo bằng 2 phương pháp được thể hiện trong Bảng 5.



Hình 13. Hình ảnh các điểm mốc sứ quan trắc bằng phương pháp truyền thống





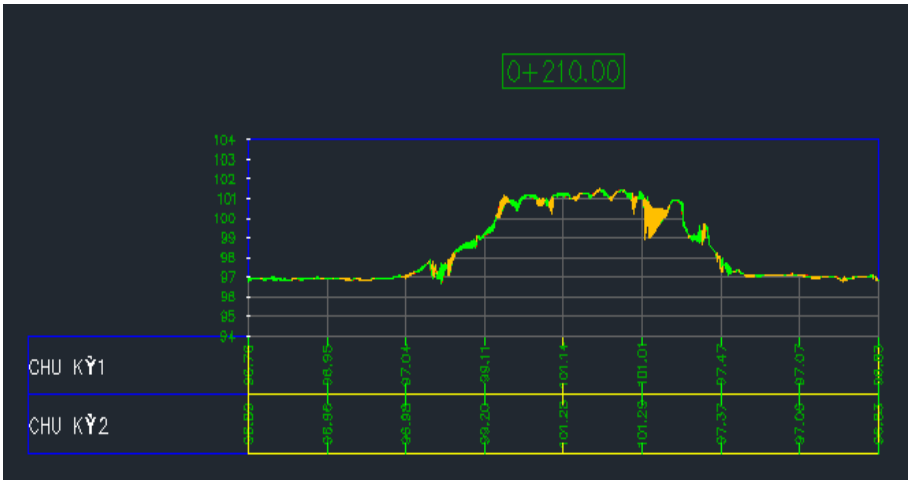
Hình 14. Hình ảnh các điểm mốc sứ quan trắc bằng phương pháp truyền thống sau khi scan 3D

Bảng 5. Kết quả so sánh 1 số điểm scan 3D so với phương pháp truyền thống

STT	Tên điểm	Tọa độ, độ cao đo bằng phương pháp truyền thống			Tọa độ, độ cao đo bằng scan 3D			Độ lệch		
		X(m)	Y(m)	H(m)	X(m)	Y(m)	H(m)			
1	BW25-3	2142279.661	583209.504	101.458	2142279.657	583209.506	101.450	-0,004	0,002	-0,008
2	BW25-4	2142275.566	583210.934	101.254	2142275.569	583210.931	101.252	0,003	-0,003	-0,002
3	BW25-5	2142269.829	583211.268	101.165	2142269.825	583211.269	101.168	-0,004	0,001	0,003
4	BW74-1	2142026.258	584055.664	98.985	2142026.262	584055.656	98.990	0,004	-0,008	0,005
5	BW74-2	2142025.609	584053.949	100.097	2142025.610	584053.944	100.092	0,001	-0,005	-0,005
6	BW74-3	2142024.732	584051.706	101.017	2142024.745	584051.696	101.006	0,013	-0,010	-0,011

Từ kết quả ở Bảng 5 nhận thấy, với độ chính xác yêu cầu đề ra đối với điểm quan trắc là ≤ 1,9 cm thì phương pháp quét 3D không những đáp ứng được độ chính xác đề ra mà độ chính xác đạt được tương đương như phương pháp truyền thống.

Dữ liệu 3D scan của các chu kỳ cũng có thể được phân tích tổng thể trên phần mềm civil 3D. Insert dữ liệu point cloud vào phần mềm civil 3D, chạy mặt cắt và phân tích độ biến dạng công trình theo mặt cắt đối với dữ liệu chồng phủ của 2 chu kỳ.



Hình 15. Phân tích dữ liệu trên phần mềm Civil 3D

Do bề mặt đê chắn sóng là các khối Rakuna xếp không khít, có độ rỗng lớn, dữ liệu scan không phải là dữ liệu địa hình liên tục (ảnh hưởng đến việc tạo TIN, DEM và phân tích dữ liệu) kết quả phân tích theo mặt cắt và phân tích tổng thể mang tính tương đối, số liệu phân tích chi tiết cục bộ tại các khối Rakuna sẽ cho kết quả chuyển dịch chính xác tại các khối Rakuna.

5. Kết luận

Công nghệ GNSS được ứng dụng để lập lưới khống chế cở cho phương pháp quan trắc chuyển vị đê chắn song bằng quét 3D scanning là phù hợp và đem lại hiệu quả cao, cho phép linh hoạt về việc lựa chọn vị trí xây dựng các mốc khống chế cơ sở (các mốc cơ sở có thể nằm cách xa đê chắn sóng), thuận tiện cho việc truyền tọa độ và độ cao cho các mốc khống chế tạm thời để làm cơ sở bố trí trạm máy quét 3D scanning. Phương pháp xử lý số liệu lưới khống chế cơ sở và phân tích độ ổn định các mốc khống chế cơ sở đo bằng công nghệ GNSS nêu trên là phù hợp, có tính chặt chẽ và dễ dàng lập trình trên máy tính điện tử.

Phương pháp quét 3D scanning đê chắn sóng cho thấy phương pháp này không những đáp ứng được được yêu cầu độ chính xác quan trắc đề ra đối với đê chắn sóng mà còn có ưu điểm hơn so với quan trắc bằng phương pháp trắc địa truyền thống, như cho phép đánh giá chi tiết chuyển vị tại một vị trí bất kỳ của thân đê, thể hiện chuyển vị cục bộ cũng như tổng thể thân đê theo mô hình 3D và hình ảnh một cách trực quan. Mặt khác, dữ liệu quét 3D scanning hoàn toàn thiết lập được trạng thái ban đầu của đê để làm cơ sở dữ liệu phục vụ cho việc khai thác sử dụng đê sau này.

Tài liệu tham khảo

Phạm Trung Dũng, Nguyễn Thị Kim Thanh, Trần Thùy Linh, Nguyễn Thị Hà, Nguyễn Thái Bình Dương 2021. Đề xuất quy trình quan trắc chuyển dịch công trình sử dụng máy quét laser mặt đất. Hội nghị khoa học toàn quốc: Công nghệ Địa không gian trong Khoa học Trái đất và Môi trường.

Phạm Trung Dũng, Cao Xuân Cường, Nguyễn Như Tuấn Anh, Nguyễn Văn Hùng, 2021. Quan trắc chuyển dịch ngang công trình nhà cao tầng bằng máy quét laser: So sánh giữa máy quét loại pha và loại xung. Hội nghị khoa học toàn quốc: Nghiên cứu ứng dụng, phát triển hạ tầng dữ liệu không gian địa lý quốc gia: Vai trò của công nghệ đo đạc bản đồ hiện đại.

Phạm Trung Dũng, 2021. Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy quét scan laser 3D trong công tác quan trắc chuyển dịch ngang công trình. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp cơ sở năm 2021, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

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.

Pham Trung Dung, Pham Quoc Khanh, Cao Xuan Cuong, Nguyen Viet Hung, Ngo Sy Cuong, 2021. The capability of terrestrial laser scanning for monitoring the displacement of high-rise buildings. Journal

of the polish mineral engineering society, Volume 2, Issue 48, 2021. ISSN 1640-4920. DOI:10.29227/IM-2021-02-47.

Trung Dung Pham, Xuan Cuong Cao, Duc Tinh Le, Cuong Sy Ngo, Dinh Van Le, 2021. Displacement monitoring of high-rise buildings by using terrestrial laser scanners: Faro Focus3D X130. Journal of Mining and Earth Sciences Vol 62, Issue 6 (2021) 29-36.

Trần Ngọc Đông, Nguyễn Xuân Long, Nguyễn Hoài Nam, 2022. Ứng dụng công nghệ 3D laser scan trong việc đánh giá hiện trạng các bồn chứa xăng dầu, Tạp chí KHCN Xây dựng, số 2, trang 51-60.

Trần Khánh, Trần Ngọc Đông, Trần Thùy Linh, Nguyễn Mạnh Hùng, 2018. Nghiên cứu phương pháp xử lý số liệu lưới GPS quan trắc chuyển dịch ngang công trình", Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học quốc tế kỷ niệm 55 năm ngày thành lập Viện KHCN Xây dựng (1963-2018). Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội 11-2018, trang 377-383.

Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc, 2010. Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội.

TCCS 02:2017/CHHVN, Tiêu chuẩn cơ sở. Đê chắn sóng - yêu cầu thiết kế.

Huang Sheng Xiang, Yin Hui, Jiang Zheng (Biên dịch: Phan Văn Hiến, Phạm Quốc Khánh), 2012. Xử lý số liệu quan trắc biến dạng, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

Mat Zam P.M, Fuad N.A, Yusoff A.R, and Majid Z., 2018. Evaluating the performance of terrestrial laser scanning for landslide monitoring. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4/W9, 2018 International Conference on Geomatics and Geospatial Technology (GGT 2018), 3-5 September 2018.

ABSTRACT

Research for combination of GNSS and 3D laser scan technology in monitoring the displacement of breakwater

Tran Ngoc Dong[1] , Nguyen Van Nghia[1], Nguyen Van Hung[2]

[1] *Vietnam Institute for Building Science and Technology (IBST) - Ministry of Construction*

[2] *Topcon Representative Office in Vietnam - Topcon Corporation*

Breakwaters are works built to protect ports, harbor tanks, anchoring areas, and protect shores from the effects of waves. This article presents a solution that combines GNSS technology and 3D laser scan to monitor the displacement of the breakwater with sloping plane. The experimental results of displacement monitoring for a sloping breakwater of an oil refinery in Vietnam have shown that the above method not only meets the required accuracy of the monitoring but also has more advantages than the traditional geodetic method, such as allowing detailed assessment of displacement at any position of the breakwater body, showing the local displacement as well as a 3D model of the breakwater body and the overall image of the breakwater. The strength of 3D laser scan compared to the traditional method in displacement monitoring is to compare the plane of the monitoring object at different scanning times to analyze the displacement, while the traditional method is to compare single points with each other.

Keywords: Breakwater, displacement monitoring, GNSS technology, terrestrial laser scanning.

ENGINEERING SURVEYING FOR SUSTAINABLE DEVERLOPMENT - ESSD2023

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ESSD 2023)

Nghiên cứu hoàn thiện phương pháp phân tích độ ổn định lưới độ cao cơ sở trong quan trắc lún công trình

Trần Thùy Linh*

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Bài báo có nội dung phát triển hoàn thiện phương pháp phân tích độ ổn định các điểm của lưới khống chế độ cao cơ sở trong quan trắc lún công trình. Từ việc đề xuất nguyên tắc xác định trạng thái các điểm mốc và phương pháp định vị lưới độ cao cơ sở, trong bài báo đã xác lập cơ sở lý thuyết, xây dựng thuật toán và quy trình phân tích độ ổn định các điểm của mạng lưới đã nêu. Phương pháp xử lý số liệu đưa ra trong bài báo có tính tổng quát, chặt chẽ và thuận tiện triển khai thông qua giải pháp lập trình tính toán. Các kết quả thực nghiệm đối với công trình ở thực tế đã minh chứng cho tính hợp lý của quy trình đưa ra trong bài báo và hiệu quả của phương pháp đề xuất để xử lý số liệu lưới độ cao cơ sở trong quan trắc lún công trình.

Từ khóa: Lưới độ cao cơ sở, bình sai tự do, ma trận giả nghịch đảo, độ ổn định điểm cơ sở.

1. Đặt vấn đề

Xây dựng hệ thống điểm khống chế của lưới độ cao cơ sở là một trong những nhiệm vụ quan trọng đối với công tác quan trắc lún công trình. Cùng với đó vấn đề phân tích, đánh giá độ ổn định của hệ thống điểm cơ sở dựa trên cơ sở các trị đo lặp mạng lưới trong các chu kỳ quan trắc luôn được các nhà trắc địa quan tâm nghiên cứu, khảo sát và đã được quy định trong quy định của Nhà nước (TCVN 9360:2012).

Tiêu chí để đánh giá độ ổn định điểm độ cao cơ sở được xác định dựa trên nguyên tắc: *"Điểm cơ sở được coi là ổn định nếu chênh lệch độ cao của điểm đó ở chu kỳ đang xét so với chu kỳ cơ sở (chọn làm mốc so sánh) không vượt quá sai số giới hạn xác định độ chênh lệch đó"* và được thể hiện cụ thể qua công thức (Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc 2010, Đào Xuân Lộc, Chu Mạnh Hùng 2009):

$$|\delta H| \le t.m_{\delta H} \quad (1)$$

Các phương pháp đánh giá ổn định lưới độ cao đều dựa vào giả định về sự ổn định của một nhóm điểm trong lưới, một số phương pháp điển hình thuộc loại này là phương pháp Trernhicov (CHLB Nga), trong đó giả định về độ ổn định độ cao trung bình của cả cụm điểm, phương pháp này có nhược điểm là không đặt ra vấn đề xác định loại bỏ các điểm có giá trị chuyển dịch lớn ra khỏi hệ thống; Phương pháp do nhà trắc địa Costekhen đưa ra được dựa trên nguyên tắc "*Độ cao của điểm ổn định nhất trong lưới có giá trị không đổi giữa các chu kỳ quan trắc",* trong phương pháp này, ngoài giả thiết đã nêu ở trên, còn cần phải đặt ra tiêu chí để xác định điểm ổn định nhất; Phương pháp bình sai lưới tự do dựa trên giả thiết "*Tổng bình phương chênh lệch độ cao của các điểm ổn định trong lưới ở chu kỳ đang xét so với chu kỳ gốc là nhỏ nhất"* (Trần Khánh, 2006). Các phương pháp nêu trên đều coi lưới cơ sở là lưới trắc địa tự do và vấn đề phân tích độ ổn định điểm cơ sở sẽ dẫn đến bài toán bình sai lưới độ cao tự do với hệ phương trình chuẩn mở rộng sau (Hoàng Ngọc Hà 2006; Trần Khánh, 2006; John Olusegun Ogundare, 2016):

$$\begin{bmatrix} R & C \\ C^T & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \delta H \\ K \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b \\ 0 \end{bmatrix} = 0 \quad (2)$$

trong đó: $\delta H = [\ \delta H_1 \quad \delta H_2 \quad ... \quad \delta H_N]^T$ - Số hiệu chỉnh độ cao đối với vector độ cao gần đúng $H^0 = [H_1^0 \quad H_2^0 \quad ... \quad H_N^0]^T$, nếu chọn vector độ cao gần đúng bằng với vector độ cao bình sai ở chu kỳ chọn làm mốc so sánh thì vector số hiệu chỉnh độ cao δH sẽ trùng khớp với vector độ lún của các điểm độ cao lưới cơ sở; R, b là ma trận hệ số và vector số hạng tự do của hệ phương trình chuẩn, được xác định dựa trên tập trị đo trong lưới; C là vector bổ trợ, có ít nhất một phần tử khác 0, vector này có tác dụng định vị mạng lưới và được thể hiện dưới dạng:

* *Tác giả liên hệ*

Email: tranthuylinh@humg.edu.vn

$$C^T \delta H = 0 \quad (3)$$

hoặc được viết dưới dạng khai triển như sau:

$$c_1 \delta H_1 + c_2 \delta H_2 + \cdots + c_N \delta H_N = 0 \quad (4)$$

Trong đó phần tử thứ i (điểm thứ i) của vector C được xác định theo quy tắc (Trần Khánh, 2006):

$$c_i = \begin{cases} 1 & \text{Nếu điểm i ổn định} \\ 0 & \text{Nếu điểm i không ổn định} \end{cases} \quad (5)$$

Biểu thức (2) và (3) có quan hệ ràng buộc 2 chiều: chỉ có thể giải được hệ phương trình (2) nếu đã vector C được xác định, mặt khác vector lại là hệ quả của việc giải hệ phương trình (2). Do không thể xử lý đồng thời các biểu thức (2) và (3) nên bài toán phân tích độ ổn định lưới cơ sở được giải quyết theo cách tính lặp: trong bước 1 đưa ra giả thiết về độ ổn định của nhóm điểm, bước 2 thực hiện kiểm tra giả thiết, nếu giả thiết là đúng thì *phương án được xác nhận*, nếu giả thiết không đúng thì phương án bị loại bỏ. Trong tài liệu (Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc, 2010) đã đề xuất giải bài toán theo phương pháp lặp nhích dần với trình tự thực hiện như sau: Bước đầu giả định tất cả các điểm cơ sở trong lưới là ổn định (chọn vector $C^T = B^T = [1 \quad 1 \quad \ldots \quad 1]_{1\times N}$)), từ đó giải hệ phương trình chuẩn với vector C đã chọn, xác định vector ẩn số (cũng chính là chênh lệch độ cao của các điểm so với số liệu ở chu kỳ được lấy làm mức so sánh). Tiếp theo thực hiện kiểm tra, đánh giá độ ổn định các điểm cơ sở, nếu phát hiện một số điểm không ổn định thì sẽ loại một điểm có giá trị trồi lún lớn nhất ra khỏi tập hợp điểm định vị (bằng cách gán cho điểm đó giá trị c = 0), quay lại thực hiện từ bước giải hệ phương trình chuẩn mở rộng và kiểm tra độ ổn định các điểm còn lại, quá trình lặp được thực hiện cho đến khi các điểm được kiểm tra đều ổn định thì kết thúc quá trình lặp và thực hiện định vị lưới theo các điểm cơ sở ổn định.

Quy trình tính toán nêu trên có ưu điểm là dễ thực hiện, tuy nhiên có những câu hỏi đặt ra như: tại sao trong mỗi lần tính lặp lại chọn loại chỉ một điểm có độ trồi lún lớn nhất? và khi có nhiều phương án đáp ứng tập hợp điểm ổn định thì chọn phương án nào?. Để giải quyết những vấn đề nêu trên, trong mục 2 của bài báo này chúng tôi đề xuất một phương pháp xử lý có tính tổng hợp đối với bài toán phân tích độ ổn định của lưới độ cao cơ sở quan trắc lún công trình.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

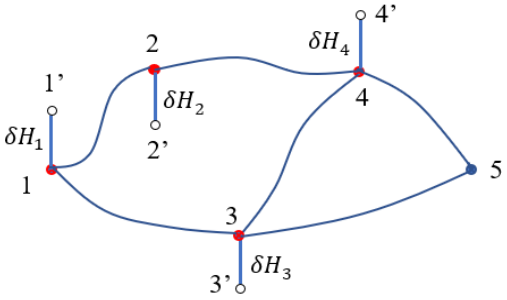
2.1. Xây dựng quy trình xử lý số liệu lưới cơ sở

Trước hết nói về vấn đề định vị tối ưu lưới độ cao tự do: Giả sử một mạng lưới độ cao cơ sở có 5 điểm điểm, trong đó có 4 điểm ổn định (1, 2, 3, 4) và 1 điểm không ổn định (điểm 5). Sơ đồ lưới đưa ra trong hình 1. Mạng lưới được định vị theo 4 điểm ổn định với điều kiện:

$$\sum \delta H^2 = \delta H_1^2 + \delta H_2^2 + \delta H_3^2 + \delta H_4^2 = Min \quad (6)$$

Từ biểu thức (6) tính sai số định vị lưới (m) theo công thức (dạng tổng quát):

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \delta H_i^2}{n}} \quad (7)$$



Hình 1. Sơ đồ định vị lưới độ cao tự do

Tùy thuộc vào giả định về trạng thái (ổn định hoặc không ổn định) của các điểm lưới độ cao cơ sở mà các hệ số c_i trong công thức (4) có thể nhận được các giá trị khác nhau (1 hoặc 0). Nếu mạng lưới độ cao

cơ sở có N điểm và giả định có k điểm trong số đó ổn định (còn lại N-k điểm không ổn định) thì sẽ chọn được số lượng phương án khác nhau đối với vector C là:

$$w_k = \frac{N!}{k!(N-k)!} \quad (8)$$

Coi *nhóm phương án k* là nhóm các phương án có k điểm ổn định, khi đó chúng ta sẽ có N nhóm, kí hiệu từ nhóm từ 1 đến nhóm (N), tổng số phương án trong các nhóm được xác định theo công thức:

$$w = \sum_{k=2}^{k=N} \frac{N!}{k! \times (N-k)} \quad (9)$$

Chúng tôi đề xuất thực hiện bình sai lưới độ cao cơ sở với tất cả các phương án có thể xảy ra của vector C để trên cơ sở đó chọn được phương án tối ưu nhất. Cách làm này có thể dẫn đến số lượng phương án cần phải xử lý là rất lớn (ví dụ nếu mạng lưới có 10 điểm cơ sở thì số phương án w = 1023), tuy nhiên nếu thực hiện xử lý theo một quy trình phù hợp thì khối lượng tính toán sẽ giảm đi đáng kể.

Trước hết chúng ta xác định các tiêu chí chọn phương án tối ưu: Phương án tối ưu được chọn trong số các phương án được xác nhận theo các tiêu chí, theo thứ tự ưu tiên như sau:

1. Chọn phương án có số lượng điểm ổn định là lớn nhất, tiêu chí này được đưa ra để bảo đảm độ tin cậy của kết quả xử lý.

2. Nếu xác định được nhiều phương án có số điểm ổn định bằng nhau thì chọn phương án có sai số định vị nhỏ nhất, tiêu chí này được đưa ra để bảo đảm độ chính xác của việc định vị lưới.

Để giảm khối lượng tính toán, chúng tôi đề xuất quy trình xử lý số liệu lưới cơ sở theo các bước sau:

Bước 1: Trên cơ sở số liệu quan trắc, bình sai lưới với giả thiết tất cả các điểm dều ổn định (bằng cách chọn vector $C^T = B^T = [1 \quad 1 \quad ... \quad 1]_{1\times N}$). Kết quả xác định được ma trận giả nghịch đảo tổng quát R^+ và vector ẩn số δH_0. Nếu độ lệch của các điểm đều không vượt quá độ lệch giới hạn thì kết luận là tất cả các điểm đều ổn định và kết thúc quá trình xử lý. Nếu giả thiết đưa ra là không đúng thì thực hiện các bước tính lặp ở bước 2.

Bước 2: Lần lượt bình sai lưới với các phương án vector C trong các nhóm, lần lượt từ nhóm phương án N-1 lùi dần lại đến nhóm phương án 2, nếu trong nhóm nào đó (ví dụ nhóm k) xác định được một hoặc một số phương án có k điểm ổn định thì kết thúc quá trình xử lý. Quy trình lặp trong bước xử lý này có thể được mô tả bằng ngôn ngữ giả lập như sau:

```
for(NhomPhuongAn=N; NhomPhuongAn>=2; NhomPhuongAn--)
{
    For(PhuongAn=1; PhuongAn<=w_NhomPhuongAn; PhuongAn++)
    {
        Chọn ma trận C;
        Bình sai lưới cơ sở lưới cơ sở, đánh giá các phương án;
    }
    Nếu tìm được một hoặc một số phương án được xác nhận thì chuyển sang bước 3;
}
```

Bước 3: Nếu trong nhóm k có 1 phương án đạt yêu cầu thì chọn phương án đó, nếu có nhiều hơn 1 phương án đạt yêu cầu thì chọn phương án có sai số định vị nhỏ nhất.

2.2. Tối ưu hóa thuật toán

Để giảm bớt khối lượng tính toán khi xử lý các phương án ở bước 2, thay cho việc phải thực hiện các bước tính theo quy trình bình sai lưới, chúng tôi đề xuất áp dụng các công thức chuyển tiếp để xác định ngay ma trận giả nghịch đảo và vector ẩn số theo các công thức được đưa ra trong (Hoàng Ngọc Hà, 2006):

- Tính ma trận giả nghịch đảo từ ma trận nghịch đảo tổng quát:

$$R^{\sim} = (E - TC^T)R^+(E - CT^T) \quad (10)$$

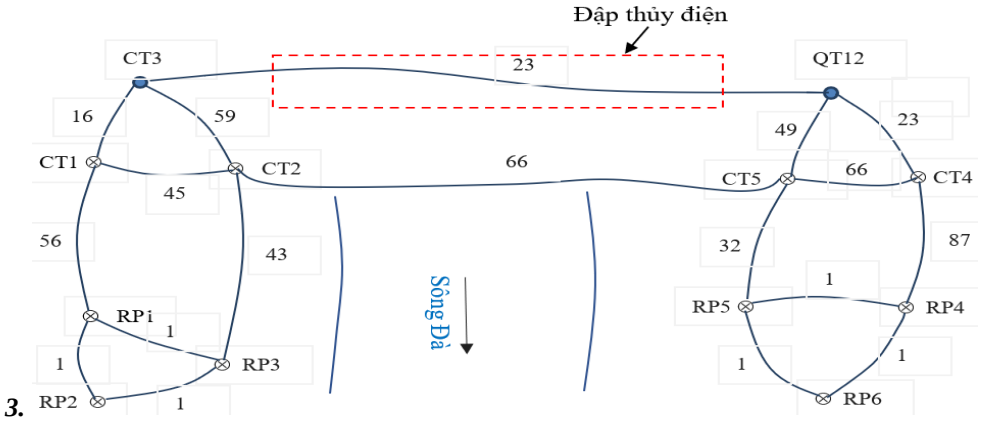
trong đó: $T = B(C^T B)^{-1}$

- Tính vector nghiệm:

$$\delta H = -R\tilde{}b \quad (11)$$

2. Kết quả thực nghiệm và thảo luận

Lưới độ cao cơ sở tại một công trình thủy điện gồm 12 điểm, trong đó có 10 điểm cơ sở và 2 điểm trung gian, lưới được liên kết từ 18 tuyến đo chênh cao. Từ yêu cầu sai số trung phương xác định độ lún đối với công trình này là $m_S \leq 1$ mm, hệ thống lưới độ cao được thành lập từ 2 cấp và chọn hệ số giảm độ chính xác các cấp lưới cúng như hệ số t trong công thức (1) đều bằng 3, xác định được tiêu chuẩn độ ổn định đối với độ cao các điểm cơ sở là $m_{\delta H(giới\ hạn)} = t.m_{\delta H} \leq 1$ mm. Sơ đồ lưới độ cao cơ sở được đưa ra trên Hình 2, trong Bảng 1 trình bày các vector trị đo, trị bình sai đối với 18 tuyến chênh cao.



Hình 2. Lưới độ cao cơ sở quan trắc lún công trình thủy điện

Công đoạn xử lý số liệu được thực hiện thông qua việc lập trình tính toán. Quá trình tính ở bước 1 (giả định các điểm đều ổn định) cho thấy phương án không được xác nhận. Xử lý ở bước 2 bắt đầu với giả định có 1 điểm không ổn định (gồm 10 phương án), tiếp tục tăng lên giả định 2 điểm không ổn định (45 phương án), các phương án trên đều không đạt yêu cầu. Khi giả định có 3 điểm không ổn định (gồm 120 phương án) thì xác định được 3 phương án đạt yêu cầu, bao gồm: phương án 1 cho kết quả 3 điểm không ổn định (RP01, CT2, CT4) với sai số định vị m = 0,015 mm, phương án 2 cho kết quả 3 điểm không ổn định (RP02, CT2, CT4) với sai số định vị m = 0,024 mm, phương án 3 cho kết quả 3 điểm không ổn định (CT1, CT2, CT4) với sai số định vị m = 0,023 mm. Như vậy phương án 1 là phương án tối ưu nhất và được chọn là kết quả của bài toán, lưới được định vị theo các điểm ổn định trong phương án này và kết thúc quá trình xử lý số liệu.

Bảng 1. Số liệu đo và trị bình sai các tuyến chênh cao lưới độ cao cơ sở

Số TT	Tuyến đo		Chênh cao đo (m)		Số trạm	Số hiệu chỉnh (m)	Chênh cao bình sai (m)	
	Điểm đầu	Điểm cuối						
1	RP01	RP03	0,1366		1	0,0000	0,1366	
2	RP03	RP02	-0,0133		1	0,0000	-0,0133	
3	RP02	RP01	-0,1232		1	0,0000	-0,1232	
4	RP01	CT1	77,6584		56	-0,0004	77,6580	
5	CT1	CT3	12,3973		16	0,0001	12,3974	
6	CT3	CT2	-89,1093		59	0,0002	-89,1091	
7	CT2	CT1	76,7110		44	0,0007	76,7117	

3.

Số TT	Tuyến đo		Chênh cao đo (m)		Số trạm	Số hiệu chỉnh (m)	Chênh cao bình sai (m)	
	Điểm đầu	Điểm cuối						
8	CT2	RP03	-0,8094		43	-0,0003	-0,8097	
9	CT3	QT12	-1,4553		23	0,0001	-1,4552	
10	CT5	QT12	35,8903		49	-0,0004	35,8899	
11	CT5	CT2	-51,7644		65	0,0004	-51,7640	
12	QT12	CT4	32,0143		23	0,0000	32,0143	
13	CT4	CT5	-67,9044		65	0,0002	-67,9042	
14	CT4	RP04	-71,8784		87	-0,0004	-71,8788	
15	RP04	RP05	0,3813		1	0,0000	0,3813	
16	RP05	RP06	0,0980		1	0,0000	0,0980	
17	RP06	RP04	-0,4793		1	0,0000	-0,4793	
18	RP05	CT5	3,5934		32	-0,0001	3,5933	

Bảng 2. Độ cao bình sai các điểm cơ sở ở chu kỳ 1

Số TT	Tên điểm	Độ cao chu kỳ gốc (m)	C	Độ lệch δH (mm)	Độ cao chu kỳ quan trắc	Sai số độ cao (mm)	Đánh giá Tình trạng điểm
1	RP01	141,1848	0	1,2	141,1860	0,3	Không ổn định
2	RP02	141,3095	1	-0,3	141,3092	0,3	Ổn định
3	RP03	141,3228	1	-0,2	141,3226	0,3	Ổn định
4	RP04	189,9213	1	0,5	189,9218	0,3	Ổn định
5	RP05	190,3027	1	0,4	190,3031	0,3	Ổn định
6	RP06	190,4009	1	0,2	190,4011	0,3	Ổn định
7	CT1	218,8444	1	-0,4	218,8440	0,3	Ổn định
8	CT2	142,1339	0	-1,6	142,1323	0,3	Không ổn định
9	CT4	261,8024	0	-1,9	261,8005	0,3	Không ổn định
10	CT5	193,8964	1	-0,1	193,8963	0,2	Ổn định
11	CT3	------	---	----	231,2414	0,3	-------
12	QT12	------	---	----	229,7863	0,3	-------

4. Kết luận

1- Bài báo đã xác lập tiêu chuẩn để phân tích, đánh giá độ ổn định các của lưới độ cao cơ sở quan trắc lún công trình một cách chặt chẽ, có cơ sở khoa học và phù hợp với điều kiện thực tế sản xuất ở Việt Nam.

2- Đã đề xuất phương pháp tổng quát đánh giá độ ổn định các điểm trong mạng lưới độ cao cơ sở, xác định được phương án tối ưu nhất. Thuật toán và quy trình xử lý số liệu đưa ra trong bài báo thuận lợi cho việc lập trình tính toán, đồng thời cho phép nâng cao đáng kể hiệu quả của quá trình xử lý số liệu.

Tài liệu tham khảo

Hoàng Ngọc Hà (2006), Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội

Trần Khánh (2006), Xác lập cơ sở lý luận cho việc ứng dụng phương pháp bình sai tự do để xử lý số liệu trắc địa công trình, Tạp chí KHKT Mỏ Địa chất số 16-2006, trang 90-93.

Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc (2010), Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình, Nxb Giao thông Vận tải, Hà Nội.

Đào Xuân Lộc, Chu Mạnh Hùng (2009), "Khảo sát độ ổn định lưới độ cao cơ sở bằng thuật toán bình sai lưới tự do", Tạp chí Phát triển khoa học công nghệ, Đại học quốc gia Tp.Hồ Chí Minh, 12(18).

TCVN 9360:2012, Quy trình kỹ thuật xác định độ lún công trình dân dụng và công nghiệp bằng phương pháp đo cao hình học.

John Olusegun Ogundare (2016), Precision Surveying: The Principles and Geomatics Practice, Published 2016 by John Wiley & Sons, Inc.

ABSTRACT

Researching and perfecting analytical methods basic elevation network stability in construction settlement monitoring

Tran Thuy Linh *

Hanoi University of Mining and Geology

The article has the content of developing and completing the method of analyzing the stability of points of the basic elevation control network in construction settlement monitoring. From proposing the principle of determining the state of landmarks and the method of locating the base elevation network, in the article, the theoretical basis, algorithm development and process of analyzing the stability of the points have been established. mentioned network. The data processing method given in the article is general, rigorous and convenient to deploy through computational programming solutions. The experimental results for the actual construction have proved the reasonableness of the process given in the article and the effectiveness of the proposed method to process data of the base elevation network in the construction settlement monitoring. submit.

Keywords: Base elevation network, free correction, pseudo-inverse matrix, base point stability.

Xây dựng lưới tam giác thủy công trên cơ sở kết hợp tính chuyển tọa độ công trình và bình sai tự do

Trần Trung Anh[1, 2, *], Nguyễn Quang Hà[3]

[1]*Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Công nghệ Địa tin học trong Khoa học Trái đất (GES), Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[3]*Công ty Thủy điện Bản Vẽ*

TÓM TẮT

Bài báo trình bày về mục đích xây dựng lưới tam giác thủy công ở phạm vi nghiên cứu thuộc công trình thủy điện Bản Vẽ, tỉnh Nghệ An. Phương pháp nghiên cứu gồm phương pháp trắc địa công trình, đo đạc thực nghiệm, đo đạc hiện trường bằng máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao, đo tĩnh lưới GNSS, phương pháp bình sai tự do, đánh giá độ chính xác và xử lý vấn đề tính chuyển tọa độ, cải chính trị đo. Kết quả nghiên cứu là quy trình xây dựng, xử lý lưới tam giác thủy công phục vụ thi công và quan trắc biến dạng công trình thủy điện. Thực nghiệm với lưới tam giác thủy công tại công trình thủy điện Bản Vẽ với 6 điểm đo tĩnh GNSS, đo 26 góc, đo 13 cạnh toàn đạc; Xử lý số liệu sau bình sai đạt sai số trung phương trọng số đơn vị 0,8501, sai số trung phương vị trí điểm yếu nhất đạt 0,7 mm, sai số trung phương tương đối cạnh yếu nhất đạt 1/231715, sai số trung phương phương vị yếu nhất đạt 0,40". Các điểm này có độ chính xác cao, phản ánh đúng, chân thực với thực tế tại khu vực thực nghiệm thủy điện Bản Vẽ phục vụ tốt cho thi công và quan trắc biến dạng công trình.
Từ khóa: Lưới tam giác thủy công, toàn đạc, GNSS, bình sai tự do, thủy điện.

1. Đặt vấn đề

Theo Quyết định số 16/2005/NĐ-CP ngày 07/02/2005 của Thủ tướng Chính phủ: Tất cả các công trình thủy điện nhóm A và nhóm B trước khi thi công đều phải xây dựng lưới khống chế thi công chuyên dụng gọi là lưới tam giác thủy công và thủy chuẩn thủy công (EVN, 2005). Lưới tam giác thuỷ công được xây dựng với mục đích làm cơ sở toạ độ, độ cao gốc thống nhất cho công trình phục vụ thi công, hoàn công công trình như: Đưa tim các hạng mục công trình thiết kế ra thực địa; Bố trí, theo dõi, điều chỉnh lắp đặt các cấu kiện cơ khí, công nghệ; Là cơ sở theo dõi, kiểm tra, bổ sung, điều chỉnh và khôi phục các tim, trục, các đường biên công trình trong quá trình thi công, lắp máy, hoàn công và nghiệm thu công trình; Đo vẽ bản đồ tỷ lệ lớn, các mặt cắt địa hình để chính xác hoá khối lượng thi công,... Là cơ sở để xây dựng lưới quan trắc biến dạng công trình cũng như nâng cấp, cải tạo sửa chữa sau này (EVN, 2005). Các điểm tam giác thủy công và thủy chuẩn thủy công khi thiết kế và xây dựng mốc cần căn cứ vào bản vẽ tổng mặt bằng công trình kết hợp với việc khảo sát hiện trường. Vị trí các mốc phải đảm bảo tính bền vững, ổn định, ít biến dạng hoặc bị phá hoại trong quá trình thi công và được bố trí thuận lợi cho mục đích sử dụng. Hệ tọa độ và độ cao của lưới tam giác thủy công phải phù hợp với hệ tọa độ và độ cao đã sử dụng trong quá trình khảo sát và thiết kế công trình, thông thường là hệ tọa độ quốc gia VN2000 và hệ độ cao Hòn Dấu, Hải Phòng. Theo TCVN 9398:2012 tại 4.8: "Đối với những công trình lớn có dây chuyền công nghệ phức tạp và công trình cao tầng cần phải sử dụng các máy móc, thiết bị hiện đại có độ chính xác cao như máy toàn đạc điện tử, máy thủy chuẩn tự động cân bằng có bộ đo cực nhỏ và mia invar, máy chiếu đứng,… Để thành lập lưới khống chế có thể sử dụng công nghệ GPS kết hợp máy toàn đạc điện tử".

Chính vì yêu cầu trên, đối với lưới tam giác thủy công: các mốc được chọn và xây dựng ở vị trí gần các hạng mục công trình xây dựng để đáp ứng công tác thi công được tiện lợi, giảm thiểu sai số do đo đạc và biến dạng của phép chiếu hệ tọa độ, độ cao trung bình của công trình. Các mốc tam giác thuỷ công phải được đặt ở các khu vực có tầm khống chế rộng, bền vững và có tính ổn định trong suốt quá trình từ khi khởi công đến lúc hoàn thiện công trình. Các mốc cần được ưu tiên bố trí ở gần các trục dọc trục ngang của công trình và ở các cao trình khác nhau thuận lợi cho công tác xây dựng công trình.

* *Tác giả liên hệ*
Email: trantrunganh@humg.edu.vn

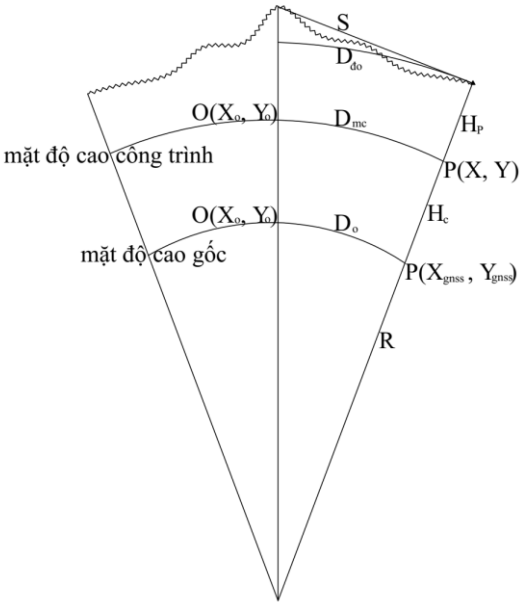
Một vấn đề đặt ra là: lưới tam giác thủy công phải thuộc hệ quốc gia VN2000 nhưng đồng thời cũng là hệ công trình và đạt yêu cầu độ chính xác rất cao (EVN, 2005). Để đáp ứng yêu cầu đó cần phải thực hiện công việc: đo tĩnh lưới GNSS có mốc gốc là điểm tọa độ quốc gia (để nhận được tọa độ GNSS quốc gia của các điểm tam giác thủy công), đo góc cạnh độ chính xác cao bằng máy toàn đạc điện tử.

Với yêu cầu độ chính xác rất cao trong phạm vi hẹp nên tọa độ GNSS quốc gia mới chỉ là định vị ban đầu trên mặt chiếu gốc, cần tính chuyển về hệ công trình và chính xác hóa bằng trị đo toàn đạc thông qua bài toán bình sai tự do. Từ trước đến nay các công trình nghiên cứu thường tách riêng công đoạn này; cũng chỉ chọn 1 điểm và chọn 1 hướng phương vị phát triển lưới (đôi khi là hệ giả định). Bài báo giải quyết đồng thời tính chuyển tọa độ và bình sai tự do nhằm đáp ứng cả 2 yêu cầu là: xây dựng lưới thủy công trong hệ quốc gia nhưng vẫn đáp ứng độ chính xác cao, tận dụng ưu điểm của công nghệ GNSS và toàn đạc điện tử.

2. Cơ sở của phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở của tính chuyển tọa độ và cải chính trị đo cạnh toàn đạc

Cơ sở của tính chuyển tọa độ từ hệ quốc gia về hệ công trình và cải chính trị đo cạnh toàn đạc được trình bày trong Hình 1.



Trong đó:
R = 6371000 m là bán kính Trái đất;
$O(X_o, Y_o)$ là tọa độ điểm trọng tâm;
$P(X_{gnss}, Y_{gnss})$ là điểm tọa độ đo bằng GNSS;
P(X, Y) là điểm tọa độ trong hệ công trình;
H_c là độ cao mặt chiếu;
H_P là độ cao của điểm đo;
S là cạnh đo nghiêng;
$D_{đo}$ là cạnh đo ngang;
D_{mc} là cạnh đo ngang tính cải chính về; mặt chiếu công trình;
D_o là cạnh trên mặt độ cao gốc.

Hình 1. Nguyên lý tính chuyển tọa độ về hệ công trình và cải chính cạnh đo

Trong bài toán tính chuyển tọa độ từ hệ quốc gia về hệ công trình cần chọn 1 điểm trọng tâm O, tọa độ điểm này là không đổi, được sử dụng thống nhất trong toàn bộ dự án. Điểm trọng tâm O được xác định tọa độ có thể là trị trung bình của các điểm tam giác thủy công, hoặc giá trị tọa độ tại vị trí đập, nhà máy theo thiết kế. Nguyên tắc tính chuyển tọa độ về hệ công trình là giữ nguyên hướng phương vị từ điểm trọng tâm đến điểm tam giác thủy công, cải chính vào tọa độ điểm tam giác thủy công giá trị biến dạng của múi chiếu và độ cao mặt chiếu. Vấn đề này được xử lý qua các bước như sau:

Tính khoảng cách từ điểm trọng tâm đến các điểm tam giác thủy công theo công thức (1):

$$D_o = \sqrt{\left(X_{gnss} - X_o\right)^2 + \left(Y_{gnss} - Y_o\right)^2} \quad (1)$$

Tính tọa độ điểm trong hệ công trình theo công thức (2):

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_o \\ Y_o \end{pmatrix} + \left[D_o + \left(1 - k - \frac{Y_{o_{tb}}^2}{R^2}\right) D_o + \frac{H_{mc}}{R} D_o\right] \begin{pmatrix} cos\ \alpha \\ sin\ \alpha \end{pmatrix} \quad (2)$$

trong đó: k là hệ số biến dạng của múi chiếu (thường lấy 0,9999 đối với múi 3^o);

$Y_{o_{tb}} = \frac{Ygnss+Yo}{2} - 500000$ là hoành độ trung bình của cạnh từ điểm trọng tâm đến điểm tam giác thủy công;

α là góc phương vị của hướng từ điểm trọng tâm đến điểm tam giác thủy công;

Đối với trị đo toàn đạc, việc cải chính trị đo được tính theo công thức (3):

$$D_{mc} = D_{đo} + \left(1 - k - \frac{Y_{tb}^2}{R^2}\right) D_{đo} - \frac{H_{cạnh} - H_{mc}}{R} D_{đo} \quad (3)$$

trong đó: $Y_{tb} = \frac{Y_{P_{đầu}} + Y_{P_{cuối}}}{2} - 500000$ là hoành độ trung bình của cạnh đo từ điểm đầu đến điểm cuối;

$H_{cạnh}$ là độ cao của cạnh đo;

Nếu cạnh đo 1 chiều thì: $H_{cạnh} = H_{P_{đầu}}$ (độ cao của điểm đầu cạnh).

Nếu cạnh đo 2 chiều thì: $H_{cạnh} = \frac{H_{P_{đầu}} + H_{P_{cuối}}}{2}$ (độ cao trung bình của điểm đầu và điểm cuối cạnh đo).

2.2. Cơ sở của bình sai tự do lưới tam giác thủy công và quy trình xây dựng lưới

Về các bước của bình sai tự do, đầu tiên lập hệ phương trình số hiệu chỉnh (Đặng Nam Chinh, 2015; Benzao Tao, 2017):

$$\begin{aligned} V_{góc} &= A_{góc} \cdot X + L_{góc}; \quad P_{góc} \\ V_{cạnh} &= A_{cạnh} \cdot X + L_{cạnh}; \quad P_{cạnh} \\ V_{gnss} &= A_{gnss} \cdot X + L_{gnss}; \quad P_{gnss} \end{aligned} \quad (4)$$

trong đó: $V_{góc}, V_{cạnh}, V_{gnss}$ là vector số hiệu chỉnh của trị đo góc, cạnh và gia số tọa độ GNSS ($\Delta X, \Delta Y$ bổ sung nếu cần);

$A_{góc}, A_{cạnh}, A_{gnss}$ là ma trận hệ số hệ phương trình số hiệu chỉnh góc, cạnh, gia số GNSS;

X là vector ẩn số (số hiệu chỉnh tọa độ điểm tam giác thủy công);

$L_{góc}, L_{cạnh}, L_{gnss}$ là vector số hạng tự do;

$P_{góc}, P_{cạnh}, P_{gnss}$ là ma trận trọng số của trị đo góc, cạnh, gia số tọa độ GNSS;

Theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất, bước tiếp theo là lập hệ phương trình chuẩn:

$$N \cdot X + I = 0 \quad (5)$$

trong đó: $N = A_{góc}^T P_{góc} A_{góc} + A_{cạnh}^T P_{cạnh} A_{cạnh} + A_{gnss}^T P_{gnss} A_{gnss}$ là ma trận hệ số phương trình chuẩn;

$I = \begin{pmatrix} A_{góc}^T P_{góc} L_{góc} \\ A_{cạnh}^T P_{cạnh} L_{cạnh} \\ A_{gnss}^T P_{gnss} L_{gnss} \end{pmatrix}$ là vector số hạng tự do của hệ phương trình chuẩn.

Đặc điểm của hệ phương trình chuẩn (5) là có ma trận hệ số suy biến DET(N) = 0, có số khuyết d. Để giải hệ phương trình chuẩn này cần phải thêm điều kiện phụ ràng buộc nội bộ các ẩn số gọi là điều kiện số liệu gốc. Điều kiện đó là:

$$S^T \cdot X = 0 \quad (6)$$

trong đó: S^T là ma trận có số hàng bằng số khuyết d và số cột bằng số ẩn số, dạng của S có thể tham khảo (Đặng Nam Chinh, 2015).

Như vậy từ (4) và (6) hệ phương trình chuẩn kèm điều kiện số liệu gốc được viết lại là:

$$\begin{bmatrix} N & S \\ S^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -I \\ 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

trong đó: K là ma trận kích thước số cột là số khuyết d, số hàng là số ẩn số gọi là ma trận nhân Lagrange.

$$\begin{bmatrix} N & S \\ S^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -I \\ 0 \end{bmatrix}$$

Nghiệm duy nhất của hệ phương trình chuẩn được xác định theo công thức:

$$X = -Q' \cdot I \quad (8)$$

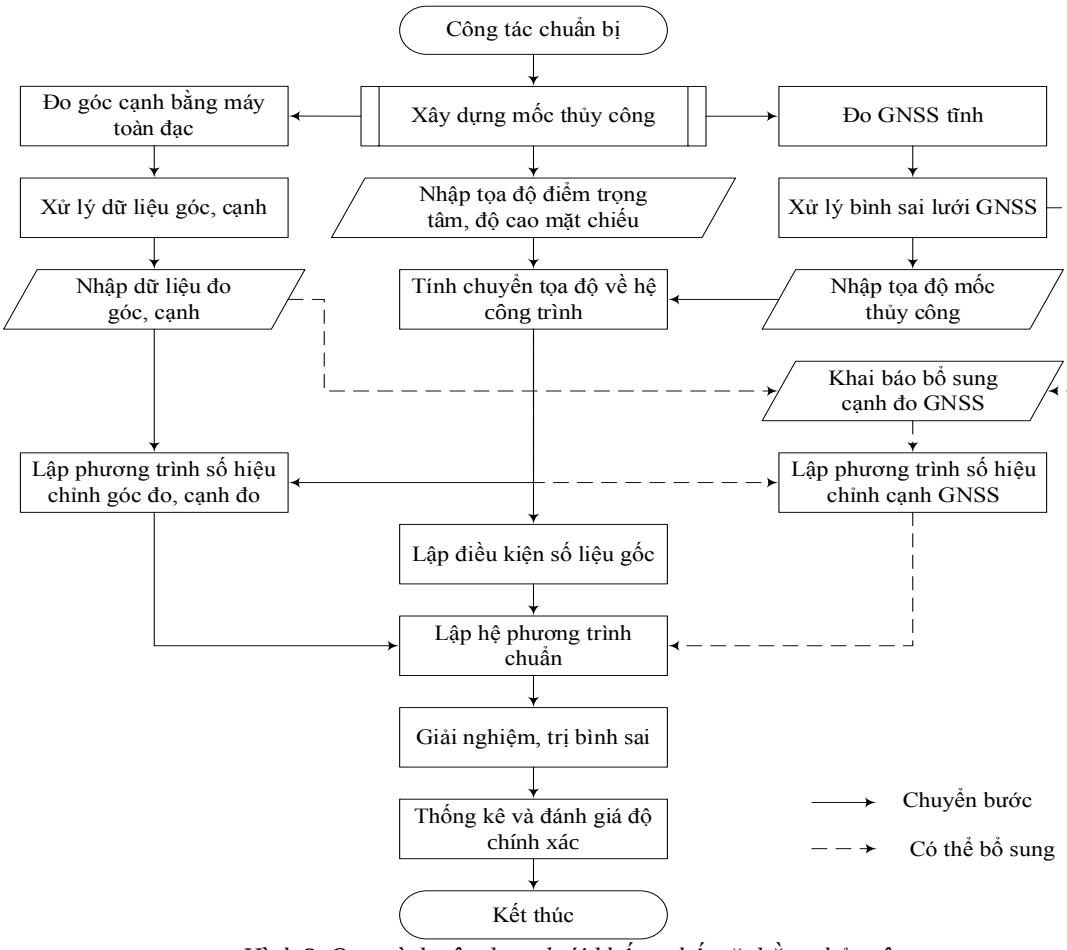
trong đó: $Q' = (N + SS^T)^{-1}$ gọi là ma trận giả nghịch đảo.

Ma trận hiệp trọng số đảo của vector ẩn số X được xác định là:

$$Q_{XX} = Q' NQ' = Q' - Q' SS^T Q' \quad (9)$$

Đánh giá độ chính xác của lưới trên các tiêu chí chính như: Sai số trung phương trọng số đơn vị, sai số trung phương của ẩn số, elip sai số vị trí điểm, sai số trung phương tương hỗ,… được tham khảo theo tài liệu (Đặng Nam Chinh, 2015, Charles D. Ghilani, 2017). Kiểm định thống kê sau bình sai được tính theo tiêu chí tham khảo tài liệu (Charles D. Ghilani, 2017).

Từ lý thuyết cơ bản như trên, nhóm tác giả tiến hành triển khai thuật toán và quy trình xây dựng lưới tam giác thủy công theo Hình 2. Lập trình viết phần mềm bình sai ApnetPro để tự động xử lý số liệu và kiểm chứng thuật toán.

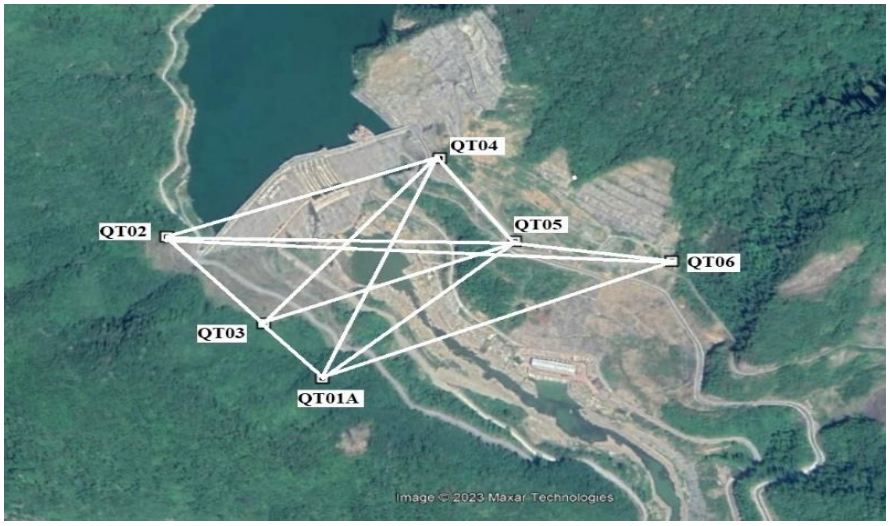


Hình 2. Quy trình xây dựng lưới khống chế mặt bằng thủy công

3. Kết quả và thảo luận

Khu vực thực nghiệm là xây dựng lưới tam giác thủy công tại thủy điện Bản Vẽ. Thủy điện Bản Vẽ được xây dựng trên dòng sông Nậm Nơn tại xã Yên Na, huyện Tương Dương, tỉnh Nghệ An. Đây là thủy điện lớn nhất khu vực Bắc miền Trung với công suất lắp máy 320 MW, sản lượng điện trung bình năm 1.084 triệu kWh, mực nước dâng bình thường 200 m và có dung tích hồ chứa 1,83 tỷ m^3 (EVN-GENCO1, 2017).

Lưới tam giác thủy công gồm 6 điểm mốc định tâm bắt buộc được đặt trên nền đất hoặc đá cứng, ổn định (Hình 3). Tọa độ các điểm mốc được đo tọa độ quốc gia bằng công nghệ GNSS với phương pháp đo tĩnh. Đo góc cạnh bằng máy toàn đạc điện tử Leica kèm phụ kiện gương tiêu chuẩn, máy và gương đều được định tâm bắt buộc. Máy toàn đạc điện tử Leica có thông số độ chính xác đo góc 1,0"; độ chính xác đo cạnh đạt 1,0 mm + 1 ppm × D; (D là chiều dài cạnh được tính bằng km). Các thông số của máy đo là cơ sở tính trọng số của góc, cạnh đo.



Hình 3. Lưới tam giác thủy công thủy điện Bản Vẽ



Hình 4. Đo góc cạnh bằng máy toàn đạc điện tử Leica (ảnh EVN-PECC1)

Sau khi nhập số liệu gồm: tọa độ điểm tam giác thủy công đo bằng GNSS làm gốc khởi tính (có nhập độ cao của điểm để làm cơ sở cải chính cạnh đo), trị đo góc, trị đo cạnh, tọa độ điểm trọng tâm, độ cao mặt chiếu, yêu cầu cải chính phép chiếu (k = 0,9999) và yêu cầu cải chính độ cao cho cạnh đo toàn đạc. Kết quả tính chuyển được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả tính chuyển tọa độ từ hệ quốc gia về hệ công trình

Điểm	Tọa độ đo bằng GNSS (VN2000, k = 0,9999)		Tọa độ tính chuyển về hệ công trình (X_0 = 2139765 m; Y_0 = 472130 m; H_c = 150 m)			
	X_{gnss}(m)	Y_{gnss}(m)	X(m)	Y(m)	H(m)	Ghi chú
QT01A	2139506.614	471990.871	2139506.5846	471990.8551	228	
QT02	2139832.996	471715.669	2139833.0037	471715.6218	243	
QT03	2139635.532	471888.945	2139635.5173	471888.9175	245	
QT04	2140014.635	472206.464	2140014.6635	472206.4727	219	
QT05	2139823.096	472344.101	2139823.1026	472344.1254	198	
QT06	2139777.070	472630.456	2139777.0714	472630.5131	222	

Để thấy sự hiệu quả khi tính chuyển tọa độ từ hệ quốc gia về hệ công trình của trị đo cạnh gốc và cạnh được tính từ tọa độ GNSS, xét độ chênh lệch trong Bảng 2.

Bảng 2. So sánh chiều dài cạnh gốc ở hệ quốc gia và cạnh sau cải chính ở hệ công trình

TT	Cạnh		Trị đo gốc			Trị đo trong hệ công trình			
	Đầu	Cuối	$D_{đo}$ (m)	D_o (m)	$D_{đo}$-D_o (mm)	D_{mc} (m)	D (m)	D_{mc}-D (mm)	Ghi chú
1	QT05	QT06	290,0638	290,0303	33,5	290,0611	290,0634	-2,3	
2	QT04	QT05	235,8913	235,8625	28,8	235,8891	235,8894	-0,3	
3	QT03	QT06	754,9936	754,8984	95,2	754,9837	754,9845	-0,8	
4	QT03	QT05	492,3513	492,2878	63,5	492,3458	492,3439	1,9	
5	QT03	QT04	494,5679	494,5072	60,7	494,5615	494,5636	-2,1	
6	QT02	QT04	523,3959	523,3283	67,6	523,3892	523,3878	1,4	
7	QT02	QT05	628,5914	628,5100	81,4	628,5844	628,5816	2,8	
8	QT02	QT06	916,6100	916,4949	115,1	916,5981	916,5994	-1,3	
9	QT02	QT03	262,7400	262,7101	29,9	262,7361	262,7400	-3,9	
10	QT01A	QT03	164,3665	164,3434	23,1	164,3643	164,3621	2,2	
11	QT01A	QT04	551,9421	551,8747	67,4	551,9357	551,9376	-1,9	
12	QT01A	QT05	474,3300	474,2703	59,7	474,3253	474,3243	1,0	
13	QT01A	QT06	694,5017	694,4173	84,4	694,4935	694,4965	-3,0	
			Độ lệch trung bình		**67,8**	Độ lệch trung bình		**2,1**	

Từ Bảng 2, thấy rằng việc tính chuyển tọa độ đã giảm thiểu được độ chênh lệch cạnh đo từ 67,8 mm xuống còn 2,1 mm. Vì tọa độ điểm đo từ công nghệ GNSS chỉ là giá trị khởi tính ban đầu nên nội bộ lưới cần chính xác hóa bằng trị đo toàn đạc để giải quyết mâu thuẫn giữa các trị đo và cung cấp giá trị bình sai của điểm tam giác thủy công thông qua bài toán bình sai tự do bằng phần mềm ApnetPro. Kết quả được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Tọa độ bình sai điểm tam giác thủy công trong hệ công trình

Điểm	Tọa độ sau bình sai		Elip sai số			
	X_{bs}(m)	Y_{bs}(m)	S_u(mm)	S_v(mm)	t	Ghi chú
QT01A	2139506.5834	471990.8561	0,5	0,4	139°53'	
QT02	2139833.0024	471715.6215	0,5	0,4	133°58'	
QT03	2139635.5203	471888.9172	0,4	0,3	132°30'	
QT04	2140014.6629	472206.4723	0,5	0,4	136°35'	
QT05	2139823.1032	472344.1269	0,4	0,3	105°06'	
QT06	2139777.0708	472630.5117	0,6	0,4	99°24'	

Kết quả thống kê sau bình sai bằng phần mềm ApnetPro (Hình 5) được báo cáo như sau:

KET QUA DANH GIA DO CHINH XAC LUOI - ADJUSTMENT SUMMANY

1.SSTP Trong so don vi - Standard Deviation of Unit Weight = 0,8501

2.SSTP vi tri Diem yeu nhat - Max positional RMSE (QT06) = 0,7(mm)

3.SSTP vi tri Diem nho nhat - Min positional RMSE (QT03) = 0,5(mm)

4.SSTP tuong doi Canh yeu nhat - Max Relative Error (QT01A_QT03): 1/231715

5.SSTP tuong doi Canh nho nhat - Min Relative Error (QT02_QT06): 1/1094379

6.SSTP Phuong vi yeu nhat - Max azimuth RMSE (QT01A_QT03): 0,40(")

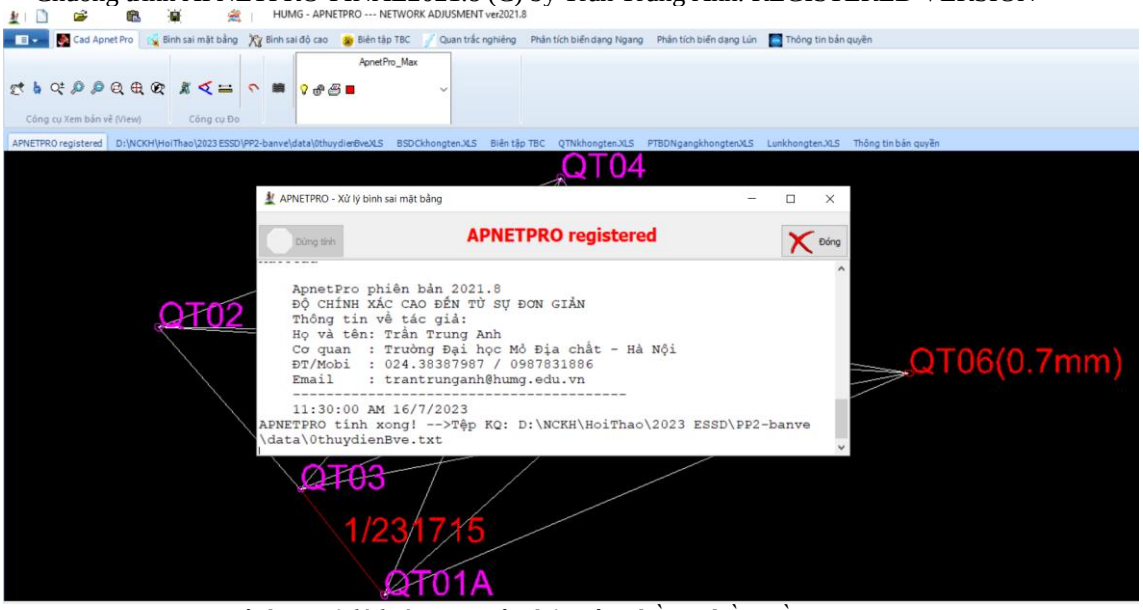
7.SSTP Phuong vi nho nhat - Min azimuth RMSE (QT02_QT06): 0,11(")

PHAN TICH THONG KE BINH SAI - ADJUSTMENT STATISTICS

Lan tinh lap - Iterations.....= 1,2

Tri do thua - Redundancies.....= 30

Bien tham chieu - Reference Variance= 0,722618141436
SSTP don vi trong so - Reference So.....= 0,8501
Gia tri Chi binh phuong - Chi square Chi2 = 21,679 < 43,770
BINH SAI HOI TU - KIEM DINH THONG KE DAT MUC 95 %
Convergence - PASS Chi-square; test at 95 % significance level!
Chuong trinh APNETPRO-FINAL2021.8 (C) by Tran Trung Anh. REGISTERED VERSION



Hình 5. Xử lý lưới tam giác thủy công bằng phần mềm ApnetPro

Thông qua kết quả báo cáo bình sai tự do lưới tam giác thủy công, nhận thấy các tiêu chí đều đảm bảo yêu cầu kỹ thuật về độ chính xác.

4. Kết luận

Từ kết quả thực nghiệm về xây dựng lưới tam giác thủy công trên cơ sở đo tĩnh lưới GNSS, vấn đề tính chuyển tọa độ, cải chính trị đo, bình sai tự do trong cùng một quy trình nhận thấy: tốc độ xử lý nhanh chóng, tự động hóa cao. Lưới tam giác thủy công tại công trình thủy điện Bản Vẽ với 6 điểm đo tĩnh GNSS, đo 26 góc, đo 13 cạnh toàn đạc; Xử lý số liệu sau bình sai đạt sai số trung phương trọng số đơn vị 0,8501, sai số trung phương vị trí điểm yếu nhất đạt 0,7 mm, sai số trung phương tương đối cạnh yếu nhất đạt 1/231715, sai số trung phương phương vị yếu nhất đạt 0,40". Các điểm này có độ chính xác cao phục vụ tốt cho thi công và quan trắc biến dạng công trình. Quy trình xử lý đồng bộ trong 1 lần chạy phần mềm, đảm bảo sự thống nhất và tránh sai sót.

Kiến nghị EVN (và các chủ đầu tư các dự án xây dựng thủy điện) áp dụng quy trình và phần mềm xử lý số liệu ApnetPro để tăng năng suất lao động, đảm bảo độ chính xác khi xây dựng lưới tam giác thủy công.

Tài liệu tham khảo

Benzao Tao, bản dịch tiếng Việt của Phan Văn Hiến và nnk. (2017), Bình sai lưới tự do và phân tích biến dạng, Nhà xuất bản Tài nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam.

Charles D. Ghilani (2017), Adjustment Computations: Spatial Data Analysis, 6th Edition, John Wiley & Sons.

Đặng Nam Chinh (Chủ biên), 2015, Giáo trình Bình sai lưới trắc địa, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.

EVN (2005), Quyết định số 4389/CV-EVN-TĐ ngày 26/8/2005 của Tổng Công ty Điện lực Việt Nam về Xây dựng lưới tam giác thủy công, lưới thủy chuẩn thủy công phục vụ thi công và quản lý vận hành các công trình thủy điện.

EVN-GENCO1 (2011), Giới thiệu Công ty thuỷ điện Bản Vẽ, website: https://banvehpc.com/c3/vi-VN/gioi-thieu/Gioi-thieu-chung-2-2288, truy cập 15/6/2023.

EVN-PECC1 (2022), Công ty CP Tư vấn Điện 1, Báo cáo kỹ thuật nhà máy thủy điện Bản Vẽ - Giai đoạn vận hành, Quan trắc biến dạng đập dâng, đập tràn và cửa nhận nước chu kỳ 16.

QCVN04:2009/BTNMT (2009) - Quy chuẩn Việt Nam, Quy chuẩn kỹ thuật Quốc qia về xây dựng lưới tọa độ.

TCVN 9398:2012 (2012) - Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam, Công tác trắc địa trong xây dựng công trình - Yêu cầu chung.

TCVN 9401: 2012 (2012), Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam - Kỹ thuật đo và xử lý số liệu GPS trong trắc địa công trình.

TT 973/2001/TT-TCĐC (2001), Thông tư ngày 20/6/2001 của Tổng cục Địa chính về hướng dẫn áp dụng hệ quy chiếu và hệ tọa độ quốc gia VN2000.

TT 68/2015/TT-BTNMT (2015), Thông tư ngày 22/12/2015 về Quy định kỹ thuật đo đạc trực tiếp địa hình phục vụ thành lập bản đồ địa hình và cơ sở dữ liệu nền địa lý tỷ lệ 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000.

US Army Corps of Engineers (2009), Structural Deformation Surveying, EM 1110-2-1009.

ABSTRACT

Building the horizontal network for hydropower projects by combining local coordinates transformation and free adjustment networks

Tran Trung Anh[1, 2, *], Nguyen Quang Ha[3]
[1]*Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Geomatics in Earth Sciences Research Group (GES), Hanoi University of Mining and Geology*
[3]*EVN-GENCO1*

The paper presents the purpose of constructing a horizontal network for the Ban Ve hydropower project in Nghe An province. The research methods employed include the construction geodetic method, a case study of field measurements using high-precision total stations and GNSS static measurements, the free adjustment method, accuracy assessment and processing, as well as addressing issues related to coordinate transformation and observation corrections. The research result is the technical workflow and processing the network to serve the construction and deformation monitoring of hydroelectric works. The experiment conducted at the Ban Ve hydropower project involved 6 GNSS static measuring points, 26 angle observations, and 13 distance observations using total stations. The data processing after adjustment resulted in a unit weighted mean square error of 0.8501. The weakest point had a mean square error of 0.7 mm, the relative mean square error of the weakest distance was 1/231715, and the mean square error of the weakest azimuth was 0.40". These points exhibit high accuracy and provide an accurate reflection of the reality at the Ban Ve hydropower experimental area. They effectively serve the purposes of surveying, construction, and deformation monitoring.

Keywords: Horizontal network, total station, GNSS, free adjustment networks, hydropower projects.

Quy trình khảo sát địa hình mỏ lộ thiên bằng công nghệ UAV phục vụ đánh giá ổn định bờ mỏ: Thực nghiệm tại cụm mỏ đá thuộc Công ty cổ phần xi măng VICEM Hà Tiên

Trần Trung Anh[1, 2, *], Nguyễn Anh Tuấn[1, 2, 3], Phạm Quốc Khánh[1], Phạm Văn Việt[1, 3]

[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Nhóm nghiên cứu Công nghệ Địa tin học trong Khoa học Trái đất (GES), Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[3]*Nhóm nghiên cứu mạnh Những tiến bộ trong khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM), Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Bài báo trình bày quy trình công nghệ máy bay không người lái UAV (Unmanned Aerial Vehicle) có định vị tâm chụp chính xác bằng GNSS-RTK khảo sát theo dáng địa hình bờ mỏ lộ thiên có độ chênh cao địa hình lớn. Quy trình công nghệ UAV này giới thiệu chi tiết từ các công đoạn ngoài hiện trường đến xử lý nội nghiệp đảm bảo độ phân giải địa hình bề mặt thành lập và cập nhật bản đồ địa hình có tỷ lệ 1/1000 với đường đồng mức 1 m. Kết quả quy trình công nghệ UAV kết hợp định vị tâm chụp GNSS-RTK được xây dựng và áp dụng cho cụm mỏ đá Núi Còm và Núi Trầu khai thác xuống sâu thuộc Công ty CP xi măng VICEM Hà Tiên. Bản đồ có tỷ lệ 1/1000 đáp ứng được yêu cầu độ chính xác khi kiểm tra tại 22 điểm đo thuộc mỏ Núi Còm, 29 điểm đo thuộc mỏ Núi Trầu, độ chênh lệch độ cao giữa đo trực tiếp bằng công nghệ GNSS-RTK và đo bằng ảnh UAV từ 0-0,14 m; độ lệch trung bình đạt cỡ 0,02 m đối với mỏ Núi Còm, 0,03 m đối với mỏ Núi Trầu. Trên bản đồ mô hình độ cao DTM (Digital Terrain Model), các mô hình độ dốc địa hình và mặt cắt chi tiết tương ứng sẽ được tự động thành lập với độ chính xác cao. Độ chính xác của địa hình hiện trạng mỏ, độ dốc sườn tầng và bờ mỏ được xây dựng trong các chu kỳ khảo sát khác nhau của mỏ (3 tháng) đáp ứng yêu cầu báo cáo khối lượng mỏ theo quý, đánh giá dịch động và ổn định bờ mỏ theo thời gian. Với mạng lưới mốc định vị bố trí trên bờ mỏ được xây dựng sẽ giúp cụm mỏ đá Núi Còm và Núi Trầu đánh giá tác động của nước mặt, rung và chấn động nổ mìn tác động làm biến dạng và mất ổn định bờ mỏ trong các chu kỳ đo vẽ cập bản đồ địa hình lần sau (từ 3-6 tháng 1 lần).

Từ khóa: UAV, đám mây điểm, mô hình số địa hình, mỏ đá lộ thiên, ổn định bờ mỏ.

1. Đặt vấn đề

Việc ứng dụng công nghệ máy bay không người lái UAV vào đo vẽ bản đồ địa hình mỏ có độ chênh cao lớn, có tính chất đất đá phức tạp về địa hình mỏ đã được thực hiện phổ biến trong 5 năm gần đây ở Việt Nam và trên thế giới. Các công trình và kết quả khảo sát và thành lập bản đồ địa hình mỏ lộ thiên được công bố trên nhiều công trình của (Lee và Choi, 2015 và 2016; Nguyen và nnk., 2020, 2021; Nguyen, 2021; Bui và nnk., 2017; Xiang và nnk., 2018) và (Nguyễn Quốc Long và nnk., 2022). Các nghiên cứu và kết quả đã khẳng định công nghệ UAV đảm bảo độ chính xác của bản đồ địa hình tỷ lệ lớn (Nguyễn, 2021). Ở Việt Nam, công nghệ UAV hiện đã được cho phép và sử dụng phổ biến trong xây dựng, cập nhật cơ sở dữ liệu nền địa lý quốc gia với tỷ lệ 1:2.000, 1:5.000 và thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:500, 1:1.000 do Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành (Thông tư số 07/2021/TT-BTNMT). Tuy nhiên, các công trình nghiên cứu trên chỉ sử dụng công nghệ UAV không có định vị tâm chụp chính xác GNSS-RTK và quy trình đưa ra cũng là quy trình tổng quát chung để thành lập bản đồ tương tự Thông tư số 07/2021/TT-BTNMT. Trong nghiên cứu của Lê Văn Cảnh (Lê Văn Cảnh và nnk., 2022) thiết bị UAV sử dụng để hỗ trợ một phần xây dựng mô hình 3D mặt bằng sân công nghiệp mỏ cùng với dữ liệu quét laser mặt đất, đây là phạm vi nhỏ.

Thực tế, các mỏ khai thác lộ thiên lớn ở nước ta đều có dạng "trên sườn núi, dưới moong sâu", chiều sâu khai thác lớn, chiều cao bờ mỏ lớn.

* *Tác giả liên hệ*
Email: trantrunganh@humg.edu.vn

Địa hình mỏ lộ thiên phức tạp thay đổi do xây dựng mỏ, khai thác, đặc biệt chịu tác động của các hoạt động khai thác thường xuyên dẫn tới các biến dạng và dịch động thay đổi theo thời gian. Theo trình tự khai thác, chiều cao bờ mỏ ngày một tăng theo chiều sâu và biên giới trên mặt càng mở rộng. Điều kiện dịch động và ổn định bờ mỏ chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố tự nhiên cơ bản: điều kiện địa chất khu vực phức tạp, các đứt gẫy kiến tạo làm xuất hiện nhiều mặt yếu và tạo điều kiện cho sự thâm nhập, phá huỷ của nước ngầm; điều kiện địa chất thủy văn không thuận lớn (nhiều nước ngầm và nước mặt) (Đàm Công Khoa, Đỗ Văn Triều, 2021).

Các thông số hình học bờ mỏ thay đổi liên tục và không đồng nhất do các điều kiện địa chất mỏ phức tạp, tác động của hoạt động khai thác mỏ, đổ thải và biến dạng địa hình do sụt lún và dịch động. Do đó, khi xây dựng bản đồ địa hình bằng công nghệ UAV, cần chú ý đến các điều kiện địa hình đặc thù của khu mỏ để đảm bảo độ chính xác và cập nhật của địa hình hiện trạng.

Cụm mỏ đá vôi cung cấp nguyên liệu cho nhà máy xi măng Núi Còm và Núi Trầu đã được Bộ Tài nguyên và Môi trường cấp phép theo Giấy phép số 2017/GP-BTNMT ngày 02 tháng 8 năm 2019 cho Công ty cổ phần xi măng Hà Tiên trên địa phận huyện Kiên Lương, tỉnh Kiên Giang. Hiện trạng, mỏ Núi Còm nằm về phía Bắc nhà máy xi măng Hà Tiên. Cao độ khai thác của mỏ Núi Còm từ mức mặt địa hình cote +2 m đến +4 m xuống mức cote -57 m, cao độ đáy mỏ được khảo sát xác định đến tháng 12 năm 2022. Mỏ Núi Trầu nằm về phía Bắc nhà máy xi măng Hà Tiên, nằm xa nhà máy hơn mỏ đá vôi Núi Còm. Mỏ khai thác từ mức mặt địa hình cote +0 m xuống mức cote -44 m, hiện là cao cao độ đáy mỏ, hiện trạng được cập nhất tới tháng 12 năm 2022. Trên mỏ đã hình thành các tầng khai thác, có tuyến đường vận tải trực tiếp xuống đến mức khai thác cote -44 m. Núi Trầu có hiện trạng đáy mỏ -58 m và mỏ Núi Còm hiện trạng đáy mỏ -50 m, các bờ mỏ hiện có thông số hình học và địa chất khá phức tạp theo các hướng khác nhau và còn tiếp tục khai thác xuống sâu tới cote -75 m. Do đó, các trạng thái bờ mỏ khác nhau như trạng thái tĩnh và trang thái động (có nước, chịu tác dụng rung và chấn động nổ mìn) là nhưng yếu tố tự nhiên và kỹ thuật khai thác mỏ nêu trên ảnh hưởng rất lớn tới quyết định trong lựa chọn phương án đảm bảo và duy trì an toàn cho bờ mỏ khi tiếp tục khai thác xuống sâu và sau khai thác của các bờ mỏ. Đặc biệt là cụm gồm 2 mỏ và nhiều bờ mỏ đang có thiết bị khai thác và tiến hành khoan nổ mìn đồng thời có tác động tiêu cực đến ổn định và dịch động của bờ mỏ cũng như các công trình bảo vệ gần các bờ mỏ nên công đo vẽ, giám sát bờ mỏ có hệ thống có tính cấp thiết trước mắt và lâu dài.



Hình 1. Vị trí cụm 2 mỏ đá Núi Còm và Núi Trầu thuộc Công ty CP xi măng VICEM Hà Tiên, 2022

Trong phạm vi nghiên cứu này, bài báo giới thiệu quy trình công nghệ UAV kết hợp định vị tâm chụp GNSS-RTK để khảo sát địa hình cho cụm mỏ đá Núi Còm và Núi Trầu khai thác xuống sâu thuộc Công ty CP xi măng VICEM Hà Tiên nhằm đánh giá hiện trạng địa hình khai thác mỏ và phục vụ thiết kế mạng lưới quan trắc dịch động cho các bờ mỏ của cụm mỏ. Để nghiên cứu đánh giá dịch động bờ mỏ, cần thu thập số liệu khảo sát địa hình, địa chất công trình, địa chất thủy văn và các thông số công nghệ khai thác của cụm mỏ. Cụ thể, đối với khảo sát địa hình, nhóm nghiên cứu ứng dụng công nghệ và thiết bị bay không người lái UAV có định vị tâm chụp bằng GNSS-RTK để thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn (1/1000 hoặc 1/500), xây dựng mô hình số địa hình, xây dựng mô hình độ dốc, tạo mặt cắt qua moong khai thác và bờ mỏ. Bên cạnh đó, nhóm nghiên cứu sử dụng 2 thiết bị hiện đại dùng để quan trắc rung,

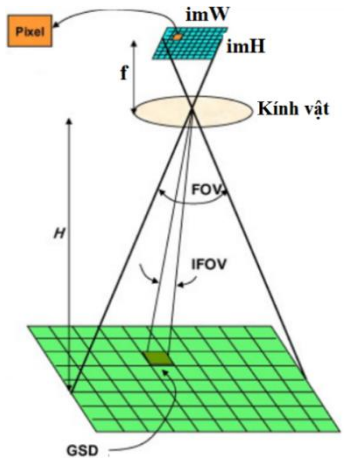
chấn động nổ mìn trên bờ mỏ khi các mỏ Núi Còm và mỏ Núi Trầu tiến hành nổ mìn trong hiện tại và trong thời gian tới (chu kỳ đo giám sát 3 tháng một lần).

Bản đồ địa hình và mô hình số địa hình DTM dưới dạng 2D và 3D cho phép xác định chính xác các điều kiện biên trạng thái của bờ mỏ trong điều kiện tĩnh và động, từ đó tiến hành phân tích đánh giá ổn định và biến dạng của bờ mỏ trong hiện trạng và trong thời gian tới đối với cụm mỏ thuộc Công ty CP xi măng VICEM Hà Tiên.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở thiết kế bay chụp bằng UAV trên mỏ lộ thiên

Cơ sở của tính toán các thông số thiết kế bay chụp trên khu mỏ phải dựa chính vào thông số kỹ thuật của máy bay chụp ảnh, mối quan hệ giữa chiều cao bay chụp và độ phân giải mặt đất trên cơ sở yêu cầu độ chính xác của bản đồ địa hình, yêu cầu độ chính xác của sản phẩm bay chụp sau xử lý. Mối quan hệ này được chỉ ra cơ bản ở Hình 2.



Trong đó các ký hiệu như sau: f là tiêu cự của máy chụp ảnh (mm); H là chiều cao bay chụp (m); Pixel là điểm ảnh trên bộ cảm của máy chụp ảnh số; GSD (Ground Sampling Distance) là độ phân giải mặt đất (cm); imW là số điểm ảnh theo chiều rộng của bộ cảm máy chụp ảnh số; imH là số điểm ảnh theo chiều cao của bộ cảm máy chụp ảnh số; FOV (Fied of View) trường nhìn hoặc góc mở của máy chụp ảnh; IFOV (Instantaneous Field Of View) trường nhìn của 1 điểm ảnh.

Hình 2. Thông số chính của ảnh số trong công nghệ UAV

Trên cơ sở yêu cầu độ chính xác của sản phẩm là tỷ lệ bản đồ địa hình cần thành lập, khoảng cao đều của đường bình độ (Thông tư 07 của BTNMT, 2015) nhận được sai số trung phương mặt bằng và độ cao theo công thức 1.

$$\begin{cases} m_p \le 0.01 \times M_{bđ} \ (cm) \\ m_h \le \frac{1}{4} \times h \times 100 \ (cm) \end{cases} \quad (1)$$

trong đó: $M_{bđ}$ là mẫu số tỷ lệ bản đồ địa hình cần thành lập;

h là khoảng cao đều của bản đồ địa hình cần thành lập (m);

m_p là sai số trung phương mặt bằng (cm);

m_h là sai số trung phương độ cao (cm).

Ước tính độ phân giải mặt đất theo công thức 2 (DroneDeploy, 2017; Trần Trung Anh, 2018).

$$GSD \le min\left\{\frac{1}{k_p} \times m_p; \quad \frac{1}{k_h} \times m_h\right\} \quad (2)$$

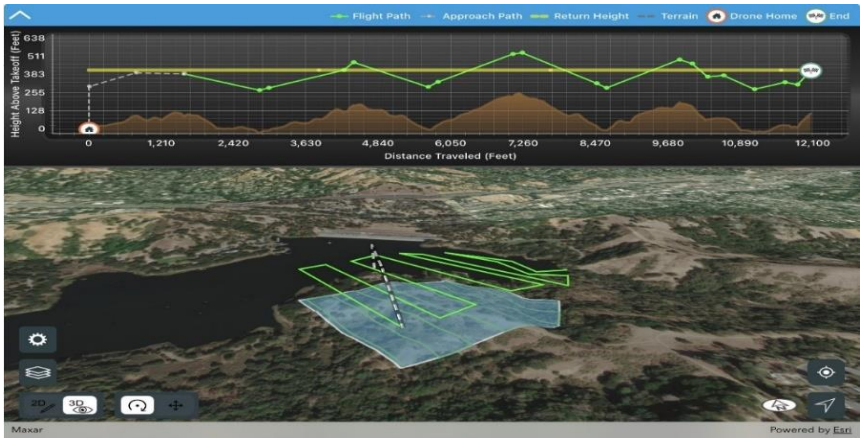
trong đó: $k_p = 1 \div 2$ là hệ số quan hệ độ chính xác mặt bằng và độ phân giải mặt đất;

$k_h = 1 \div 3$ là hệ số quan hệ độ chính xác độ cao và độ phân giải mặt đất;

Từ độ phân giải mặt đất tính toán chiều cao bay chụp theo công thức (3):

$$H = GSD\frac{f \times imW}{36 \times 100} \quad (3)$$

Một đặc điểm của khu mỏ lộ thiên là địa hình bị chia cắt bởi các tầng khai thác và đáy mỏ, do đó có độ chênh cao lớn. Do vậy, để đảm bảo tính đồng đều về độ phân giải mặt đất, đồng đều về độ chính xác theo yêu cầu, cần phải thiết kế bay chụp theo dáng địa hình. Trên cơ sở bản đồ địa hình ở các giai đoạn khai thác, thành lập mô hình số địa hình tham khảo làm cơ sở để thiết kế bay chụp cho thời điểm cập nhật, lưu ý phải tính chuyển mô hình số này về hệ quy chiếu quốc tế. Từ đó độ cao bay chụp tính theo công thức (3) là độ cao bay chụp so với bề mặt mô hình số tham khảo, được chỉ ra ở Hình 3.



Hình 3. Thiết kế bay chụp với sự tham gia của mô hình số địa hình (ảnh Esri)

Bay chụp theo dáng địa hình có sự tham khảo mô hình số địa hình có thể bay theo mặt cắt đẳng cao hoặc theo hướng bay tối ưu, độ cao bay chụp sẽ thay đổi bám theo địa hình khu bay. Các điểm chốt của tuyến bay (waypoints) có thể phát sinh tự động trong quá trình bay chụp thực tế trên cơ sở hỗ trợ của công nghệ định vị tâm chụp GNSS-RTK tại thời điểm chụp ảnh.

2.2. Quy trình kỹ thuật bay chụp UAV trên khu mỏ lộ thiên

Ứng dụng công nghệ UAV khảo sát địa hình trên khu mỏ lộ thiên phục vụ đánh giá ổn định bờ mỏ cần nhiều công đoạn cả ở hiện trường và xử lý số liệu trong phòng. Các công đoạn này cần phối hợp, hỗ trợ cho nhau như: sử dụng công nghệ định vị GNSS-RTK vừa dẫn đường bay vừa hỗ trợ định vị tâm chụp ảnh chính xác cho quá trình bay chụp, đo các điểm khống chế ảnh kiểm tra trên mặt đất lại kiêm nhiệm vụ đo các điểm quan trắc chuyển dịch trên mỏ (với yêu cầu độ chính xác đến cm); song song với bay chụp ảnh UAV tại thực địa có thể tiến hành đo chấn động nổ mìn để có các thông số kỹ thuật đưa vào phân tích ổn định bờ mỏ; cùng với việc tận dụng các tài liệu khảo sát địa hình, địa chất đã có ở giai đoạn trước. Do vậy, cần thiết phải xây dựng một quy trình kỹ thuật để thống nhất phối hợp giữa các công đoạn, quy trình này được trình bày với các bước chính ở Hình 4.

Trong quy trình ở Hình 4 một số bước chính như sau:

Bước 1: Công tác chuẩn bị, lập phương án kỹ thuật bay chụp UAV (thiết bị bay chụp, phân khu bay, tính toán các thông số thiết kế bay chụp), các yêu cầu đánh giá ổn định bờ mỏ,...

Tài liệu khảo sát địa hình khu mỏ tham khảo: là những tài liệu khảo sát địa hình ở các giai đoạn trước theo báo cáo định kỳ như bản đồ địa hình.

Mô hình số địa hình (tham khảo): từ bản đồ địa hình giai đoạn trước, tiến hành tính chuyển sang hệ quốc tế và xây dựng mô hình số địa hình để trợ giúp cho quá trình thiết kế và bay chụp theo dáng địa hình.

Tỷ lệ bản đồ địa hình, khoảng cao đều: đây là yêu cầu sản phẩm, cung cấp yêu cầu độ chính xác theo quy phạm về mặt bằng và độ cao.

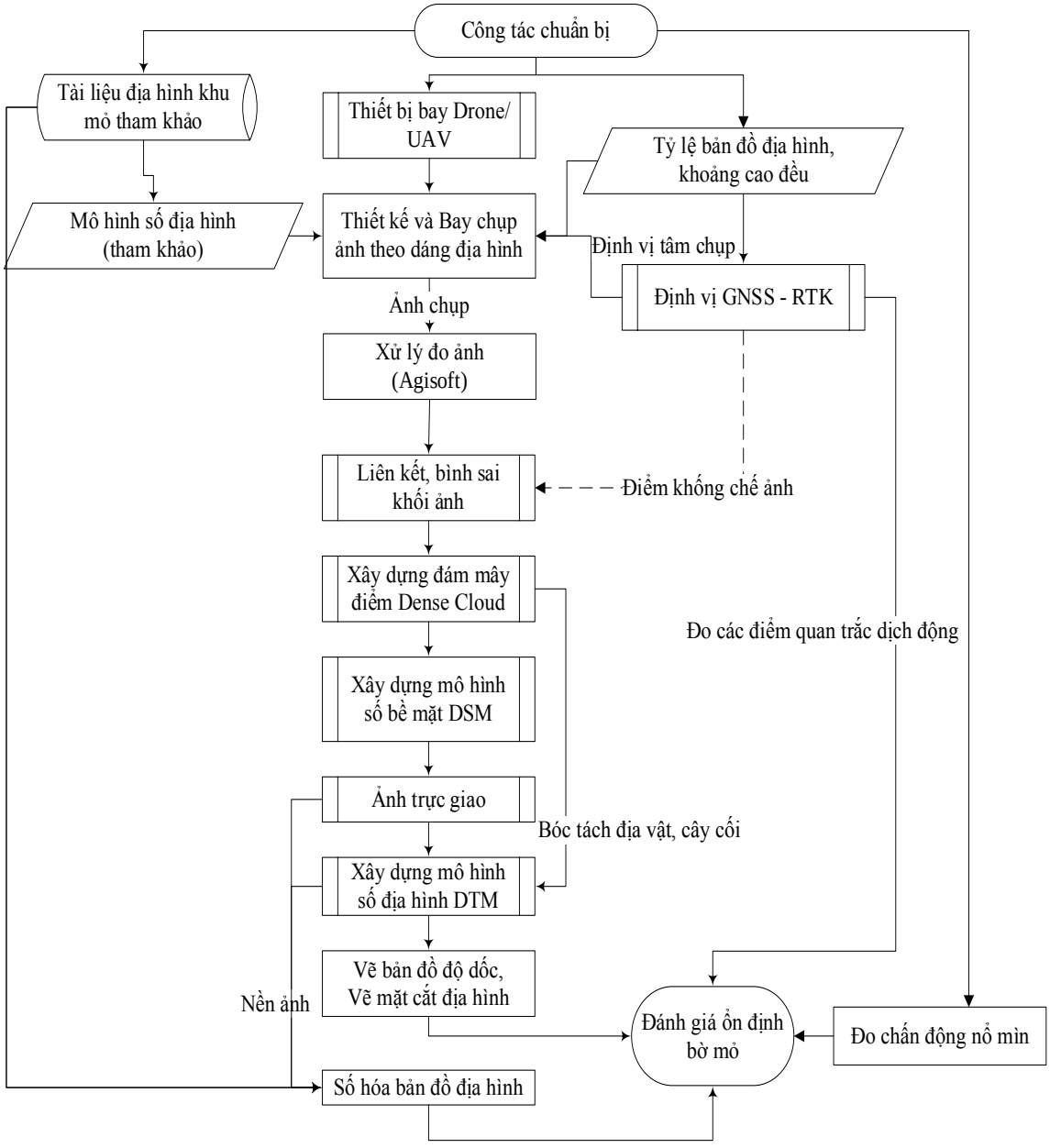
Bước 2: Thiết kế và bay chụp ảnh UAV theo dáng địa hình: độ cao bay chụp thay đổi theo bề mặt địa hình trên cơ sở mô hình số địa hình tham khảo.

Bước 3: Định vị GNSS-RTK: công nghệ này rất quan trọng vì là kỹ thuật đồng bộ về hệ quy chiếu định vị cho các công đoạn, kết nối giữa công nghệ UAV và điểm quan trắc dịch động.

Bước 4: Các bước xử lý ảnh UAV trong phòng gồm: liên kết bình sai khối ảnh, xây dựng đám mây điểm, xây dựng bề mô hình số bề mặt DSM phục vụ thành lập ảnh trực giao; Từ đám mây điểm của khu đo tiến hành bóc tác địa vật (nhà cửa, cây cối, máy móc trên công trường,...) để xây dựng mô hình số địa hình DTM; Từ DTM có thể nội suy tự động đường bình độ, xây dựng mô hình độ dốc, mặt cắt địa hình,... Từ nền ảnh và DTM tiến hành số hóa các địa vật trên khu mỏ, ghi chú các điểm độ cao địa hình để biên tập thành quả bản đồ địa hình.

Bước 5: Đo chấn động nổ mìn, các tài liệu kết quả khảo sát địa hình cung cấp cho đánh giá ổn định bờ mỏ, lập báo cáo kết quả.

Các bước cụ thể được thể hiện trong hình 4 phù hợp với điều kiện khu mỏ lộ thiên nói chung và đặc thù của cụm mỏ đá thuộc công ty CP xi măng VICEM Hà Tiên.



Hình 4. Sơ đồ kỹ thuật ứng dụng công nghệ UAV khảo sát địa hình hỗ trợ đánh giá ổn định bờ mỏ

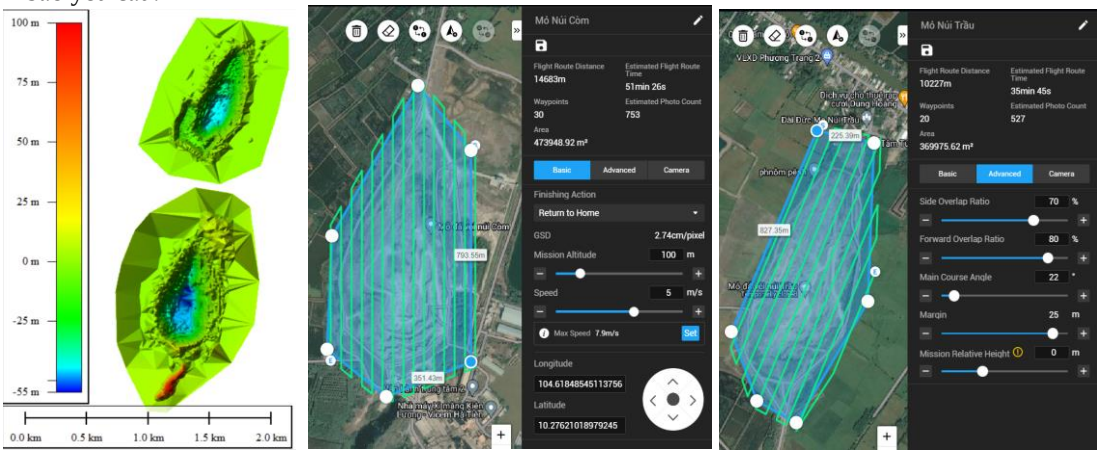
3. Kết quả và thảo luận

Vùng thực nghiệm ứng dụng công nghệ UAV khảo sát địa hình là cụm mỏ đá (mỏ Núi Còm và Núi Trầu) thuộc Công ty CP xi măng VICEM Hà Tiên. Tư liệu bản đồ địa hình tỷ lệ 1/1000 (thuộc hệ tọa độ VN2000, kinh tuyến trục 105^o00, múi chiếu 6^o), khoảng cao đều đường bình độ 1 m (hệ độ cao quốc gia). Từ tư liệu tham khảo, tính chuyển sang hệ quốc tế và xây dựng mô hình số địa hình làm cơ sở thiết kế bay chụp UAV theo dáng địa hình khu mỏ.

Thay $M_{bđ}$ = 1000, h = 1 m, lấy k_p = 2, k_h = 3 vào các công thức (1, 2) tính được độ phân giải chụp ảnh:

$GSD \leq min\{5\ cm;\quad 8{,}3\ cm\}$ để dự phòng độ chính xác và đảm bảo yêu cầu cung cấp tư liệu khảo sát

chính xác cho đánh giá ổn định bờ mỏ, cùng với đặc thù địa hình của khu mỏ nên thiết kế $GSD \leq 5\ cm$ là đảm bảo yêu cầu.



Hình 5. Mô hình số địa hình cụm mỏ Núi Còm, Núi Trầu và các thông số thiết kế bay chụp

Cùng với đặc điểm của phương tiện bay UAV trong thực nghiệm là DJI Phantom 4 RTK (ca bay 30 phút, tiêu cự 24 mm, mảng nhận ảnh imW = 5432, imH = 3648), thời tiết khí tượng có thể lựa chọn độ phân giải chụp ảnh khoảng 2,74 cm, từ đó ước tính được độ cao bay chụp H = 100 m theo công thức (3). Thiết kế độ phủ dọc 80 %, độ phủ ngang 70 % và khoanh vùng bay chụp, sẽ tính toán các thông số của khu bay (Hình 5). Sau khi đã thiết kế phân khu bay chụp, tiến hành bay chụp trên cụm mỏ dưới sự hỗ trợ của công nghệ định vị tâm chụp bằng GNSS-RTK.



Hình 6. Công tác bay chụp tại thực địa

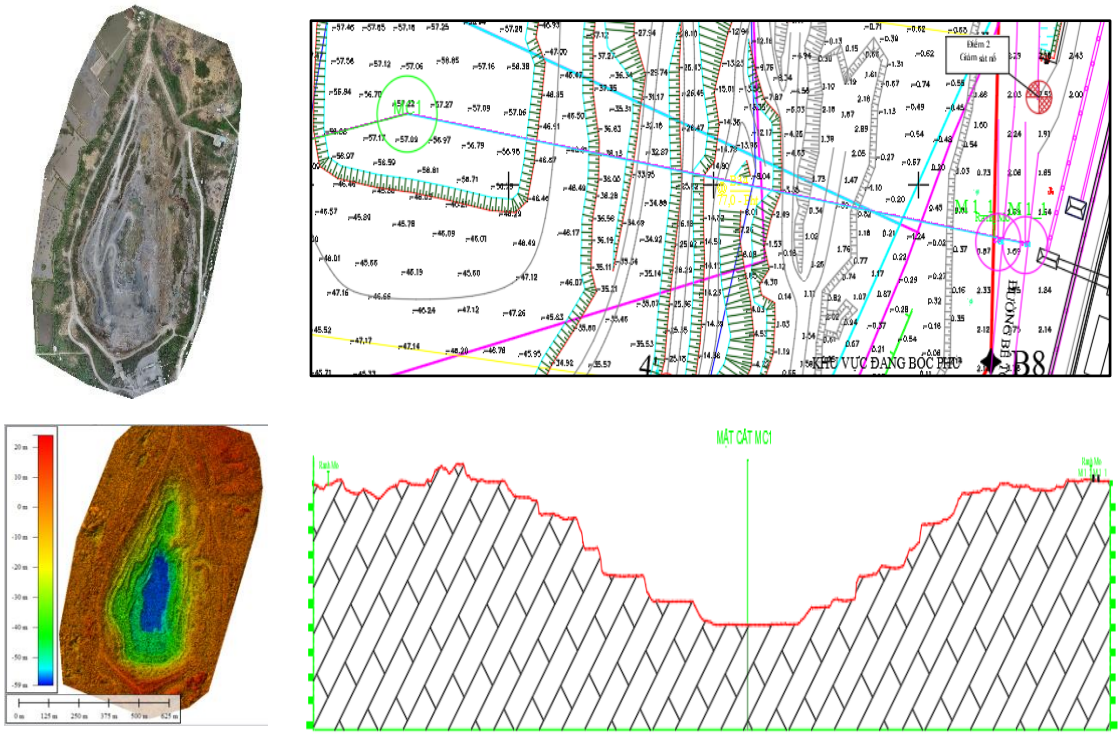
Song song với công tác bay chụp, tiến hành đo GNSS-RTK trực tiếp tại các điểm khống chế ảnh (để kiểm tra) và các điểm quan trắc chuyển dịch trên vị trí các mặt cắt cần nghiên cứu chuyển dịch. Công nghệ đo GNSS-RTK bằng máy đo của South Galaxy G3 có độ chính xác tốt (mặt bằng đạt 8 mm + 0,5 ppm, độ cao đạt 15 mm + 0,5 ppm).



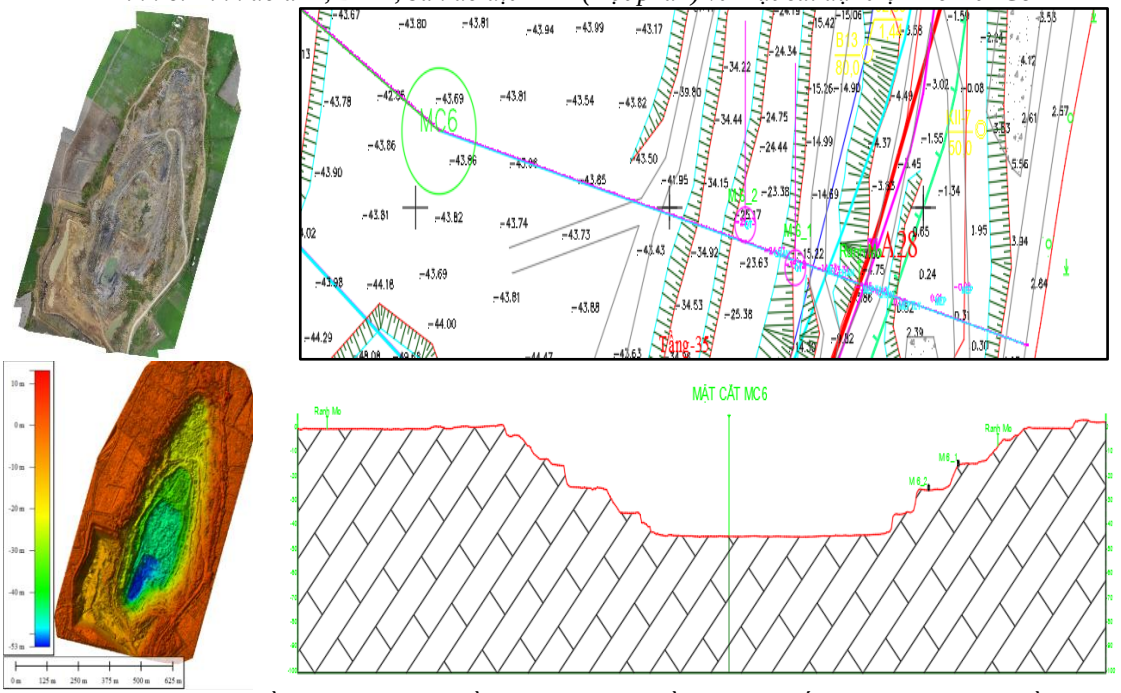
Hình 7. Công tác đo GNSS-RTK tại thực địa

Sau khi thu thập số liệu tại thực địa, công tác xử lý trong phòng được thực hiện trên máy tính có cấu

hình cao bằng phần mềm Agisoft. Các sản phẩm gồm bình đồ ảnh, mô hình số địa hình, bản đồ số và mặt cắt của cụm mỏ Núi Trầu và Núi Còm được trình bày trong Hình 8 và Hình 9.



Hình 8. Bình đồ ảnh, DTM, bản đồ địa hình (một phần) và mặt cắt đại diện mỏ Núi Còm



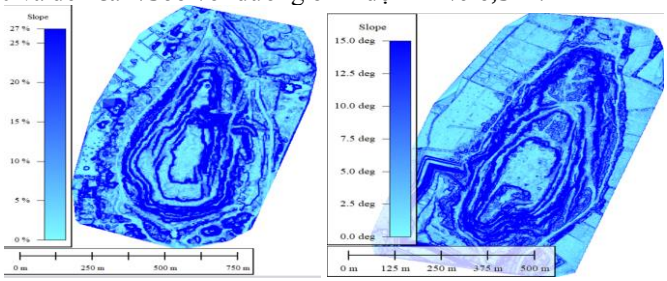
Hình 9. Bình đồ ảnh, DTM, bản đồ địa hình (một phần) và mặt cắt đại diện mỏ Núi Trầu

Từ kết quả đo GNSS-RTK tại thực địa, triển lên bình đồ ảnh, đám mây điểm để kiểm tra độ chính xác, số liệu chênh lệch về độ cao đều nằm trong giới hạn cho phép, được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Chênh lệch độ cao tại các điểm kiểm tra

Chênh lệch độ cao kiểm tra tại mỏ Núi Còm					Chênh lệch độ cao kiểm tra tại mỏ Núi Trầu				
Điểm	H_{rtk}(m)	H_{uav}(m)	ΔH(m)	Ghi chú	Điểm	H_{rtk}(m)	H_{uav}(m)	ΔH(m)	Ghi chú
NC1	2,02	2,01	0,01	Núi Còm	NT1	2,32	2,28	0,04	Núi Trầu
NC2	2,11	2,09	0,02		NT2	2,20	2,20	0,00	Min
NC3	2,39	2,40	0,00	Min	NT3	2,12	2,12	0,00	
NC4	1,74	1,75	-0,01		NT4	-6,75	-6,72	-0,03	
NC5	2,06	2,06	0,00		NT5	-6,75	-6,72	-0,03	
NC6	-26,38	-26,37	-0,01		NT6	-25,64	-25,61	-0,03	
NC7	-19,51	-19,52	0,00		NT7	0,31	0,32	-0,01	
NC8	1,64	1,67	-0,03		NT8	0,06	0,05	0,01	
NC9	2,28	2,30	-0,01		NT9	0.21	0,21	0,00	
NC10	-7,30	-7.20	-0,10	Max	NT10	-4,45	-4.35	-0,11	
NC11	-6,91	-6.87	-0,04		NT11	-0,08	-0.02	-0,06	
NC12	2,09	2,08	0,01		NT12	-13,34	-13.34	0,00	
NC13	-9,39	-9,40	0,01		NT13	-15,23	-15.24	0,01	
NC14	-9,94	-9,91	-0,03		NT14	-24,63	-24.59	-0,04	
NC15	2,17	2,16	0,01		NT15	-25.13	-25.15	0,02	
NC16	2,20	2,21	-0,01		NT16	1,46	1,44	0,02	
NC17	1,35	1,36	-0,01		NT17	2,17	2,20	-0,03	
NC18	9,86	9,88	-0,02		NT18	2,47	2,50	-0,03	
NC19	3,24	3,28	-0,04		NT19	2,71	2,75	-0,04	
NC20	1,43	1,48	-0,05		NT20	2,86	2,85	0,00	
NC21	2,26	2,26	0,00		NT21	3,22	3,26	-0,04	
NC22	2,27	2,26	0,01		NT22	1,03	1,02	0,01	
					NT23	-4,27	-4,13	-0,14	Max
					NT24	-5,11	-5,10	-0,01	
					NT25	-15,28	-15,21	-0,08	
					NT26	-15,37	-15,33	-0,04	
					NT27	-15,71	-15,70	-0,01	
					NT28	1,59	1,59	0,00	
					NT29	1,19	1,18	0,01	
	Độ lệch trung bình		**0,02**			Độ lệch trung bình		**0,03**	

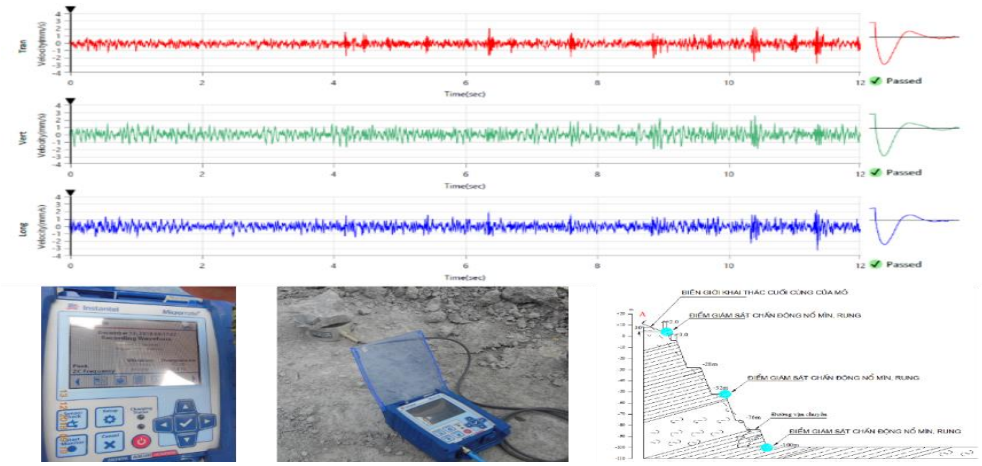
Qua bảng kiểm tra kết quả trên, nhận thấy sản phẩm của công nghệ UAV đáp ứng được yêu cầu độ chính xác khi kiểm tra tại 22 điểm đo thuộc mỏ Núi Còm, 29 điểm đo thuộc mỏ Núi Trầu độ chênh lệch độ cao giữa đo trực tiếp và đo bằng ảnh UAV từ 0,00 m đến 0,14 m; độ lệch trung bình đạt cỡ 0,02 m đối với mỏ Núi Còm, 0,03 m đối với mỏ Núi Trầu. Với kết quả kiểm tra độ chính xác này, có thể đạt để đo vẽ bản đồ địa hình 1/1000 và đến cả 1/500 với đường bình độ 1 m và 0,5 m.



Hình 10. Mô hình độ dốc của bờ mỏ núi Còm và núi Trầu

Trên Hình 10, giới thiệu mô hình độ dốc của ờ mỏ Núi Còm và Núi Trầu. Trên mô hình, có thể thu thập dữ liệu về độ dốc của sườn tầng trên tứng mức cũng như độ dốc thực tế trên bờ mỏ. Đó là dữ liệu

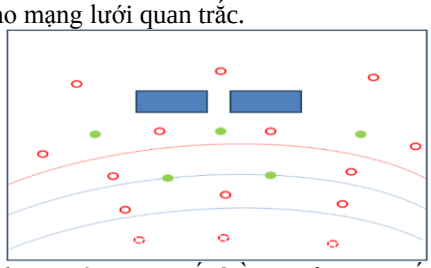
quan trong để có thể thiết kế mạng lưới các điểm quan trắc dịch động và đánh giá trạng thái ổn định của bờ mỏ trong quá trình khai thác và kết thúc khai thác.



Hình 11. Thông số dao động nền đất do chấn động nổ mìn bằng thiết bị Blastmate III và vị trí các điểm khảo sát chấn động trên bờ mỏ

Đối với khu vực đặc trưng bờ mỏ Núi Còm và Núi Trầu, được khảo sát trên các mặt cắt tuyến mặt cắt như trên Hình 8, 9 và 10 với các thông số chi tiết các hệ thống khe nứt và thế nằm của khối đá, thông số dao động nền đất do chấn động nổ mìn. Cùng với quá trình bay chụp UAV, thì nhóm tác giả cũng tiến hành thu thập số liệu đo dịch động hiện trạng bờ mỏ trong điều kiện động, chịu tác động của chấn động nổ mìn trong quá trình khai thác, cung cấp cơ sở dữ liệu đánh giá ổn định bờ mỏ của cụm mỏ đá thuộc Công ty CP xi măng VICEM Hà Tiên (Hình 11). Đây là dữ liệu quan trọng để đánh giá ổn định bờ mỏ một cách khách quan và chính xác.

Trong trường hợp 2 bờ mỏ Núi Còm và Núi Trầu, các điểm đo cần lắp đặt trong 2 vùng thuộc 2 bờ mỏ trên từng vị trí bờ mỏ giáp công trình cần bảo vệ. Ngoài ra, mạng lưới đo cần được bổ sung thêm bằng cách lắp đặt các thiết bị đo độ nghiêng (inklinometr - quan trắc sâu) trong vùng bảo vệ bờ trụ nam. Bản thiết kế mạng lưới quan trắc cần phải được thống nhất với các ban liên quan của mỏ và làm cho từng giai đoạn khai thác. Càng xuống sâu thì mạng lưới quan trắc phải được mở rộng. Trên Hình 12 giới thiệu phương án sơ bộ và rất đại cương cho mạng lưới quan trắc.



Hình 11. Phương án quan trắc bề mặt và quan trắc sâu

Ký hiệu:

- Vị các công trình cần bảo vệ.
- Mép bờ mỏ.
- Sườn bờ công tác.
- Các điểm đo trắc địa.
- Thiết bị đo độ nghiêng.
- Các điểm đo trắc địa lắp đặt theo tiến độ khai thác.

Trong phương án quan trắc bề mặt và quan trắc sâu, đề xuất mỗi bờ mỏ có một hệ thống điểm trên các bờ mỏ để quan trắc - các tuyến này cần phải bổ sung thêm các điểm đo theo tiến độ khai thác xuống sâu. Với mạng lưới mốc định vị bố trí trên bờ mỏ được xây dựng sẽ giúp cụm mỏ đá Núi Còm và Núi Trầu đánh giá tác động của nước mặt, rung và chấn động nổ mìn tác động làm biến dạng và mất ổn định bờ mỏ trong các chu kỳ đo vẽ cập bản đồ địa hình lần sau (từ 3-6 tháng 1 lần).

4. Kết luận

Ứng dụng công nghệ UAV kết hợp định vị tâm chụp GNSS-RTK được xây dựng và áp dụng khảo sát địa hình cung cấp bản đồ địa hình cập nhật, mô hình số địa hình, mặt cắt địa hình có độ chính xác tốt đáp ứng yêu cầu đánh giá ổn định bờ mỏ của cụm mỏ đá lộ thiên Núi Còm và Núi Trầu khai thác xuống sâu thuộc Công ty CP xi măng VICEM Hà Tiên. Đối với đặc thù địa hình mỏ có chênh cao lớn, tính toán độ phân giải mặt đất, chiều cao bay chụp và xây dựng DTM tham khảo từ bản đồ nền đã có phục vụ bay chụp theo dáng địa hình. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng quy trình công nghệ UAV có định vị tâm chụp chính xác bằng GNSS-RTK khảo sát địa hình cung cấp bản đồ địa hình cập nhật, mô hình số địa hình, mặt cắt địa hình có độ chính xác tốt đáp ứng yêu cầu đánh giá ổn định bờ mỏ của cụm mỏ đá lộ thiên. Bài báo trình bày cơ sở của thiết kế bay chụp UAV cho đặc thù địa hình mỏ có chênh cao lớn, tính toán độ phân giải mặt đất, chiều cao bay chụp và xây dựng DTM phục vụ bay chụp theo dáng địa hình.

Quy trình kỹ thuật sử dụng công nghệ UAV có các công đoạn từ ngoài hiện trường đến xử lý trong phòng phối hợp chặt chẽ, hợp lý. Sản phẩm của công nghệ UAV đáp ứng được yêu cầu độ chính xác cao trong cập nhật thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/1000 và 1/500 và xây dựng mô hình số địa hình DTM, vẽ mặt cắt tự động, thành lập mô hình độ dốc. Cùng với số liệu đo dịch động hiện trạng bờ mỏ trong điều kiện động, chịu tác động của chấn động nổ mìn trong quá trình khai thác, cung cấp cơ sở dữ liệu đánh giá ổn định bờ mỏ của cụm mỏ đá trong các chu kỳ đo cập nhật địa hình lần sau.

Kiến nghị Bộ TNMT và các chủ đầu tư các dự án khai thác mỏ áp dụng quy trình kỹ thuật sử dụng công nghệ UAV kết hợp định vị tâm chụp GNSS-RTK khảo sát địa hình cho mỏ để tăng năng suất lao động, đảm bảo độ chính xác cung cấp số liệu địa hình từ bản đồ địa hình được cập nhật, mô hình số địa hình, mô hình độ dốc và mặt cắt địa hình đảm bảo an toàn và hiệu quả trong khai thác các mỏ và cụm mỏ đá.

Tài liệu tham khảo

Trần Trung Anh và nnk. (2018), Kết hợp công nghệ UAV, RTK và SES trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn vùng rừng ngập mặn ven biển, Hội nghị toàn quốc Khoa học Trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2018).

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.

Bộ Công Thương (2009), Quy chuẩn QCVN 04:2009/BCT An toàn trong khai thác mỏ lộ thiên.

Bui T. D., Nguyen Q. L., Bui X. N., Nguyen V. N., Pham V. C., Le V. C., Bjørn K. (2017). Lightweight Unmanned Aerial Vehicle and Structure-from-Motion Photogrammetry for Generating Digital Surface Model for Open-Pit Coal Mine Area and Its Accuracy Assessment. International Conference on Geo-Spatial Technologies and Earth Resources, 17-33.

Lê Văn Cảnh, Cao Xuân Cường, Tống Sĩ Sơn và Đinh Văn Hòa, 2022. Nghiên cứu thành lập mô hình 3D mặt bằng sân công nghiệp mỏ từ dữ liệu quét laser mặt đất và thiết bị bay không người lái, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất, số 63, kỳ 5, tr. 25-36.

Dji (2020), Phantom 4 RTK User Manual ver 2.2.

DroneDeploy, 2017 DroneBuyer's Guide.

Đàm Công Khoa, Đỗ Văn Triều (2021), Nghiên cứu lựa chọn công nghệ giám sát ổn định liên tục theo thời gian thực bờ mỏ, bãi thải bằng phương pháp phân cấp thứ bậc (AHP) cho các mỏ than lộ thiên thuộc TKV. KHCNM số 5/2021 * Công nghệ khai thác lộ thiên.

Lee S., & Choi Y. (2015). Topographic survey at small-scale open-pit mines using a popular rotary-wing unmanned aerial vehicle (drone). Tunnel and Underground space, 25(5), 462-469.

Lee S., Choi Y. (2016). Reviews of unmanned aerial vehicle (drone) technology trends and its applications in the mining industry. Geosystem Engineering, 19(4), 197-204.

Nguyễn Quốc Long, Lê Thị Thanh Tâm, Lê Văn Cảnh, Cao Xuân Cường, Đặng Tuyết Minh và Nguyễn Bá Dũng, 2022. Xây dựng quy trình thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn mỏ lộ thiên bằng thiết bị bay không người lái cất cánh thẳng đứng, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất, số 63, kỳ 5, tr. 11-24.

Nguyen Q. L., Le T. T. H., Tong S. S., Kim T. T. H. (2020b). UAV Photogrammetry-Based For Open Pit Coal Mine Large Scale Mapping, Case Studies In Cam Pha city, Vietnam. Sustainable Development of Mountain Territories, 12(4),501-509.

Nguyễn Q. L., Cao X. C. (2019). Ứng dụng máy bay không người lái (UAV) để xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ mỏ lộ thiên khai thác vật liệu xây dựng. Công nghiệp mỏ, 1, 21.

Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Việt, Phạm Văn Hòa, Trần Đình Bão (2022), Mô phỏng khối đá phục vụ đánh gia ổn định bờ mỏ, áp dụng đánh giá cho mỏ than Khe Sim, Quảng Ninh. Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2022, EME4, 63-72; doi:10.36335/VNJHM.2022(EME4).63-72.

TCVN 9398:2012 (2012) - Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam, Công tác trắc địa trong xây dựng công trình - Yêu cầu chung.

TCVN 9401: 2012 (2012), Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam - Kỹ thuật đo và xử lý số liệu GPS trong trắc địa công trình.

Thông tư 973/2001/TT-TCĐC (2001), Thông tư ngày 20/6/2001 của Tổng cục Địa chính về hướng dẫn áp dụng hệ quy chiếu và hệ tọa độ quốc gia VN2000.

Thông tư 68/2015/TT-BTNMT (2015), Thông tư ngày 22/12/2015 về Quy định kỹ thuật đo đạc trực tiếp địa hình phục vụ thành lập bản đồ địa hình và cơ sở dữ liệu nền địa lý tỷ lệ 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/5000.

Thông tư 07/2021/TT-BTNMT (2021), Thông tư ngày 30/6/2021 về quy định về 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 do Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành.

Xiang J., Chen J., Sofia G., Tian Y., Tarolli P.(2018). Open-pit mine geomorphic changes analysis using multi-temporal UAV survey. Environmental Earth Sciences, 77(6), 1-18.

ABSTRACT

Technical stages for surveying terrain using UAV technology to monitor slope stability at limestone quarries: Case study at a quarry of Ha Tien joint stock company

Tran Trung Anh[1, 2, *], Nguyen Anh Tuan[1, 2, 3], Pham Quoc Khanh[1], Pham Van Viet[1, 3]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Geomatics in Earth Sciences Research Group (GES), Hanoi University of Mining and Geology*
[3]*Innovations for Sustainable and Responsible Mining Research Group (ISRM), Hanoi University of Mining and Geology*

This paper presents the technological process of using unmanned aerial vehicles (UAVs) with precise image center positioning by GNSS-RTK surveying in open-pit mines with large terrain differences. The UAV technology process is described in detail, covering external technology stages to internal processing, ensuring high-resolution surface topography mapping to establish and update the processed topographic map at a scale of 1/1000 with a contour interval of 1 meter. The results of the UAV technology combined with GNSS-RTK location determination were successfully applied to the Nui Com and Nui Trau quarries, which are operated by VICEM Ha Tien Cement Joint Stock Company. A map with a scale of 1/1000 was created for accuracy verification at 22 measuring points in Nui Com mine and 29 measuring points in Nui Trau mine. The comparison between direct measurements using GNSS-RTK technology and UAV photogrammetry showed a maximum deviation of 0.14 meters and an average deviation of 0.02 meters for Nui Com field and 0.03 meters for Nui Trau mine. The Digital Terrain Model (DTM) elevation map provided detailed terrain speed and sectional models with high accuracy. This allowed for precise assessment of mine current topography, slope, and mine bank stability during different survey cycles (every 3 months), meeting the requirements for quarterly mine volume reporting and transaction evaluation. By establishing a positioning network on the mine bank, the Nui Cum and Nui Trau quarries cluster can assess the impact of water surface, vibration, blasting, deformation, and destabilization on the mine bank in the future. The network will also facilitate efficient updating of the topographic map during subsequent measuring and drawing cycles (every 3 to 6 months).

Keywords: UAV, point cloud, DTM, open pit mine, mine stabilization.

Giải pháp Lidar di động cho khảo sát bề mặt đường: Nghiên cứu với Lidar tích hợp Au20 vận hành trên xe ô tô

Vũ Ngọc Quang[1, *], Nguyễn Việt Hà[2], Phạm Thị Thanh Hòa[2]
[1]*Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải*
[2]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TÓM TẮT

Lidar là một xu hướng mới trong thu thập dữ liệu trong trắc địa nói chung và trong lĩnh vực quan trắc nói riêng. Tuy nhiên, giải pháp Lidar vận hành trên ô tô để thu thập dữ liệu mặt đường là một phương pháp khá mới. Bài báo là một đánh giá về việc sử dụng lidar cho loại mục đích này. Trong nghiên cứu, một máy quét Lidar AU20 được sử dụng trên nền tảng ô tô với ba tốc độ khác nhau bao gồm 25, 30 và 40 km/h để quét khoảng 3 km mặt đường nhựa. Dữ liệu quét được xử lý bằng phần mềm Copre sử dụng chế độ xử lý PPK với trạm base là máy thu GNSS i90. Dữ liệu đầu ra là các tệp đám mây điểm, được so sánh với kết quả dẫn độ cao bằng phương pháp thủy chuẩn truyền thống với độ chính xác cấp kỹ thuật, đo bằng máy thủy bình tự động ATB4. Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả của giải pháp Au20 lidar với nền tảng vận hành trên ô tô khi thời gian của quá trình quét là khoảng 10 phút và tổng cộng khoảng 17 phút bao gồm cả việc chuẩn bị. Đáng ngạc nhiên nhất là độ chính xác khi so sánh cao độ mặt đường nhựa từ các đám mây điểm với cao độ đo bằng phương pháp thủy chuẩn hình học. Sự khác biệt lớn nhất về độ cao là 10 mm, 21 mm và 19 mm tương ứng với ba tốc độ 25 km/h, 30 km/h và 40 km/h. Độ lệch chuẩn lần lượt là 3,0 mm, 6,5 mm và 7,5 mm cho ba tốc độ xe ở trên.

Từ khóa: Khảo sát bề mặt đường, đám mây điểm, hệ thống Lidar di động, Au20.

1. Đặt vấn đề

Lĩnh vực nghiên cứu về Lidar có sự bùng nổ trong số lượng nghiên cứu về các ứng dụng của chúng trong khoảng thời gian mười năm từ 2008 - 2018 (Wang et al., 2019). Các ứng dụng của Lidar rất phong phú bao gồm ứng dụng trong quy hoạch, xây dựng thành phố thông minh (Guo et al., 2011; Kostrikov, 2019), giám sát môi trường (Rusu et al., 2008; Boyko et al., 2011). Dưới sự phát triển của công nghệ và sự tích hợp của các kỹ thuật khác nhau, Lidar ngày càng trở nên phổ biến trong việc thu thập dữ liệu mặt đường (Guan et al., 2016; Yadav et al., 2018; Li et al., 2019). Một trong những đánh giá về Lidar trong quy hoạch và thiết kế đường cao tốc đã được thực hiện trong nghiên cứu của tác giả Veneziano và các cộng sự (Veneziano et al., 2002). Theo đó, Lidar có thể được sử dụng để thu thập dữ liệu trong các môi trường khác nhau. Tuy nhiên, nghiên cứu cũng chỉ ra rằng giải pháp này có độ chính xác thấp hơn so với giải pháp lập bản đồ bằng ảnh nhưng hiệu quả hơn về mặt thời gian và chi phí. Về năng suất, Lidar cao gấp 7 lần so với các phương pháp thông thường trong đo đạc và lập bản đồ địa chính (Wang et al., 2019). Một nghiên cứu khác của Lidar về khảo sát đường với các ký hiệu phản quang được thực hiện trong nghiên cứu của tác giả Xu và cộng sự (Xu et al., 2017).

Trong cuốn sách về Lidar và các ứng dụng, Lidar nói chung và giải pháp Lidar di động trên ô tô có thể được sử dụng cho nhiều mức độ chính xác trong các lĩnh vực khác nhau và biến dạng là một trong những ứng dụng đó. Giải pháp Lidar di động là sự tích hợp của các hệ thống vệ tinh toàn cầu, hệ thống đo khoảng cách và đơn vị đo lường quán tính (FDOT, 2023). Sự tích hợp này cho phép Lidar có thể được vận hành trên các nền tảng khác nhau như máy bay không người lái, xe hơi và các giải pháp ba lô đeo lưng. Có thể thấy rằng, GNSS và IMU đóng vai trò rất quan trọng trong giải pháp Lidar di động. Tầm quan trọng của GNSS và IMU cũng được chỉ ra trong nghiên cứu của các tác giả He và cộng sự (He et al., 2020). Trong nghiên cứu, tác giả xác định rằng bán kính giữa trạm base và máy bay không người lái có thể lên tới 5 km. Sự kết hợp giữa giải pháp máy bay không người lái và phương tiện mặt đất có thể tạo ra độ chính xác dưới 5 cm, nhỏ hơn so với thông số kỹ thuật được công bố.

* *Tác giả liên hệ*
Email: quangvn@utt.edu.vn

Đối với hệ thống Lidar, hệ thống Optech Lynx đã được sử dụng để xác định độ dốc của mặt đường. Nhìn vào hệ thống, đây là một hệ thống rất phức tạp và độ chính xác tương ứng là khoảng 2 cm đối với tọa độ phẳng và 4 cm đối với độ cao. Các kết quả này rất khó sử dụng trong giai đoạn lập bản vẽ hoàn công. Một điểm tương đồng có thể thấy trong nghiên cứu của tác giả Park (Park, 2013). Lidar trên máy bay không người lái được khẳng định là một giải pháp tốt để xác định và phân tích sụt lún đất nhờ sử dụng đám mây điểm dày đặc.

Trong kết luận quan trọng cuối cùng, Lidar được đánh giá cao cho hiệu quả, khả năng linh hoạt, tốc độ, kích thước và thu thập dữ liệu chính xác (Lopac et al., 2022).

Có thể thấy, các nghiên cứu trên được thực hiện trong các lĩnh vực khác nhau, giải pháp Lidar có nhiều ưu điểm nhưng trong lĩnh vực giao thông vận tải thì rất ít do yêu cầu về độ chính xác. Hơn nữa, hoạt động của máy bay không người lái là nền tảng chính. Các dòng sản phẩm Lidar chủ yếu được cung cấp từ các nhà sản xuất truyền thống, có thương hiệu. AU20 là một trong những giải pháp Lidar mới nhất của hãng CHC, lần đầu tiên có mặt tại thị trường Việt Nam vào tháng 5 năm 2023. Bài báo là nghiên cứu, thực nghiệm bước đầu đánh giá khả năng vận hành của Au20 trên ô tô trong thu thập dữ liệu mặt đường và độ chính xác của giải pháp này.

2. Thiết bị, quy trình và phương pháp

2.1. Thiết bị

Để thử nghiệm thiết bị Lidar Au20, nhóm nghiên cứu sử dụng một máy thu GNSS i90 để thiết lập trạm base tại mốc khống chế (Hình 1), một máy thủy bình ATB4 để truyền độ cao từ mốc khống chế đến các điểm kiểm tra (Hình 2).



Hình 1. Thiết lập trạm base i90

Các thông số kỹ thuật cơ bản của máy thu GNSS i90 (CHCNAV, 2022).
GNSS: GPS, GLONASS, Galileo, Beidou, SBAS, QZSS
Độ chính xác:
PPK:
Horizontal: 2,5 mm + 1 ppm RMS.
Vertical: 5 mm + 1 ppm RMS.
Post-processing static:
Horizontal: 2,5 mm + 0,5 ppm RMS.
Vertical: 5 mm + 0,5 ppm RMS.

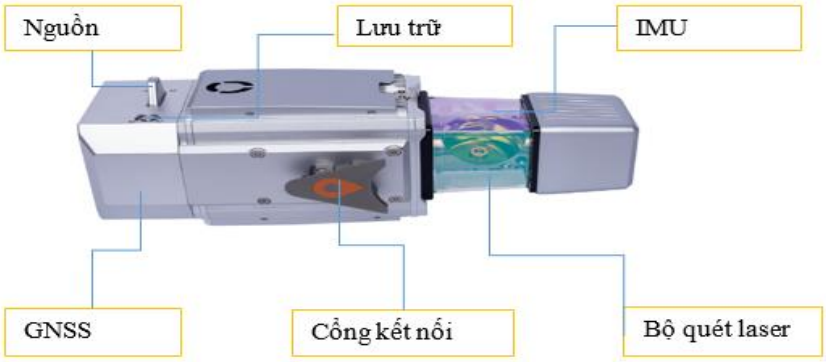


Hình 2. Dẫn thủy chuẩn tới các điểm kiểm tra

Các thông số kỹ thuật cơ bản của máy thủy bình ATB4 (Topcon, 2010).
Độ dài ống kính: 215 mm.
Phóng đại: 24X
Bù nghiêng: ±15’
Trường nhìn: $1^{o}25’$.
Độ nhậy bọt thủy: $10''$/2 mm.
Sai số: 2,0 mm/1 km.

Các thành phần chính của thiết bị Lidar AU20 bao gồm IMU, GNSS và bộ quét được tính hợp vào trong cùng một hệ thống (Hình 3).

Hợp phần GNSS: AU20 được trang bị OEM GNSS của hãng Unicorecomm (Hình 4) kích thước nhỏ, có thể thu nhận tín hiệu vệ tinh ở nhiều kênh thu, nhiều tần số của 5 hệ vệ tinh bao gồm GPS, Glonass, Bắc đẩu, Galileo và QZSS cùng với chip NebulasII GNSS SoC hiệu suất cao trong xử lý số liệu RTK (Unicore Communications, 2021).

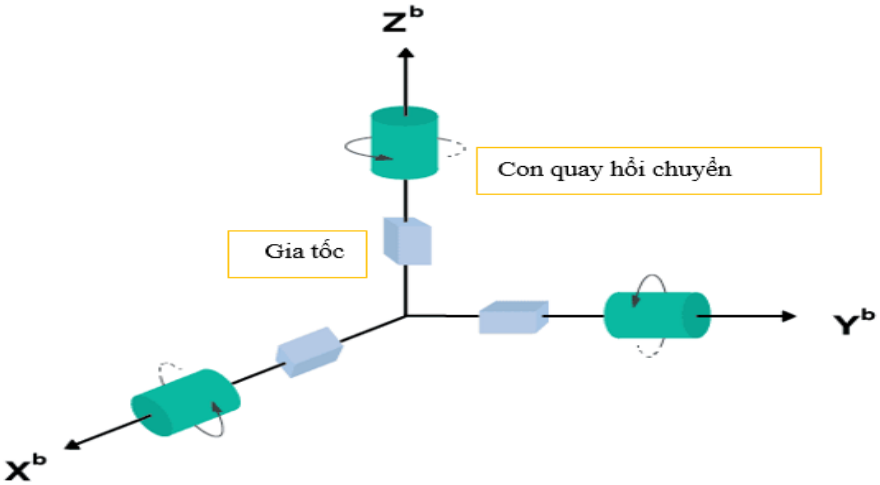


Hình 3. Lidar AU20



Hình 4. OEM GNSS UM482

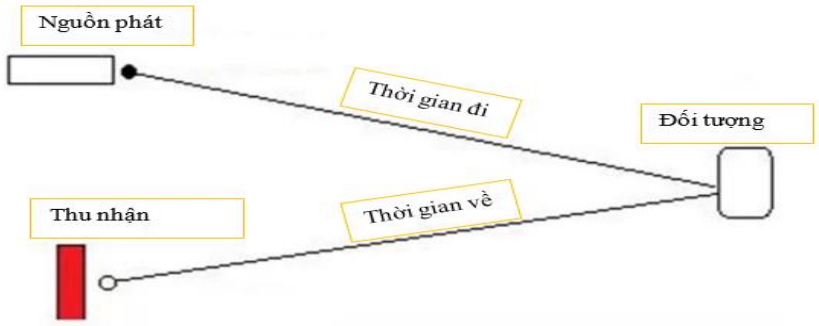
Hợp phần IMU: IMU có nghĩa là inertial measurement unit, là một hợp phần quan trọng, ứng dụng trong nhiều lĩnh vực trong đó có đo đạc GNSS yêu cần tần suất lấy mẫu cao, chịu nhiều tác động (Oberlander, 2015). Các hợp phần của hệ thống có thể tham khảo trong Hình 5.



Hình 5. Hợp phần chính của hệ thống IMU

Hai loại cảm biến gia tốc và con quay hồi chuyển để xác định gia tốc và vận tốc góc. Ngoài GNSS, dữ liệu điều hướng bao gồm vị trí và vận tốc có thể xác định từ hệ thống IMU (Kim et al., 2023). Với phương pháp vận hành trên xe ô tô, thiết bị chịu nhiều tác động như rung, sóc trong quá trình di chuyển, độ nhậy của hệ thống IMU là rất quan trọng.

Hợp phần hệ thống quét: Thành phần của thiết bị quét được thể hiện trong Hình 6. Về nguyên tắc hoạt động của hệ thống quét laser đã được trình bày trong các nghiên cứu của tác giả Wu, Berberan và cộng sự (Berberan et al., 2011; Wu et al., 2022).



Hình 6. Nguyên lý hoạt động của hệ thống laser

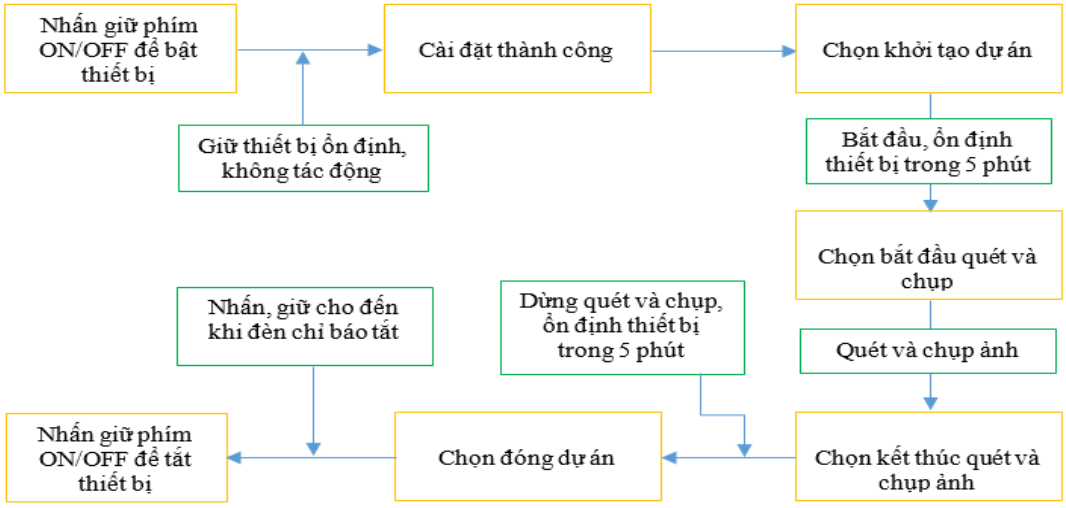
Sự tích hợp của các thành thành phần GNSS, Laser và IMU biến AU20 trở thành thiết bị tất cả trong một. Các thông số kỹ thuật cơ bản của Lidar AU20 được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Một số thông số kỹ thuật của Lidar Au20

Thông số	Chỉ số
Kích thước	313,5 × 142,1 × 231,2 mm
Tốc độ quét	100 hàng/giây
Phản hồi	16 lần
GNSS	GPS:L1,L2,L5;GLONASS:L1;BEIDOU:B1,B2,B3;GALILEO:E1,E5a,E5b; QZSS:L1 C/A,L5
Độ chính xác	Horizontal: 0,01 m; Elevation: 0,02 m.
Tần suất IMU	600 Hz.

2.2. Quy trình vận hành thiết bị Lidar AU20

Quy trình vận hành của thiết bị Lidar Au20 được trình bày trong Hình 7.



Hình 7. Quy trình vận hành của Lidar Au20

Trong quy trình vận hành của thiết bị AU20, thời gian chờ trước và sau khi kết thúc quá trình quét là khoảng 10 phút cho quá trình hiệu chỉnh hệ thống IMU. Trong quá trình vận hành, điều khiển xe, người dùng có thể tùy chọn vào bắt đầu hay kết thúc trên sổ tay điều khiển thiết bị. Một lưu ý quan trọng đó là

máy base đặt tại điểm khống chế cần phải được bắt đầu thu tín hiệu trước và kết thúc sau quá trình quét và chụp ảnh để thu thập số liệu. Điều này để đảm bảo kết nối số liệu giữa máy base và tín hiệu GNSS trên Au20.

2.3. Phương pháp thực nghiệm

Với mục đích đánh giá độ chính xác cao độ từ dữ liệu đám mây điểm với cao độ từ phương pháp đo thủy chuẩn hình học. Thực nghiệm được tiến hành theo quy trình sau:

Bước 1: Lắp đặt, kết nối các thiết bị Lidar trên bộ phụ kiện vận hành trên xe ô tô, kết nối Lidar với nguồn, lắp đặt máy base trên chân máy tại điểm khống chế.

Bước 2: Bắt đầu thu số liệu đo tĩnh tại điểm khống chế để phục vụ xử lý PPK.

Bước 3: Bắt đầu tiến hành quét dữ liệu bề mặt đường với thiết bị Au20 ở ba tốc độ là 25 km/h, 30 km/h, 40 km/h. Với mỗi tốc độ quét, IMU được tiến hành hiệu chỉnh trên đoạn đường với chiều dài khoảng 500-700 m.

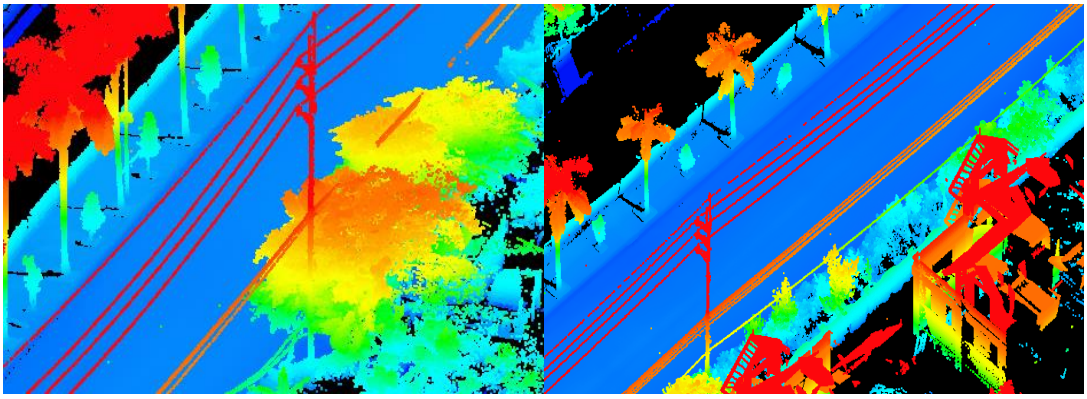
Bước 4: Sau khi kết thúc quét, sử dụng máy thủy bình đo nối thủy chuẩn tới các điểm kiểm tra để tính toán cao độ, vị trí của các điểm kiểm tra được xác định bằng GNSS-RTK.

Bước 5: Xử lý số liệu quét trên phần mềm Copre chuyên dụng, so sánh độ lệch cao độ từ dữ liệu đám mây điểm và từ số liệu đo bằng thủy chuẩn hình học. Quá trình xử lý là tự động, không sử dụng điểm khống chế để hiệu chỉnh sau khi xử lý lần thứ nhất.

3. Các kết quả thực nghiệm

Số liệu sau khi chuyển sang máy tính bằng chức năng Copy, được xử lý trên phần mềm Copre theo phương pháp xử lý tự động, không sử dụng các điểm khống chế. Kết quả đám mây điểm trên các Hình 8, 9.

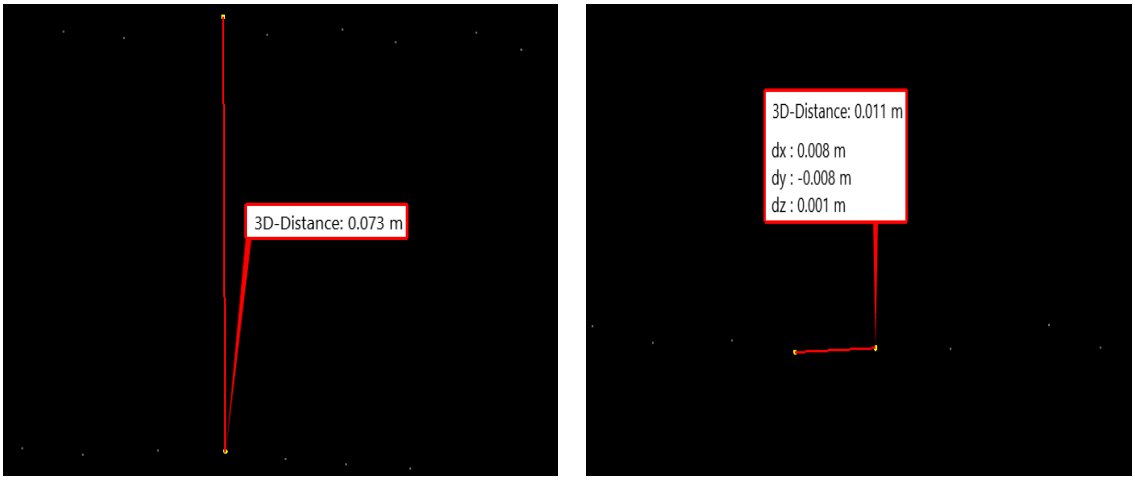
Hình 8, 9 cho thấy, mặc dù chưa gắn kèm camera tích hợp nhưng hình ảnh cây, đường dây điện, bề mặt đường nhựa được phát hiện rõ ràng kể cả với vị trí bị hư hỏng được sửa chữa. Khoảng cách giữa các dải quét và giữa các điểm trong cùng một dải quét được trình bày trong Hình 10.



Hình 8. Đám mây điểm (colour by height)

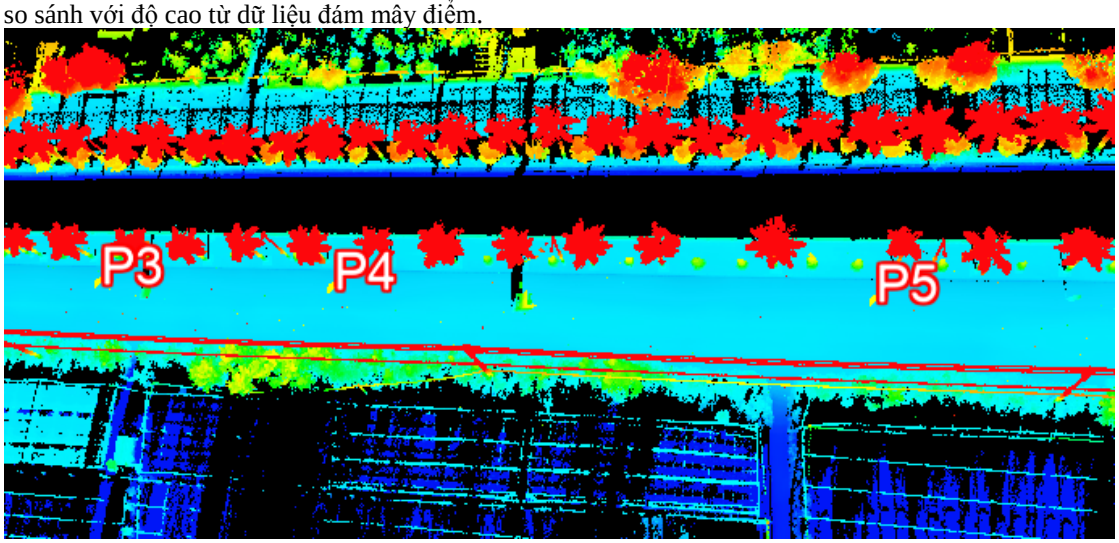


Hình 9. Đám mây điểm (colour by intensity) và các vị trí hư hỏng, vị trí ký hiệu



Hình 10. Khoảng cách các điểm giữa hai dải quét và trên cùng một dải quét

Các điểm kiểm tra bao gồm 20 điểm với độ cao thủy chuẩn kết nối từ mốc khống chế được đưa vào và so sánh với độ cao từ dữ liệu đám mây điểm.



Hình 11. Các điểm kiểm tra trên đám mây điểm

☐ P4	Check Point	Height Point
☐ P5	Check Point	Height Point
☐ P6	Check Point	Height Point
☐ P7	Check Point	Height Point
☐ P8	Check Point	Height Point

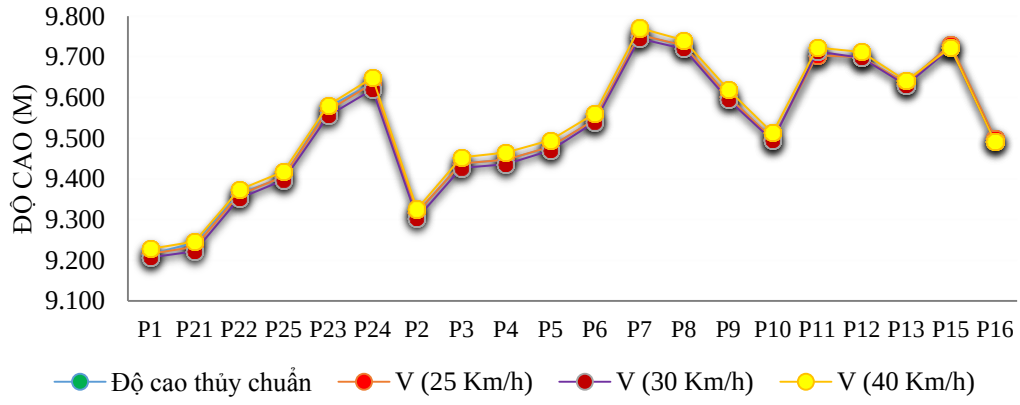
Hình 12. Cài đặt các điểm kiểm tra

Để đánh giá khách quan, tất cả các điểm kiểm tra được sử dụng cho mục đích so sánh, đối chiếu, không nắn và xử lý lại lần thứ hai. Khoảng cách từ điểm mốc khống chế tới các điểm kiểm tra nằm trong khoảng từ 350 m đến 840 m. Kết quả độ lệch cao độ được trình bày trong Bảng 2.

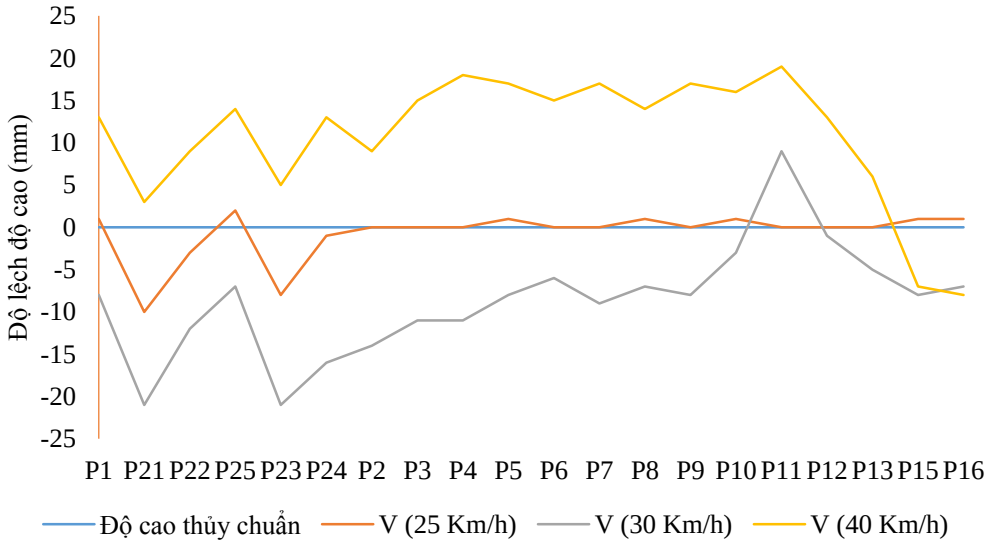
Bảng 2. So sánh độ cao giữa thủy chuẩn và độ cao từ đám mây điểm

Stt	Điểm	H (TC) (m)	H 25 km (m)	Độ lệch (m)	H 30 km (m)	Độ lệch (m)	H 40 km (m)	Độ lệch (m)
1	P1	9.215	9.216	-0,001	9.207	0,008	9.228	-0,013
2	P21	9.243	9.233	0,010	9.222	0,021	9.246	-0,003
3	P22	9.364	9.361	0,003	9.352	0,012	9.373	-0,009
4	P25	9.404	9.406	-0,002	9.397	0,007	9.418	-0,014
5	P23	9.576	9.568	0,008	9.555	0,021	9.581	-0,005
6	P24	9.636	9.635	0,001	9.620	0,016	9.649	-0,013
7	P2	9.317	9.317	0,000	9.303	0,014	9.326	-0,009
8	P3	9.438	9.438	0,000	9.427	0,011	9.453	-0,015
9	P4	9.447	9.447	0,000	9.436	0,011	9.465	-0,018
10	P5	9.478	9.479	-0,001	9.470	0,008	9.495	-0,017
11	P6	9.546	9.546	0,000	9.540	0,006	9.561	-0,015
12	P7	9.754	9.754	0,000	9.745	0,009	9.771	-0,017
13	P8	9.727	9.728	-0,001	9.720	0,007	9.741	-0,014
14	P9	9.603	9.603	0,000	9.595	0,008	9.620	-0,017
15	P10	9.497	9.498	-0,001	9.494	0,003	9.513	-0,016
16	P11	9.704	9.704	0,000	9.713	-0,009	9.723	-0,019
17	P12	9.699	9.699	0,000	9.698	0,001	9.712	-0,013
18	P13	9.635	9.635	0,000	9.630	0,005	9.641	-0,006
19	P15	9.730	9.731	-0,001	9.722	0,008	9.723	0,007
20	P16	9.499	9.500	-0,001	9.492	0,007	9.491	0,008
Lớn nhất				0,010		0,021		0,008
Nhỏ nhất				-0,002		-0,009		-0,019
Độ lệch chuẩn				0,003		0,011		0,013

Trong Bảng 2, độ lệch độ cao lớn nhất từ đám mây điểm so sánh với độ cao thủy chuẩn là 10 mm, 21 mm và 8 mm tương ứng với tốc độ hành trình 25, 30, 40 km/h. Về mặt sai số, nếu coi độ cao từ phương pháp thủy chuẩn là trị đo thực, sử dụng công thức tính toán độ lệch chuẩn (Charles D. et al., 2006), các độ lệch chuẩn được tính toán lần lượt là 3 mm, 11 mm và 13 mm tương ứng với 3 tốc độ hành trình. Để có cái nhìn tốt hơn, độ cao thủy chuẩn được quy "0", mức độ sai lệch về độ cao có thể quan sát trong Hình 13, 14.



Hình 13. Độ cao thủy chuẩn và độ cao trích xuất từ đám mây điểm



Hình 14. So sánh độ lệch cao độ giữa ba tốc độ chạy xe với cao độ thủy chuẩn

4. Thảo luận và kết luận

Nghiên cứu nhằm mục đích đánh giá khả năng sử dụng giải pháp Lidar di động Au20, dòng sản phẩm thuộc phân khúc cao cấp của CHC vận hành trên xe ô tô. Nghiên cứu tập trung vào yếu tố độ cao, một yếu tố đòi hỏi độ chính xác cao trong khảo sát bề mặt đường hiện hữu. Kết quả so sánh với độ cao thủy chuẩn ở khoảng cách 300 m đến 850 m, đối chiếu với tiêu chuẩn độ cao kỹ thuật trong thông tư 68/2015/BTNMT (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2015), kết quả là đạt yêu cầu.

So sánh với các nhận định trong nghiên cứu của tác giả Lopac và các cộng sự về các thử thách và xu hướng của giải pháp Lidar di động trong tương lai (Lopac et al., 2022), thiết bị và kết quả nghiên cứu thực nghiệm của Lidar AU20 là rất tốt. Kết quả này thậm chí còn tốt hơn khi so sánh với kết quả thử nghiệm thực tế với chất liệu bề mặt đường cùng loại từ thiết bị Lidar của hãng Riegl. Một ưu điểm nữa của thiết bị Au20 đó là phương pháp xử lý PPK, giúp nâng cao độ chính xác mặt bằng và độ cao.

Kết quả của nghiên cứu là đánh giá đầu tiên về độ chính xác trong thu thập số liệu độ cao bề mặt đường hiện hữu. Hai điểm đáng chú ý đó là: một là, Au20 có thể là một sự lựa chọn mới trong khảo sát bề mặt đường; hai là, các nhà quản lý xem xét cân nhắc đưa giải pháp này vào quy chuẩn, tiêu chuẩn.

Song song với đó, nghiên cứu đánh giá bước đầu này còn tồn tại các hạn chế bao gồm tốc độ chạy xe mới chỉ dừng 03 tốc độ, chất liệu đường là đường nhựa, khoảng cách xa nhất tới trạm base tại mốc khống chế cần phải nghiên cứu thêm nữa.

Độ chính xác xác định độ cao là đạt yêu cầu khi so sánh với tiêu chuẩn độ cao kỹ thuật được công bố trong Thông tư số 68/2015 của Bộ Tài nguyên và Môi trường, là cơ sở để áp dụng giải pháp Au20 cho thu thập số liệu toàn bộ bề mặt của tuyến đường.

Lời cảm ơn

Các tác giả xin cảm ơn Công ty cổ phần Công nghệ Nguyễn Kim đã hỗ trợ toàn bộ thiết bị, phụ kiện cũng như giải pháp phần mềm để tiến hành thực nghiệm.

Tài liệu tham khảo

Berberan A., Ferreira I., Portela E., Oliveira S., Oliveira A., Baptista B., 2011. Overview on Terrestrial Laser Scanning as a Tool for Dam overview on Terrestrial Laser Scanning as a Tool. 6th International Conference on Dam Engineering, pp. 1-11.

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2015. Thông tư Quy định kỹ thuật đo đạc trực tiếp địa hình phục vụ thành lập bản đồ địa hình và cơ sở dữ liệu nền địa lý tỷ lệ 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000.

Boyko A., Funkhouser T., 2011. Extracting roads from dense point clouds in large scale urban environment. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, **66**, 1-12.

Charles D.G., Paul R.W., 2006. Adjustment Computations Fourth Edi. John Wiley & Sons, Inc.

CHCNAV, 2022. i90 Imu-rtk gnss receiver.

FDOT, 2023. Surveying and Mapping Handbook.

Guan H., Li J., Cao S., Yu Y., 2016. Use of mobile Lidar in road information inventory: a review. International Journal of Image and Data Fusion, **7**, 219-242.

Guo L., Chehata, N., Mallet C., Boukir S., 2011. Relevance of airborne Lidar and multispectral image data for urban scene classification using Random Forests. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, **66**, 56-66.

He G.B., Li L.L., 2020. Research and application of Lidar technology in cadastral surveying and mapping. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, Vol. 43, pp. 33-37.

Kim M., Park C., Yoon J., 2023. The design of GNSS/IMU Loosely-Coupled Integration Filter for Wearable EPTS of Football Players. Sensors, **23**, 1-24.

Kostrikov S., 2019. Urban remote sensing with Lidar for the Smart City Concept implementation. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series Geology. Geography. Ecology, **50**, 101-124.

Li Z., Cheng C., Kwan, M.P., Tong X., Tian S., 2019. Identifying Asphalt Pavement Distress Using UAV Lidar Point Cloud Data and Random Forest Classification. International Journal of Geo-Information, **8**, 1-26.

Lopac- N., Jurdana I., Brnelić A., Krljan T., 2022. Application of Laser Systems for Detection and Ranging in the Modern Road Transportation and Maritime Sector. Sensors, **22**, 1-27.

Oberlander K.D., 2015. Inertial Measurement Unit Inverse Kinematics: Joint Considerations and the Maths for Deriving Anatomical Angles. IMU Tech.

Park H.S., 2013. Land Subsidence Survey and Analysis Using the Terrestrial Lidar in Jakarta bay, Indonesia. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, **19**, 233-240.

Rusu R.B., Marton Z.C., Blodow N., Dolha M., Beetz M., 2008. Towards 3D Point cloud based object maps for household environments. Robotics and Autonomous Systems, **56**, 927-941.

Topcon, 2010. AT-b2/b3/b4.

Unicore Communications, I., 2021. UM482_User_Manual.

Veneziano D., Souleyrette R.; Hallmark S. L., 2002. Evaluation of Lidar for Highway Planning, Location and Design. Pecora 15/Land Satellite Information IV/ISPRS Commission I/FIEOS, pp. 1-11.

Wang Y., Chen Q., Zhu Q., Liu L.; Li C.; Zheng D., 2019. A survey of mobile laser scanning applications and key techniques over urban areas. Remote Sensing, **11**, 1-20.

Wu C., Yuan Y., Tang Y., Tian B., 2022. Application of terrestrial laser scanning (Tls) in the architecture, engineering and construction (aec) industry. Sensors, **22**, 1-32.

Xu Y., Neal P.J., Crane C.D., 2017. Road marking survey with mobile Lidar system. 30st Florida Conference on Recent Advances in Robotics, pp. 5-8.

Yadav M., Lohani B., Singh A.K., 2018. Road surface detection from mobile Lidar data. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, pp. 95-101.

ABSTRACT

Mobile Lidar solution on the vehicle for road surface survey: A case study of integrated AU20 Lidar operated on a car

Vu Ngoc Quang[1,*], Nguyen Viet Ha[2], Pham Thi Thanh Hoa[2]
[1]*University of Transport Technology*
[2]*Hanoi University of Mining and Geology*

Lidar is a new trend in data collecting in surveying in general and in the monitoring field in particular. However, Lidar operated on a car solution for road surface data collecting is a quite new platform. The paper is an assessment of using Lidar for this kind of purpose. In the study, an AU20 Lidar is used on a car platform with three different speeds including 25, 30, and 40 km/h to scan about 3 km of asphalt surface road. The scan data were processed by Copre software using PPK processing mode. The base station is an i90 GNSS receiver. Output data were compared to a conventional method with an ATB4 auto level. The results study indicated the efficiency of Au20 Lidar solution with vehicle platform when the time of scan process is around 0 minutes and about 17 minutes in total including preparation. The accuracy is most surprising when comparing the asphalt road surface elevation from point clouds to that from the level method. The maximum differences in elevation are 10 mm, 21 mm, and 19 mm for 25, 30, and 40 km/h speeds respectively. The standard deviations are 3.0 mm, 6.5 mm, and 7.5 mm for three car speeds.

Keywords: Road monitoring, point cloud, mobile Lidar system, PPK processing, scanner.

Ứng dụng GIS trong công tác giải phóng mặt bằng dự án tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái

Vũ Thái Hà*, Phạm Chinh Thảo, Khúc Thành Đông

Bộ môn Trắc địa, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT

Trong các dự án phát triển giao thông tại Việt Nam, công tác bồi thường giải phóng mặt bằng luôn nhận được sự quan tâm của xã hội và các cơ quan quản lý. Việc lập phương án bồi thường, giải phóng mặt bằng có đầy đủ thông tin, đảm bảo độ chính xác, đáp ứng nhu cầu của các bên liên quan luôn là vấn đề được quan tâm. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã nghiên cứu ứng dụng GIS để hỗ trợ công tác bồi thường, giải phóng mặt bằng cho dự án xây dựng tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái tại tỉnh Quảng Ninh. Kết quả đã thành lập được cơ sở dữ liệu phục vụ công tác giải phóng mặt bằng cho tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái đoạn qua xã Hải Tiến, tính toán diện tích trong và ngoài chỉ giới đường đỏ, tính giá bồi thường về đất trong phạm vi dự án. Trên cơ sở so sánh với công tác giải phóng mặt bằng được thực hiện theo phương pháp truyền thống tại địa phương, phân tích các ưu, nhược điểm và đánh giá giải pháp ứng dụng GIS trong công tác giải phóng mặt bằng dự án tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái.

Từ khóa: Xây dựng cơ sở dữ liệu, giải phóng mặt bằng, dự án tuyến đường, GIS.

1. Đặt vấn đề

Công nghệ số nói chung trong đó bao gồm hệ thống thông tin địa lý (GIS) là một công cụ hữu ích với khả năng tích hợp hệ thống cơ sở dữ liệu gắn kết với bản đồ. Tiến bộ này đã được áp dụng rộng rãi tại nhiều nước phát triển như Mỹ, Nhật Bản, Pháp,… đặc biệt trong các công tác quản lý và quy hoạch. Có thể kể đến nhiều ứng dụng thực tế của GIS trong quy hoạch xây dựng, quản lý đất đai nói chung và trong công tác giải phóng mặt bằng nói riêng. Singh (2014) đã kết hợp công nghệ viễn thám và GIS trong lĩnh vực quy hoạch đô thị, nhằm tìm ra những vùng đất thích hợp để mở rộng phát triển đô thị. Các nghiên cứu ứng dụng GIS trong địa chính để quản lí các thửa đất rất phong phú, do ưu điểm của công nghệ đối với công tác này. Có thể kể đến như các nghiên cứu của Shakir (2022), Mango (2022), Liu (2020). Trong các nghiên cứu này đều nêu được tính hiệu quả, giảm thiểu chi phí khi ứng dụng GIS trong công tác quản lý địa chính với các thửa đất. Các ứng dụng của GIS trong xây dựng cũng rất đa dạng, vấn đề này được tổng hợp trong nghiên cứu của Akindele (2023). Có thể nói GIS là công cụ không thể thiếu đối với chính quyền trong việc phát triển và quản lí đô thị thông minh (Liu, 2023).

Ở nước ta, ngày 09/01/2020 Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 40/QĐ-TTg về việc phê duyệt đề án "Xây dựng, hoàn thiện cơ sở dữ liệu nền địa lý quốc gia" thực hiện trên phạm vi cả nước trong 5 năm 2020 - 2024. Mục tiêu của đề án là xây dựng và hoàn thiện cơ sở dữ liệu (CSDL) nền địa lý quốc gia 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 quy hoạch, phát triển kinh tế - xã hội, xây dựng các thành phố thông minh đảm bảo quốc phòng - an ninh, phòng chống thiên tai, ứng phó với biến đổi khí hậu và các nhu cầu của xã hội. Từ đây, các nghiên cứu về chuyển đổi số, xây dựng, quản lý, khai thác CSDL số trở nên cần thiết, có tính thời sự do nhu cầu cấp thiết của xã hội. Các dự án nghiên cứu ứng dụng GIS để xây dựng CSDL quản lí đất đai cũng được Nhà nước quan tâm, đầu tư, triển khai thực hiện như xây dựng CSDL địa chính, CSDL giá đất, CSDL quy hoạch (Trần Quốc Bình, 2010; Đoàn Quang Cương và nnk., 2017; Lê Phương Thúy và nnk., 2014). Tuy nhiên việc triển khai ở ngoài thực tế, trước đây còn thiếu tính đồng bộ và chưa có phương án duy trì việc cập nhật thông tin liên tục.

* *Tác giả liên hệ*
Email: havt@huce.edu.vn

Trong lĩnh vực đầu tư xây dựng, công tác giải phóng mặt bằng giữ vai trò quan trọng, quyết định đến tiến độ và hiệu quả thực hiện các dự án đầu tư. Trong những năm qua, việc triển khai công tác bồi thường giải phóng mặt bằng còn gặp nhiều khó khăn, bất cập dẫn đến không ít dự án bị chậm tiến độ theo phê duyệt, gây tổn thất cho nhà đầu tư, cho các cấp chính quyền, ảnh hưởng đến đời sống nhân dân nơi triển khai dự án.

Hiện nay, thành phố Móng Cái đang triển khai xây dựng nhiều tuyến đường lớn, nhỏ, trong đó có tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái.

Tuy nhiên công tác giải phóng mặt bằng, quản lý thông tin quy hoạch vẫn chủ yếu sử dụng file giấy, thông tin khác rời rạc, phân tán, chưa tích hợp với thông tin dạng bản đồ số. Nếu xây dựng được bộ CSDL chung, đây sẽ trở thành một hệ thống thông tin tổng thể nâng cao hiệu quả công tác phối hợp giữa các cơ quan quản lý nhà nước trong quản lý quy hoạch, xây dựng đô thị tại thành phố, thông tin đến doanh nghiệp nghiên cứu đầu tư và người dân sẽ nhanh chóng hơn. Với đề án xây dựng, hoàn thiện CSDL quốc gia của Chính phủ, các thành phố sẽ có bộ CSDL hoàn thiện về đất đai. Công tác tính khối lượng bồi thường giải phóng mặt bằng hoàn toàn có thể tận dụng khai thác bộ CSDL này để thực hiện nhanh chóng, chính xác và hiệu quả hơn.

Có thể nói, chuyển đổi số là xu hướng tất yếu trong thời kỳ Cách mạng công nghiệp 4.0 đối với nhiều lĩnh vực nói chung và trong quản lý đất đai giải phóng mặt bằng phục vụ xây dựng các công trình nói riêng. Bài báo này nhằm trình bày các kết quả ứng dụng GIS trong công tác giải phóng mặt bằng dự án tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái nhằm nâng cao hiệu quả công tác này trên địa bàn. Từ đó đánh giá tính hiệu quả, khả năng ứng dụng của công nghệ GIS trong xây dựng, quản lý và khai thác cơ sở dữ liệu giải phóng mặt bằng đối với các dự án xây dựng tuyến đường.

2. Phương pháp nghiên cứu và số liệu sử dụng

2.1. Khu vực nghiên cứu

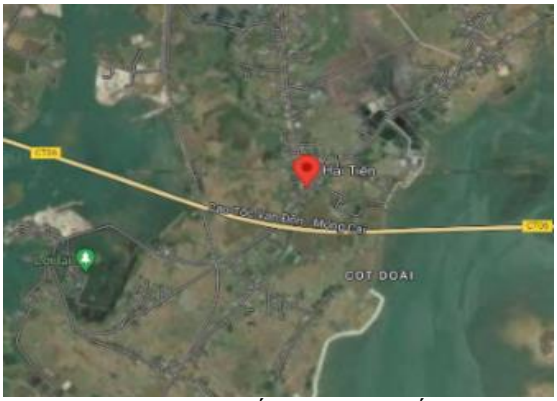
Dự án cao tốc Vân Đồn - Móng Cái (Hình 1) được khởi công vào ngày 03/4/2019, là tuyến cao tốc thứ ba của tỉnh Quảng Ninh. Tổng vốn đầu tư ban đầu khoảng 11.195 tỷ đồng với chiều dài gần 80 km, chạy qua địa phận 5 huyện thị gồm: Vân Đồn, Tiên Yên, Đầm Hà, Hải Hà và Móng Cái. Dự án đã được khánh thành và chính thức đi vào vận hành khai thác từ ngày 01/9/2022, từ đây Quảng Ninh trở thành tỉnh có số kilômét cao tốc dài nhất nước.

Hải Tiến là xã cửa ngõ vào thành phố Móng Cái, cách trung tâm thành phố Móng Cái 12 km về phía Tây. Phía Bắc giáp xã Hải Sơn, Bắc Sơn (Móng Cái), phía Tây giáp xã Quảng Nghĩa (Móng Cái), phía Đông giáp xã Hải Đông (Móng Cái), phía Nam giáp biển.

Đối tượng và khu vực nghiên cứu bài báo lựa chọn để xây dựng cơ sở dữ liệu giải phóng mặt bằng đối với công trình dạng tuyến là tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái, đoạn đi qua xã Hải Tiến, thành phố Móng Cái, tỉnh Quảng Ninh.



Hình 1. Tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái



Hình 2. Tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái đoạn qua xã Hải Tiến

2.2. Số liệu sử dụng

Các bản đồ phục vụ dự án xây dựng tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái, đoạn qua xã Hải Tiến được thu thập và sử dụng bao gồm: Bản đồ hiện trạng giải phóng mặt bằng dự án tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái thuộc địa phận xã Hải Tiến, tỷ lệ 1/500 với 6 mảnh lập tháng 07/2017; Bản vẽ "Chỉ giới đường đỏ" tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái thuộc địa phận xã Hải Tiến, tỷ lệ 1/500; Bản đồ địa chính toàn xã Hải Tiến lập tháng 10/2017. Trong đó, sử dụng bản đồ địa chính và bản vẽ chỉ giới đường đỏ để xây dựng CSDL. Bản đồ hiện trạng giải phóng mặt bằng dự án tuyến đường được sử dụng để so sánh, đối chiếu với CSDL đã xây dựng.

Ngoài dữ liệu bản đồ, đề tài còn thu thập và sử dụng các văn bản, quyết định có liên quan đến tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái bao gồm: Quyết định số 3000/2017/QĐ-UBND ngày 02/8/2017 của UBND tỉnh Quảng Ninh "V/v ban hành quy định về bồi thường, hỗ trợ và tái định cư khi nhà nước thu hồi đất theo Luật Đất đai năm 2013 trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh"; Quyết định số 1036/QĐ-UBND ngày 02/4/2018 của UBND tỉnh Quảng Ninh "V/v phê duyệt giá đất cụ thể để tính bồi thường khi nhà nước thu hồi đất thực hiện dự án: Đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái (đoạn qua địa phận Móng Cái)"; Quyết định số 3238/QĐ-UBND ngày 26/12/2014 của UBND tỉnh Quảng Ninh "V/v ban hành quy định giá các loại đất trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh năm 2015"… và nhiều các văn bản khác liên quan.

2.3. GIS và ứng dụng GIS trong công tác giải phóng mặt bằng công trình dạng tuyến

GIS có thể được hiểu là một tập hợp có tổ chức phần cứng, phần mềm máy tính, dữ liệu địa lý, nhân sự được thiết kế để thu thập, lưu trữ, cập nhật, xử lý, phân tích và mô hình hóa tất cả các dạng thông tin có quy chiếu địa lý. Điểm mạnh của GIS so với các công nghệ khác là khả năng gắn kết các thông tin kể cả yếu tố không gian phục vụ phân tích và truy cập theo yêu cầu. Với khả năng quản lý dữ liệu, chồng xếp các lớp thông tin, truy vấn tìm kiếm thông tin, xử lý phân tích dữ liệu, GIS có thể đáp ứng giải quyết một số công việc phục vụ công tác giải phóng mặt bằng các dự án giao thông, vốn có khối lượng công việc lớn, trải dài qua nhiều địa phương với nhiều thao tác lặp đi lặp lại, dễ nhầm lẫn sai sót khi thực hiện rời rạc. Ứng dụng GIS không chỉ dừng lại ở một công tác cụ thể, mà hướng tới việc xây dựng cơ sở dữ liệu đa mục tiêu nhằm phục vụ cho công tác quản lý từ trung ương tới địa phương. CSDL tổng hợp, đa mục tiêu đảm bảo tính đồng bộ, chính xác của dữ liệu giữa các cấp quản lý, giảm chi phí, giảm khả năng mất mát dữ liệu, giúp thông tin tới người dân một cách nhanh chóng và nhiều lợi ích khác. Từ đó, công tác tính khối lượng giải phóng mặt bằng sẽ tận dụng được từ bộ CSDL tổng hợp này, tránh được nhiều bất cập như sai sót, nhầm lẫn, không đồng bộ thông tin, cũng như thực hiện nhanh chóng, dễ dàng hơn.

2.4. Quy trình xây dựng cơ sở dữ liệu giải phóng mặt bằng dự án công trình dạng tuyến

CSDL phục vụ công tác giải phóng mặt bằng tuyến đường thực tế chính là dữ liệu về các thửa đất nằm trong khu vực xây dựng tuyến đường, cần thống kê để di rời, bồi thường. Vì vậy, cũng có thể gọi đây là CSDL về đất đai. Việc xây dựng CSDL đất đai phải đảm bảo tính chính xác, khoa học, khách quan, kịp thời và theo đúng các quy định hiện hành về hồ sơ địa chính và công tác cấp Giấy chứng nhận quyền sử dụng đất. CSDL phải thuận tiện và dễ dàng cho người sử dụng, quản lý, khai thác và cập nhật dữ liệu đất đai. Quá trình xây dựng CSDL cần tuân theo các quy định kỹ thuật về cơ sở dữ liệu đất đai (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2015), quy định về quy trình xây dựng cơ sở dữ liệu đất đai (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2017). Quy trình xây dựng cơ sở dữ liệu giải phóng mặt bằng dự án tuyến theo các bước ở Hình 3.

3. Kết quả và thảo luận

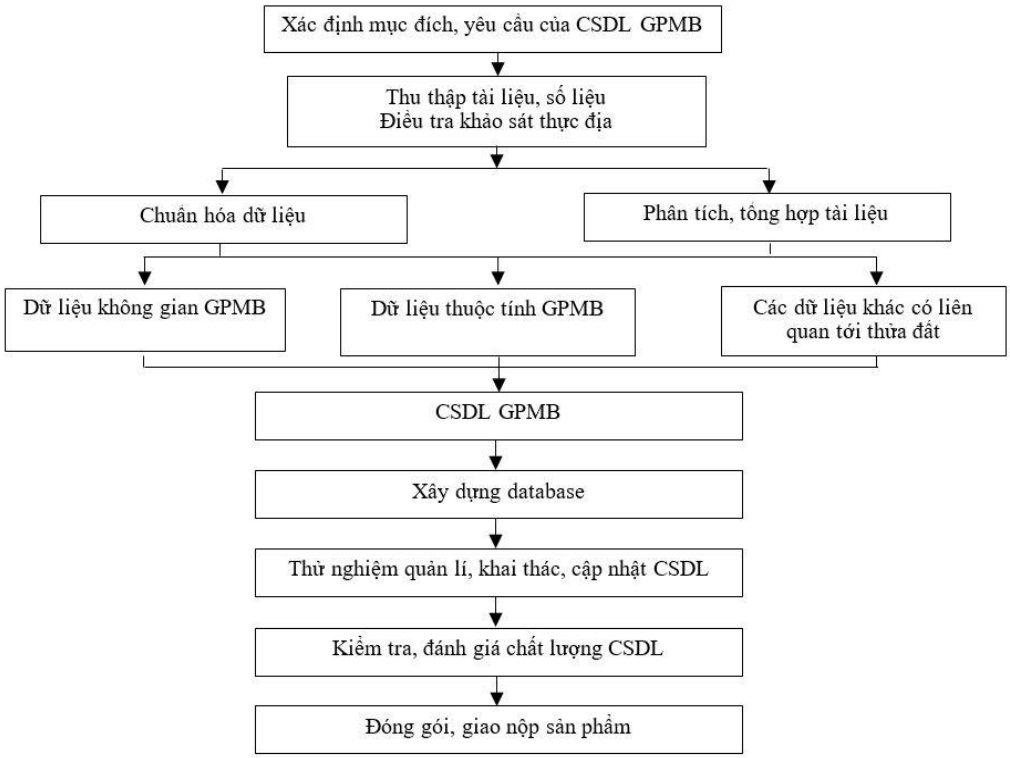
3.1. Cấu trúc mô hình của cơ sở dữ liệu giải phóng mặt bằng

Để xây dựng CSDL, các lớp dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính về thửa đất phải được chuẩn hóa về cấu trúc và kiểu thông tin theo Thông tư số 75/2015/TT-BTNMT. Tuy nhiên, đây là CSDL đất đai đặc thù, phục vụ trực tiếp cho công tác giải phóng mặt bằng nên các nội dung thông tin đã được giảm bớt so với một CSDL đất đai tổng quát. Cụ thể, CSDL đất đai phục vụ giải phóng mặt bằng tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái ban đầu được xây dựng gồm các lớp dữ liệu:

- Thua_dat: Lưu trữ các thông tin liên quan đến thửa đất như chủ sử dụng, diện tích, số hiệu thửa,…
- Giao_thong: Lưu trữ các thông tin liên quan đến giao thông như: mã vị trí, tên đường.

- Quy_hoach: Lưu trữ các thông tin quy hoạch sử dụng đất như: vị trí quy hoạch, mục đích, chỉ giới đường đỏ, các mốc chỉ giới,…

Sau bước xây dựng CSDL, tiến hành khai thác CSDL đã xây dựng được để phục vụ một số công tác giải phóng mặt bằng, sẽ có thêm lớp dữ liệu thua_denbu: lưu trữ các thông tin liên quan đến các thửa đất nằm trong diện đền bù bao gồm diện tích đất đền bù, diện tích đất còn lại, giá đền bù đất trên 1 m^2, tổng tiền đền bù đất,…



Hình 3. Quy trình xây dựng CSDL phục vụ giải phóng mặt bằng

3.2. Xây dựng cơ sở dữ liệu phục vụ giải phóng mặt bằng tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái đoạn qua xã Hải Tiến

Việc xây dựng CSDL đất đai là khâu quan trọng, cần phải ưu tiên thực hiện để giúp công tác giải phóng mặt bằng của các dự án công trình dạng tuyến triển khai nhanh chóng, đảm bảo độ chính xác và công khai minh bạch thông tin đến người dân. Sử dụng tất cả các dữ liệu bản đồ thu được và các dữ liệu khác như đã liệu kê ở Mục 2.2 để tiến hành xây dựng CSDL. Về nguyên tắc, các dữ liệu sau khi thu thập và lên phương án sử dụng thì phải kiểm tra lại các thông tin và độ chính xác với các bước: kiểm tra hệ tọa độ, đánh giá về độ chính xác và tỷ lệ của bản đồ; kiểm tra, đối soát thông tin thuộc tính trên các thửa đất.

Từ file bản đồ ban đầu tiến hành chuẩn hóa bằng phần mềm Microstation qua các bước: chuyển dữ liệu vào một file chung thống nhất, chuẩn hóa các đối tượng về đúng level quy định, kiểm tra lỗi topology, rà soát đảm bảo các đối tượng đầy đủ thuộc tính. Sau bước này, ta thu được dữ liệu bản đồ trong file tong.dgn chứa các đối tượng nằm theo đúng level quy định, các thửa đất đầy đủ các thông tin thuộc tính được lấy từ bản đồ trích đo địa chính.

Chuyển đổi dữ liệu sang phần mềm ArcGIS. Các đối tượng sau khi được chuyển sang ArcGIS được gộp chung theo từng dạng polyline, point, polygon, annotation nên cần tách dữ liệu theo level, thuộc tính. Tiến hành tách các lớp thông tin bằng cách lệnh truy vấn theo trường thuộc tính của đối tượng và chuẩn hóa quan hệ không gian cho lớp dữ liệu thửa đất. Các nhóm dữ liệu được xây dựng để phục vụ công tác giải phóng mặt bằng tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái bao gồm:

- Nhóm dữ liệu địa chính về thửa đất bao gồm: Ranh giới thửa, số hiệu thửa, mục đích sử dụng đất, diện tích, chủ sở hữu.

- Nhóm dữ liệu về tuyến đường quy hoạch bao gồm: Ranh giới tuyến đường quy hoạch, các mốc và tọa độ cọc giải phóng mặt bằng.

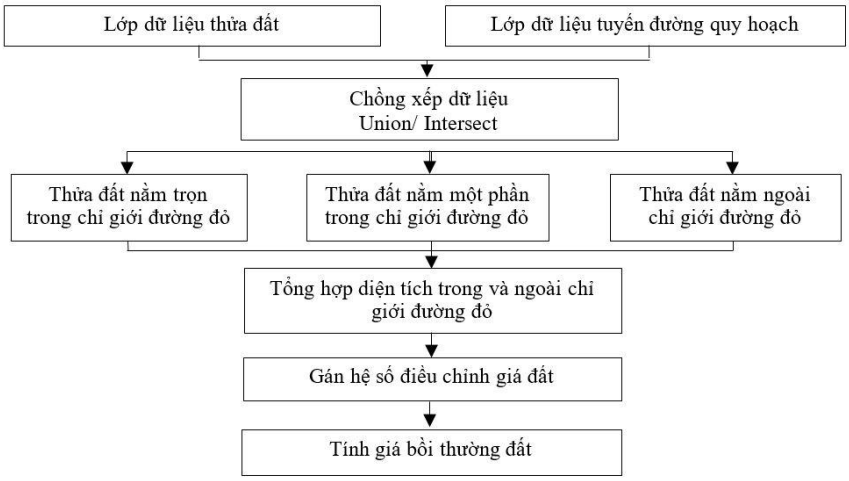
- Dữ liệu giá đất: Xây dựng từ bảng giá đất theo Quyết định số 3238 ngày 26/12/2014 và Quyết định số 1036 ngày 02/4/2018 của UBND tỉnh Quảng Ninh. Trong đó, Quyết định số 1036/QĐ-UBND của UBND tỉnh Quảng Ninh đã quy định cụ thể giá tiền bồi thường đất cho dự án Đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái (đoạn qua địa phận Móng Cái).

3.3. Khai thác cơ sở dữ liệu giải phóng mặt bằng tuyến đường

3.3.1. Xác định diện tích trong, ngoài chỉ giới đường đỏ phục vụ công tác giải phóng mặt bằng

Theo quy định tại khoản 1 Điều 17 Nghị định 43/2014/NĐ-CP ngày 15/5/2014 của Chính phủ, các cơ quan chức năng làm nhiệm vụ bồi thường giải phóng mặt bằng phải tổ chức họp thông báo cho những hộ dân nằm trong diện giải phóng mặt bằng về kế hoạch, tiến độ thu hồi đất giải phóng mặt bằng, các chính sách bồi thường, hỗ trợ và tái định cư, công bố các tài liệu liên quan đến việc thu hồi đất. Trong đó, các hộ dân đặc biệt quan tâm tới việc xác định diện tích trong, ngoài chỉ giới đường đỏ, họ muốn biết phần diện tích còn lại hoặc mất đi của nhà mình sau khi giải phóng mặt bằng. Công tác xác định diện tích trong, ngoài chỉ đường đỏ được các đơn vị tư vấn có chức năng về đo đạc bản đồ lập và thể hiện trong hồ sơ kỹ thuật thửa đất.

Quy trình tính diện tích đất trong, ngoài chỉ giới đường đỏ thể hiện trong Hình 4.



Hình 4. Quy trình tính diện tích đất trong, ngoài chỉ giới đường đỏ và tiền bồi thường đất

Từ CSDL đã xây dựng, sử dụng chức năng chồng xếp thông tin của GIS (Union/Intersect) để chồng xếp hai lớp dữ liệu, tạo ra lớp dữ liệu mới chứa cả thông tin của hai lớp dữ liệu ban đầu. Hai lớp dữ liệu được chọn để chồng xếp ở đây là: lớp dữ liệu thửa đất và lớp dữ liệu tuyến đường quy hoạch. Từ các kết quả chồng xếp, tính diện tích cho tất cả các thửa đất phần nằm trong chỉ giới đường đỏ và phần nằm ngoài chỉ giới đường đỏ. Hiển thị kết quả tính diện tích vào dữ liệu thuộc tính. Chia dữ liệu thuộc tính thành hai trường: diện tích trong chỉ giới đường đỏ, diện tích ngoài chỉ giới đường đỏ. Kết quả sẽ có 3 trường hợp là:

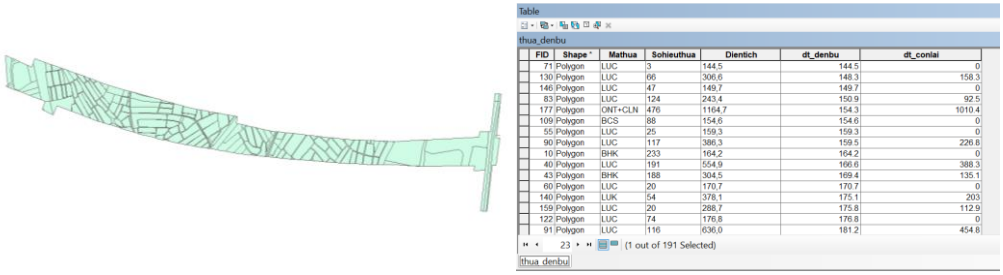
- Trường hợp 1: các thửa đất nằm hoàn toàn trong chỉ giới đường đỏ thì diện tích ngoài chỉ giới đường đỏ = 0.

- Trường hợp 2: các thửa đất nằm 1 phần trong chỉ giới đường đỏ thì diện tích ngoài chỉ giới đường đỏ $\neq$ 0 và diện tích trong chỉ giới đường đỏ $\neq$ 0.

- Trường hợp 3: các thửa đất nằm hoàn toàn ngoài chỉ giới đường đỏ thì diện tích ngoài chỉ giới đường đỏ $\neq$ 0.

Kết quả thu được lớp thua_denbu (Hình 5) thể hiện đầy đủ chi tiết thông tin về các thửa đất trong

phạm vi bồi thường giải phóng mặt bằng tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái đoạn đi qua xã Hải Tiến, đảm bảo cung cấp đầy đủ thông tin cả về dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính cho các cơ quan chức năng cũng như các hộ dân trong phạm vi dự án.



Hình 5. Bảng thuộc tính lớp thua_denbu sau khi đã tính diện tích đền bù

3.3.2. Tính giá bồi thường cho các thửa đất bị thu hồi

Theo quy định (Ủy ban nhân dân tỉnh Quảng Ninh, 2017), đơn vị trực tiếp làm nhiệm vụ bồi thường, giải phóng mặt bằng có trách nhiệm lập dự thảo phương án bồi thường, hỗ trợ, tái định cư chi tiết cho từng tổ chức, hộ gia đình có nhà, đất trong phạm vi thực hiện dự án. Trong các nội dung trên, việc xác định số tiền bồi thường đất ở và tài sản gắn liền với đất là nhiệm vụ quan trọng, nó ảnh hưởng trực tiếp đến tiến độ giải phóng mặt bằng của các dự án. Đặc điểm của khu vực nghiên cứu là tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái đoạn qua xã Hải Tiến hầu hết cắt qua các thửa đất nông nghiệp. Cùng với việc thu thập dữ liệu về tài sản trên đất (nhà ở, cây trồng,...) còn gặp khó khăn. Nên trong bài báo chỉ tính tiền bồi thường về đất, không tính tiền bồi thường cho tài sản trên đất.

Lớp thua_denbu được xây dựng từ CSDL đã có trường giá trị về loại đất, mã vị trí, giá đất theo khung giá nhà nước, các hệ số điều chỉnh, diện tích trong chỉ giới đường đỏ. Từ đó tính giá bồi thường về đất đai cho từng thửa đất. Tiền bồi thường đất được lưu trong trường thuộc tính Tienbt_Dat và tính theo công thức:

Tiền bồi thường đất = Giá theo khung giá Nhà nước × Diện tích trong chỉ giới đường đỏ x hệ số điều chỉnh theo QĐ 1036/QĐ-UBND (1)

Ngoài ra theo quy định tại Khoản 2 Điều 13 Quyết định số 3000/QĐ-UBND ngày 2/08/2017 của UBND tỉnh Quảng Ninh, người dân còn nhận được tiền hỗ trợ "Hỗ trợ đào tạo, chuyển đổi nghề và tìm kiếm việc làm đối với trường hợp Nhà nước thu hồi đất nông nghiệp của hộ gia đình, cá nhân trực tiếp sản xuất nông nghiệp". Tiền hỗ trợ được lưu trong trường thuộc tính Tienht_Dat và tính theo công thức:

Tiền hỗ trợ đất = Giá theo khung giá Nhà nước × Diện tích trong chỉ giới đường đỏ × hệ số 2 hoặc 2,5 theo từng loại đất (2)

Từ đó tính được tổng số tiền đền bù cho đất theo công thức:

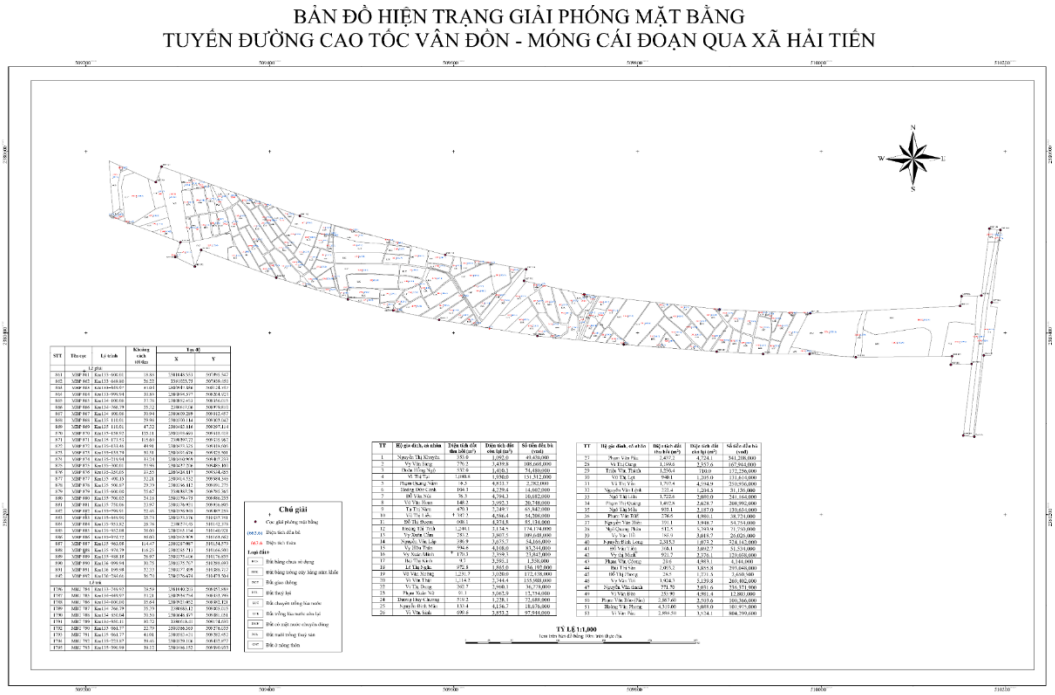
Tổng tiền đền bù đất = Tiền đền bù đất + Tiền hỗ trợ đất (3)

Kết quả nghiên cứu đã tính được tiền bồi thường về đất cho tất cả các thửa đất nằm trong phạm vi dự án đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái đoạn đi qua xã Hải Tiến.

3.4. Đánh giá giải pháp ứng dụng GIS trong công tác giải phóng mặt bằng tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái đoạn qua xã Hải Tiến

3.4.1. So sánh cơ sở dữ liệu đã xây dựng với dữ liệu giải phóng mặt bằng tại địa phương

Từ CSDL đã xây dựng, thành lập được Bản đồ tổng hiện trạng giải phóng mặt bằng của tuyến đường thực nghiệm bằng phần mềm ArcGIS (Hình 6). So sánh kết quả bản đồ này và 6 mảnh bản đồ hiện trạng giải phóng mặt bằng của dự án đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái đoạn đi qua xã Hải Tiến được địa phương cung cấp. Qua so sánh các giá trị về không gian và thuộc tính thể hiện trên hai bản đồ, thấy hoàn toàn trùng khớp. Điều này là hoàn toàn hợp lý, các dữ liệu địa chính này tại địa phương quản lí đều phải thống nhất trước thời điểm thực hiện dự án.



Hình 6. Bản đồ tổng hiện trạng giải phóng mặt bằng của tuyến đường thực nghiệm được xây dựng từ GIS

Để so sánh kết quả tính toán của nghiên cứu với số liệu bồi thường thực tế của dự án, các tác giả đã thu thập được phương án bồi thường, hỗ trợ và tái định cư của các hộ dân trong phạm vi giải phóng mặt bằng của xã Hải Tiến qua tài liệu "Bảng tổng hợp các phương án bồi thường, hỗ trợ và tái định cư giải phóng mặt bằng dự án đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái (Đoạn qua thành phố Móng Cái)". Tiến hành so sánh giữa kết quả tính bằng GIS và kết quả theo báo cáo tại địa phương với hai nội dung: diện tích đất đền bù và tiền bồi thường về đất phục vụ giải phóng mặt bằng (bao gồm tiền bồi thường theo đơn giá của Tỉnh và tiền hỗ trợ). Nhận thấy, một số hộ có chênh lệch diện tích đền bù (± 0,1 m^2) thì sẽ tiếp tục chênh lệch về đơn giá đền bù, với giá trị tiền tương ứng diện tích chênh lệch. Chênh lệch về diện tích được giải thích là do làm tròn số và nhỏ, chấp nhận được. Qua so sánh nhận thấy việc tính diện tích bồi thường đất và giá tiền bồi thường về đất của nghiên cứu về cơ bản là trùng khớp với kết quả đã thực hiện tại địa phương.

3.4.2. Đánh giá kết quả xây dựng cơ sở dữ liệu bằng GIS phục vụ công tác giải phóng mặt bằng tuyến cao tốc Vân Đồn - Móng Cái

Qua việc xây dựng thành công CSDL phục vụ giải phóng mặt bằng tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái đoạn qua xã Hải Tiến, nhận thấy thành lập CSDL từ nguồn bản đồ phục vụ công tác giải phóng mặt bằng là công việc khả thi, đảm bảo độ chính xác, đáp ứng nhu cầu của công tác giải phóng mặt bằng. Trong quá trình thực hiện xây dựng bộ CSDL phục vụ giải phóng mặt bằng tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái, cùng với các kết luận trong báo cáo tổng kết đánh giá công tác giải phóng mặt bằng tại địa phương, nhận thấy công tác giải phóng mặt bằng tại địa phương còn tồn tại một số vấn đề. Những vấn đề này có thể khắc phục một phần nào nếu đã xây dựng được bộ CSDL thống nhất. Bao gồm các sai sót về tính khối lượng bồi thường sai, áp dụng đơn giá tại cùng một thời điểm chưa thống nhất,... Bản đồ hiện trạng giải phóng mặt bằng được thành lập phục vụ dự án có số thửa không thống nhất với số thửa toàn xã, mà được đánh số thửa riêng trong khu vực giải phóng mặt bằng, gây khó khăn cho quá trình tra soát, thống nhất dữ liệu. Trên bản đồ hiện trạng giải phóng mặt bằng, một số vị trí hiển thị không đủ hết các thông tin thuộc tính, gây mất thời gian tra soát, tìm kiếm khi cần thiết. Trong công tác làm hồ sơ giải phóng mặt bằng có nhiều thao tác lặp đi lặp lại, ở địa phương còn điền hồ sơ bằng tay nếu có bộ CSDL thì các thao tác tự động bằng máy sẽ nhanh chóng, thống nhất hơn.

3.4.3. Khả năng ứng dụng GIS trong công tác giải phóng mặt bằng dự án tuyến đường

Ứng dụng GIS trong công tác giải phóng mặt bằng dạng tuyến đem lại nhiều ưu điểm, là xu thế tất yếu trong sự phát triển của xã hội hiện đại, khi các thông tin dữ liệu được lưu trữ, chia sẻ, cập nhật thống nhất trên máy tính. Điều kiện tối ưu khi triển khai ứng dụng này với công tác giải phóng mặt bằng là trên địa bàn đã xây dựng được CSDL đất đai tổng quát theo quy định của Bộ Tài nguyên và Môi trường. Trường hợp chưa có CSDL này thì việc xây dựng CSDL đất đai chuyên biệt cho dự án nên được tích hợp với việc xây dựng CSDL tổng quát, hoặc với các CSDL đất đai (hay CSDL liên quan đến đất đai) cho các hoạt động khác trên địa bàn dự án hay lân cận. Như vậy sẽ khai thác được hết tiềm năng của bộ CSDL xây dựng được. Trên thực tế, từ bộ CSDL phục vụ giải phóng mặt bằng tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái, nhóm tác giả cũng đã xây dựng được bản đồ hiện trạng sử dụng đất, bản đồ giá đất cho thành phố Móng Cái một cách nhanh chóng, dễ dàng. Để nghiên cứu có thể phát triển hơn, bộ CSDL đã xây dựng cần được liên tục cập nhật, chỉnh sửa, thêm các dữ liệu chuyên biệt để phù hợp với thực tiễn biến động về dữ liệu đất đai, địa chính và có thể áp dụng trong các công tác quản lý khác tại địa phương.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã ứng dụng thành công công nghệ GIS để xây dựng CSDL phục vụ công tác giải phóng mặt bằng dự án tuyến đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái đoạn qua xã Hải Tiến từ nguồn dữ liệu bản đồ thu thập được. Đã khai thác CSDL này để giải quyết một số bài toán thực tiễn trong công tác như: xác định diện tích trong ngoài chỉ giới đường đỏ, tính giá bồi thường về đất cho tất cả các thửa đất. Các kết quả này sẽ giúp giải quyết các vấn đề của công tác GPMB một cách nhanh chóng, chính xác. Những nghiên cứu của luận văn đã cho thấy việc xây dựng CSDL là một công cụ hữu ích hỗ trợ cho công tác quản lý nói chung và hỗ trợ cho công tác giải phóng mặt bằng của các dự án phát triển giao thông nói riêng. Chính quyền các tỉnh, thành phố nên chỉ đạo việc tăng cường ứng dụng GIS trong các dự án phát triển hạ tầng đô thị và có kế hoạch cập nhật, chỉnh sửa, thêm các dữ liệu vào bộ CSDL đã xây dựng để nó phát huy được hiệu quả trong thực tế.

Tài liệu tham khảo

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2015. Thông tư số 75/2015/TT-BTNMT ngày 28/12/2015 quy định kỹ thuật về cơ sở dữ liệu đất đai.

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2017. Thông tư số 05/2017/TT-BTNMT ngày 25/4/2017 Quy định về quy trình xây dựng cơ sở dữ liệu đất đai.

Đoàn Quang Cương, Trần Văn Tuấn, Phạm Lê Tuấn, 2017. Nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu quy hoạch sử dụng đất huyện Đông Anh, thành phố Hà Nội. Kỷ yếu Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2017, tr. 467-475.

Lê Phương Thúy, Nguyễn Xuân Linh, 2014. Nghiên cứu đề xuất mô hình cơ sở dữ liệu địa chính phục vụ đăng ký đất đai trên cơ sở mô hình LADM. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Địa lý lần thứ 8, Trường Đại học Sư phạm TP. Hồ Chí Minh. 1-2/11/2014, tr. 790-797.

Liu Z., Cheng L., 2022. Review of GIS Technology and Its Applications in Different Areas. IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 2020, 735, 012066. https://doi.org/10.1088/1757-899X/735/1/012066.

Mango J., Claramunt C., Ngondo J., Zhang D., Xu D., Colak E., Li X., 2022. Multipurpose temporal GIS model for cadastral data management. International Journal of Geographical Information Science. 36, 1205-1230. https://doi.org/10.1080/13658816.2021.2009483.

Muhammad Shakir, Zahir Ali, Anthony Arko-Adjei 2022. Developing cost effective approach to integrate cadastral map and land parcel data using rs & gis technologies. Paradigm Academic Press, Vol. 1, No. 2. https://doi.org/10.56397/IST.2022.09.02

Oluwaseun Akindele, Saheed Ajayi, Adekunle S. Oyegoke, Hafiz A. Alaka, Temitope Omotayo 2023. Application of Geographic Information System (GIS) in construction: a systematic review. Smart and Sustainable Built Environment. https://doi.org/10.1108/SASBE-01-2023-0016

Trần Quốc Bình, 2010. Khả năng ứng dụng các phần mềm GIS mã nguồn mở trong xây dựng hệ thống thông tin đất đai. Hội nghị khoa học Địa lý Đông Nam Á, NXB Đại học Sư phạm.

Singh SK, Saklani B, Kumar H, Chauhan R, Gupta H, 2014. RS & GIS based urban land use change and site suitability analysis for future urban expansion of Parwanoo Planning area, Solan, Himachal Pradesh (India). International Journal of Development Research, Vol. 4, No. 8, 2014, pp.1491-1503.

UBND tỉnh Quảng Ninh, 2018. Quyết định số 1036/QĐ-UBND ngày 02/4/2018 về việc phê duyệt giá đất cụ thể để tinh bồi thường khi nhà nước thu hồi đất thực hiện dự án: Đường cao tốc Vân Đồn - Móng Cái (đoạn qua địa phận Móng Cái).

UBND tỉnh Quảng Ninh, 2017. Quyết định số 3000/2017/QĐ-UBND ngày 02/8/2017 về việc ban hành quy định về bồi thường, hỗ trợ và tái định cư khi nhà nước thu hồi đất theo Luật Đất đai năm 2013 trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh.

UBND tỉnh Quảng Ninh, 2014. Quyết định số 3238/QĐ-UBND ngày 26/12/2014 về việc ban hành quy định giá các loại đất trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh.

Yuyan Liu, Yanliang Wu, Haoyu Cao, Zixuan Wang, Ziqin Wang, Yu Cui, Guohong Li, 2023. The Application of GIS Technology in the Construction of Smart City. Academic Journal of Science and Technology. Vol. 5, No. 2, 2023.

ABSTRACT

Research and assessment of GIS application solution in the land clearance of Van Don - Mong Cai expressway project

Vu Thai Ha[1, *], Pham Chinh Thao[1], Khuc Thanh Dong[1]
[1]*Hanoi University of Civil Engineering*

In traffic projects in Vietnam, compensation for land clearance always receives the attention of society and management agencies. Stakeholders always pay attention to whether the compensation and site clearance plan is fully informed, accurate, and meets their needs or not. In this study, the authors researched and applied GIS to support compensation and land clearance for the Van Don - Mong Cai expressway project in Quang Ninh province. As a result, a database has been established for land clearance for the Van Don - Mong Cai expressway, calculating the area inside and outside red-line boundary, calculating the compensation money for land within the project scope. After comparing with the results of the implementation of the local traditional method, the authors analyzed the advantages and disadvantages and evaluated the GIS application solution in the land clearance work of the expressway project Van Don - Mong Cai.

Keywords: Database building, land clearance, road project, GIS.

Trắc địa công trình trong cách mạng số và cơ sở dữ liệu thông tin xây dựng

Vũ Văn Thặng,Vũ Thái Hà*,
Bộ môn Trắc địa, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT

Trước đây, tài liệu khảo sát trắc địa đảm bảo thiết kế công trình được thể hiện trên giấy theo cách truyền thống. Trong cách mạng số 4.0, các thông tin trên được số hóa, chuyển đổi về cùng một hệ qui chiếu để xây dựng cơ sở dữ liệu thống nhất, phục vụ công tác khảo sát, thiết kế, thi công, khai thác, cập nhật bổ sung thông tin, cải tạo sửa chữa, đảm bảo xuyên suốt quá trình xây dựng, sử dụng công trình. Bài báo được trình bày với mục đích làm sáng tỏ những thay đổi trong công tác trắc địa phục vụ xây dựng và sử dụng cơ sở dữ liệu số. Thông qua nghiên cứu lý thuyết, so sánh, kiểm chứng thực tế để phân tích quá trình số hóa thông tin, xây dựng một cơ sở dữ liệu xây dựng công trình thống nhất, với các nội dung cơ bản cần quan tâm giải quyết để phát huy các ưu điểm của cơ sở dữ liệu trắc địa số.

Từ khóa: Cách mạng số 4.0, cơ sở dữ liệu, trắc địa công trình, cơ sở dữ liệu công trình.

1. Đặt vấn đề

Trắc địa là khoa học về Trái đất, với nội dung chính nhằm xác định tương hỗ vị trí điểm, trong đó tham số vị trí điểm trên mặt đất cần xác định được kí hiệu là XYH. Về quá trình phát triển của lĩnh vực Trắc địa xây dựng công trình ở Việt Nam đã có tên gọi qua các thời kỳ như: "Đo đạc và bản đồ", "Trắc địa công trình", "Trắc địa xây dựng", "Địa tin học xây dựng", "Kĩ thuật trắc địa",… Công tác trắc địa công trình tham gia ở nhiều giai đoạn với rất nhiều dạng công trình khác nhau, từ dân dụng, công nghiệp đến các công trình quốc gia,… Công tác này luôn được quan tâm vì nó đóng vai trò quyết định đến độ chính xác về hình dạng, kích thước để đảm bảo chất lượng công trình. Có thể thấy rằng, trắc địa công trình góp mặt vào nhiều khía cạnh của đời sống và có tầm quan trọng rất lớn đối với sự phát triển kinh tế - xã hội đất nước.

Theo truyền thống các kết quả đo đạc được thể hiện chủ yếu ở trên giấy, trên các bảng biểu,... gọi tắt là phương pháp "giấy". Ngày nay, trong cách mạng 4.0, các thông tin đo đạc thu được đều được số hóa, tạo ra khả năng hiển thị, khai thác, lưu trữ, cập nhật, tái sử dụng thông tin hơn hẳn phương pháp "giấy" truyền thống, gọi tắt là phương pháp "số". Hiện nay, cơ sở dữ liệu (CSDL) số đang được sử dụng rộng rãi trong trắc địa xây dựng, nhưng chưa có nhiều nghiên cứu tổng hợp, phân tích về vấn đề này mà chủ yếu chỉ tập trung vào các dạng công việc cụ thể. (Akindele và nnk., 2023) đã tổng hợp và nhận định rằng hệ thông tin địa lí (GIS) được ứng dụng rất đa dạng trong xây dựng với nền là các dữ liệu bản đồ. Các phần công việc trong quá trình xây dựng công trình như quy hoạch, thiết kế, giám sát thi công, phát hiện lỗi và giám sát an toàn là những ứng dụng chính của GIS trong xây dựng. Nó giúp cho việc theo dõi các hoạt động xây dựng trực quan hơn. Một trong những dẫn chứng của nhận định này, đó là ưu điểm nổi bật của công nghệ số cho phép xây dựng mô hình ba chiều (3D) khá nhanh chóng và thuận tiện. Có thể mô hình hóa thông tin xây dựng để xây dựng hệ thống thông tin xây dựng cho toàn tòa nhà bằng cách tích hợp các bản vẽ, bản đồ hai chiều (2D) và mô hình 3D với các nguồn dữ liệu xây dựng khác (Ebrahim và nnk., 2016). Các nghiên cứu khai thác công nghệ số trong từng lĩnh vực xây dựng với sự tham gia của dữ liệu trắc địa có thể kể đến như: công tác quy hoạch (Allawi và Al-Jazaeri, 2023), lập hồ sơ dự án (Abd và nnk., 2020), giám sát thi công (Bognot và nnk., 2018; Han và nnk., 2022), bảo trì và quản lý chất lượng công trình (Sacks và nnk., 2010; Miano và nnk., 2022; Shekargoftar và nnk., 2022; Bartonek và nnk., 2023), xây dựng đường (Rajadurai và Vilventhan, 2021; Wang và nnk., 2021; Chun và nnk., 2021), xây đựng công trình ngầm (Sharafat và nnk., 2021), khai thác mỏ (Bottero và nnk., 2020),… Trong đó, các công nghệ hiện đại của trắc địa như ảnh viễn thám, máy bay không người lái (UAV), định vị vệ tinh (GNSS),… được kết hợp cùng các hệ thống lưu trữ, phân tích dữ liệu dạng số như Mô hình thông tin công trình (BIM) hay GIS,…

* *Tác giả liên hệ*
Email: havt@huce.edu.vn

Có thể nói, công nghệ số đã làm thay đổi phương thức làm việc của ngành trắc địa xây dựng, với tất cả các dạng công việc theo vòng đời của một công trình, mở ra nhiều hướng phát triển mới.

Ở nước ta, các nghiên cứu về xây dựng cơ sở dữ liệu mới chỉ dừng lại ở ứng dụng các phần mềm xây dựng CSDL phục vụ một nhiệm vụ cụ thể. Tập trung hầu hết là ứng dụng GIS trong quản lí đất đai (Trần Quốc Bình, 2010), quy hoạch đô thị (Nguyễn Bích Ngọc, 2014); ứng dụng BIM trong xây dựng mô hình thông tin công trình (Lê Hoài Nam và nnk., 2018),… Cần có thêm các nghiên cứu tập trung vào tổng hợp, phân tích các thay đổi của công tác trắc địa công trình trong thời đại công nghệ số.

Từ các phân tích trên, cùng với thời kì hiện nay. Nội dung bài báo tổng hợp, phân tích sự khác biệt trong việc cập nhật, khai thác số liệu khảo sát (dữ liệu đen), số liệu thiết kế xây dựng công trình (dữ liệu đỏ), được thực hiện theo các phương pháp trắc địa xây dựng truyền thống thể hiện trong bản vẽ bằng giấy so với cơ sở dữ liệu số.

2. Hệ quy chiếu trắc địa và kích thước công trình xây dựng

Các công trình xây dựng chủ yếu nằm trên mặt đất, nơi là đối tượng đo đạc chính của công tác trắc địa công trình. Bề mặt Trái đất gồ ghề, không có hình dạng cụ thể. Trong quá trình phát triển của nhận thức, bề mặt Trái đất cũng thay đổi từ quan niệm Trời tròn, Đất vuông đến bề mặt được khái quát hóa, như mặt vật lý Geoid, mặt toán học Ellipsoid.

Mặt vật lý Geoid được định nghĩa với 2 tham số đặc trưng là: phương của lực hút Trái đất (phương của trọng lực) đi qua các điểm trên mặt đất luôn vuông góc với mặt Geoid và tổng bình phương khoảng cách các điểm trên mặt đất đến mặt geoid là nhỏ nhất (Vũ Thặng, 2005). Các hệ tọa độ trên mặt đất, để xác định tương hỗ vị trí giữa các điểm, chủ yếu được xác lập trong hệ qui chiếu là phương của lực hút Trái đất. Đặc biệt là trong xây dựng, quy chiếu được chọn là phương của lực hút Trái đất.

Mặt toán học Ellipsoid được định nghĩa từ mặt elip tròn xoay (thể bồ dục), được xác lập từ hình elip có bán trục lớn a, bằng bán kính Trái đất ở Xích đạo; bán trục nhỏ b, bằng bán kính Trái đất ở hai cực. Tâm của mặt Ellipsoid trùng với trọng tâm của Trái đất; trục quay của Ellipsoid trùng với trục quay của Trái đất. Các điểm trên mặt Ellipsoid được xác định bởi vector $f(S,e_{XYZ})$, trong đó S là khoảng cách từ trọng tâm Trái đất đến điểm quan trắc, e_{XYZ} là 3 tham số góc Euler của vector (Велико Куртев, 1975). Các hệ tọa độ để xác định tương hỗ vị trí các điểm trên mặt Ellipsoid, được xác lập chủ yếu trong hệ qui chiếu được chọn là đường pháp tuyến. Pháp tuyến là đường vuông góc với tiếp tuyến của vòng tròn lớn đi qua điểm quan trắc trên mặt Ellipsoid.

Tại điểm quan trắc trên mặt đất, phương của lực hút Trái đất và pháp tuyến khác lệch nhau bởi độ lệch của đường dây dọi. Độ lệch của 2 đường qui chiếu này rất nhỏ, thường chỉ cỡ vài giây trong đơn vị đo góc. Để xác định tương hỗ vị trí điểm trên mặt đất, trong trắc địa sử dụng rất nhiều hệ tọa độ khác nhau, phụ thuộc vào phương pháp, dụng cụ đo cũng như cách tính. Trong không gian, tương hỗ vị trí điểm thường được xác định bởi tọa độ địa tâm XYZ, trong hệ tọa độ không gian ba chiều, có điểm gốc O lấy theo tâm của Trái đất, trục OX và OY nằm trong mặt phẳng Xích đạo, chúng vuông góc với nhau. Trục OX trùng với giao tuyến của mặt phẳng kinh tuyến gốc và mặt phẳng Xích đạo. Trục OZ trùng với trục quay của Trái đất.

Tọa độ địa diện xyz được xác định trong hệ tọa độ địa diện ba chiều, có gốc tại điểm quan trắc trên mặt đất, trục oz trùng với pháp tuyến, trục ox là giao tuyến của mặt phẳng kinh tuyến và mặt phẳng nằm ngang đi qua điểm quan trắc, oy nằm trong mặt phẳng nằm ngang, vuông góc với trục ox về phía Đông. Trong hệ tọa độ địa diện, mặt phẳng nằm ngang được xác định là mặt phẳng vuông góc với pháp tuyến tại điểm quan trắc (điểm gốc). Khác biệt với hệ tọa độ địa diện, trong xây dựng thường sử dụng phương thẳng đứng, là phương song song với phương của lực hút Trái đất, phương nằm ngang vuông góc với phương của lực hút Trái đất (vuông góc với phương thẳng đứng). Mặt phẳng nằm ngang vuông góc với phương của lực hút Trái đất đi qua điểm quan trắc. Đường chân trời, trong quan niệm dân gian là nơi gặp nhau giữa Trời và Đất, còn trong trắc địa, nó là đường kéo dài của mặt phẳng nằm ngang tại điểm quan trắc (người quan trắc cảm nhận là ranh giới giữa Trời và Đất hay nơi Trời và Đất gặp nhau). Cần lưu ý ở đây là sự khác biệt giữa hai hệ qui chiếu xác lập bởi pháp tuyến và phương của trọng lực với đại lượng độ lệch dây dọi.

Trên mặt đất, tương hỗ vị trí điểm thường được xác định bởi tọa độ mặt bằng XY và độ cao H. Trong bản đồ địa hình truyền thống in trên giấy của Việt Nam các điểm đặc trưng của địa hình và địa vật được biểu diễn bằng 4 màu với 7 lớp thông tin. Tọa độ XY xác định vị trí mặt bằng của điểm trong hệ tọa độ VN-2000. Tọa độ điểm mặt bằng là tọa độ 2 chiều XY trong hệ tọa độ trên, được xác lập bởi phép chiếu hình trụ ngang UTM. Độ cao H của điểm thường được biểu diễn bằng đường đồng mức kết hợp với ghi chú độ cao. Trong hệ tọa độ VN-2000, độ cao H là độ cao thủy chuẩn (lấy mặt nước yên tĩnh làm chuẩn), điểm gốc độ cao của Việt Nam xác định từ giá trị mực nước biển trung bình quan trắc ở trạm Hòn Dấu, Đồ Sơn, Hải Phòng, nên còn được gọi là độ cao so với mực nước biển. Độ cao so với mực nước biển (độ cao thủy chuẩn) H, là khoảng cách từ điểm quan trắc trên mặt đất tính theo phương của lực hút Trái đất tới mặt Geoid. Mặt Geoid thực dụng của Việt Nam lấy mực nước biển trung bình ở đảo Hòn Dấu, Đồ Sơn làm gốc. Tùy thuộc vào điểm gốc độ cao được chọn mà gọi là độ cao Quốc gia, độ cao khu vực hay độ cao cục bộ giả định và chúng đều là độ cao thủy chuẩn, chỉ khác ở điểm gốc của mặt cong được chọn làm chuẩn.

Trong trắc địa còn sử dụng độ cao trắc địa $H_{TĐ}$, là khoảng cách từ điểm quan trắc trên mặt đất đến mặt Ellipsoid, tính theo phương của pháp tuyến. Độ cao trắc địa $H_{TĐ}$, thường được xác định từ các kết quả quan trắc vệ tinh. Sự khác biệt giữa giá trị độ cao thủy chuẩn H và độ cao trắc địa $H_{TĐ}$ tại một điểm là dị thường độ cao. Dị thường độ cao là khoảng cách giữa 2 mặt Geoid và Ellipsoid qui ước của điểm quan trắc, thường có giá trị mm đến cm ở đồng bằng, cm đến dm ở trung du và dm đến m ở vùng núi. Nơi có giá trị dị thường độ cao lớn nhất trên thế giới, có thể lên đến trên 150 m (Велико Куртев, 1975). Ngoài sự chênh lệch do 2 mặt gốc, độ cao thủy chuẩn H và độ cao trắc địa $H_{TĐ}$ còn khác nhau bởi được tính theo phương của lực hút Trái đất và theo pháp tuyến. Trên bản đồ địa hình biểu diễn độ cao thủy chuẩn H, độ cao dùng trong xây dựng cũng là độ cao thủy chuẩn H. Nước chảy từ chỗ cao xuống chỗ thấp, hay từ chỗ có độ cao thủy chuẩn lớn hơn xuống chỗ có độ cao thủy chuẩn nhỏ hơn.

Các tọa độ khác nhau, sử dụng trong trắc địa, được chuyển đổi qua lại, hoặc chuyển về một hệ tọa độ thống nhất, bằng các thuật toán chuyên ngành (Vũ Thái Hà, 2020). Trong bản vẽ thiết kế cũng như công trình xây dựng ngoài thực tế, tương hỗ vị trí giữa các điểm đặc trưng trên công trình được thể hiện thông qua ba kích thước: Dài - Rộng - Cao. Kích thước dài - rộng của công trình, các hạng mục công trình, các chi tiết,… được xác lập trong các hệ tọa độ qui ước cục bộ phẳng, vuông góc, 2 chiều (xoy)', nó có thể được chuyển đổi Helmert thành tọa độ phẳng XY trong tọa độ quốc gia VN-2000 trên tài liệu khảo sát hoặc bản đồ địa hình Việt Nam và ngược lại. Hệ tọa độ công trình trong các bản vẽ thiết kế thường sử dụng là hệ tọa độ cục bộ giả định, tự chọn, xác lập trong mặt phẳng nằm ngang với 2 trục ox' và oy' vuông góc. Độ cao công trình H là khoảng cách đứng, xác định theo phương của lực hút Trái đất tính từ cốt 0.0 của công trình đến mặt nước gốc. Chiều cao công trình h là chênh lệch độ cao thủy chuẩn H giữa điểm cốt 0.0 và đỉnh công trình. Chiều cao công trình h có thể tính chuyển thành chênh lệch độ cao thủy chuẩn trong VN-2000 và ngược lại.

Trong thời kì cách mạng số 4.0, tương hỗ vị trí điểm trên mặt đất, trong thiết kế hay trên thực tế công trình xây dựng, có thể số hóa, chuyển đổi một mô hình số thống nhất, phục vụ khảo sát, thiết kế, thi công, quản lý, khai thác, cập nhật thông tin. Tạo ra một CSDL số trong một hệ qui chiếu 5 chiều, có 3 chiều thông tin không gian XYH tương ứng với các chiều dài - rộng - cao (xyh)', thông tin thuộc tính và thông tin thời gian cập nhật. Mỗi một điểm mang thông tin không gian, thông tin thuộc tính và thông tin thời gian. Hai điểm xác định một đường thẳng và ba điểm xác định một mặt phẳng. Điểm, đường và mặt phẳng trên mặt đất, trong thiết kế, trên công trình xây dựng cùng với những thông tin khác là những thành phần cơ bản để hợp thành CSDL số thông tin xây dựng.

3. Thu thập thông tin xây dựng cơ sở dữ liệu

Thông tin cơ bản cần thu thập để xây dựng CSDL có 2 loại: thành phần đang tồn tại ngoài mặt đất, còn gọi là dữ liệu đen; thành phần xác lập dự kiến trong thiết kế (trên bản vẽ), còn gọi là dữ liệu đỏ.

3.1. Dữ liệu khảo sát

Số liệu khảo sát ngoài mặt đất, trên công trình đã xây (dữ liệu đen) được thực hiện theo nguyên tắc "từ tổng thể tới chi tiết, độ chính xác cao đến độ chính xác thấp". Nguyên tắc này được cụ thể hóa bằng hệ thống lưới khống chế trắc địa ba cấp chính. Cấp một là lưới khống chế quốc gia với 4 hạng. Cấp 2 là

lưới khống chế khu vực, được phát triển từ lưới khống chế quốc gia. Lưới khống chế khu vực gồm có lưới giải tích và lưới đường chuyền. Cuối cùng là lưới khống chế đo vẽ, được phát triển từ các điểm mốc của các lưới hạng trên theo nguyên tắc ảnh hưởng không đáng kể; Sai số của các điểm mốc hạng trên ảnh hưởng tới độ chính xác của lưới hạng dưới nhỏ hơn 11 đến 13% được coi là không đáng kể [Vũ Thặng và Vũ Thái Hà, 2016].

Trong trắc địa dữ liệu đen được đo trực tiếp hoặc gián tiếp. Khi đo trực tiếp, tại các điểm mốc khống chế đo vẽ, đặt máy trực tiếp đo, xác định các tham số điểm đo chi tiết đặc trưng cho địa hình địa vật do người cầm mia (gương) chọn khái quát. Mức độ khái quát hóa địa hình, địa vật phụ thuộc vào tỷ lệ bản đồ khảo sát cần lập. Đo trực tiếp truyền thống trong phương pháp tọa độ vuông góc xác định x'y'h', tt (thuộc tính) trong hệ tọa độ cục bộ bằng lăng kính chuyên dụng, thước thép xác định vị trí mặt bằng và máy thủy bình xác định độ cao. Phương pháp tọa độ vuông góc trước đây chỉ áp dụng với các khu vực rất nhỏ, tỷ lệ rất lớn vì các nhược điểm cơ bản của nó. Phương pháp tọa độ cực sử dụng máy kinh vĩ, máy toàn đạc (quang, cơ) hoặc toàn đạc điện tử (TĐĐT), trực tiếp đo góc bằng β, góc nghiêng V hoặc góc thiên đỉnh Z, khoảng cách thực S, xác định tham số điểm chi tiết (x'y'h', tt). Đo trực tiếp bằng máy bàn đạc, bản chất tương tự như các máy trên, chỉ khác bản vẽ được định tâm ngay trên điểm mốc khống chế, trực tiếp xác định hướng tới điểm đo trên bản vẽ, các tham số khác xác định tương tự như các máy trên. Ưu điểm của phương pháp này là giảm sai sót, khái quát hóa điểm chi tiết tốt hơn. Phương pháp tọa độ cực là phương pháp chính của giai đoạn trước, áp dụng khi đo vẽ bản đồ tỷ lệ lớn phục vụ thiết kế, xây dựng công trình.

Đo gián tiếp trên ảnh, phụ thuộc vào vị trí của máy ảnh, có ảnh mặt đất, ảnh hàng không, (UAV), ảnh viễn thám hoặc bằng máy quét laser. Các điểm mốc khống chế đo vẽ được phủ các vật liệu phản quang (lộ tiêu) để chúng được hiện rõ trên các ảnh chụp. Để trên mỗi tấm ảnh đều có đủ điểm đã được xác định tọa độ cần thiết, sử dụng lưới giải tích tăng dầy trên ảnh. Tọa độ x'y' của điểm chi tiết được đo theo tọa độ ảnh, độ cao h' đo trên mô hình ảnh lập thể. Tọa độ điểm chi tiết x'y'h' được liên kết thống nhất với nhau qua các điểm mốc giải tích tăng dầy đã được xác định tọa độ trên các bức ảnh. Với máy quét laser, mỗi điểm quét được xác định bởi độ dài tia laser từ máy tới điểm phản xạ và 3 tham số góc của vector e_{XYZ}. Các thông tin thuộc tính được xác định thông qua công tác điều vẽ ảnh và màu của điểm trên ảnh. Tọa độ điểm ảnh được kết nối với tọa độ quốc gia thông qua các điểm lộ tiêu trên mặt đất, là các điểm song trùng, được xác định tọa độ quốc gia và tọa độ ảnh. Phương pháp đo gián tiếp trên ảnh trong giai đoạn trước là phương pháp cơ bản để đo vẽ bản đồ tỷ lệ nhỏ và tỷ lệ trung bình trên phạm vi toàn quốc. Ngày nay, với sự phát triển của công nghệ số, UAV, máy quét laser,… Phương pháp đo gián tiếp trên ảnh được sử dụng rộng rãi, lập được cả bản đồ tỉ lớn, trên diện tích nhỏ, địa hình đặc biệt khó khăn, nên được áp dụng rộng rãi trong khảo sát, thiết kế xây dựng công trình. Nhược điểm của phương pháp đo gián tiếp là các vùng bị che khuất, không được hiển thị trên các ảnh. Nhược điểm cơ bản đó được khắc phục bằng phương pháp đo vẽ tổng hợp, bổ sung thông tin các khu vực bị che khuất bằng phương pháp đo trực tiếp.

Để xây dựng CSDL phục vụ xây dựng công trình, các dữ liệu khảo sát cho dù được thu thập với phương pháp nào cũng được chuyển về dạng số. Mỗi một điểm mang thông tin không gian, thông tin thuộc tính và thông tin thời gian.

3.2. Dữ liệu thiết kế xây dựng công trình

Trong các bản vẽ thiết kế xây dựng công trình, các thành phần cơ bản của dữ liệu được thể hiện trên các bản vẽ mặt bằng, mặt đứng, mặt cắt và các bản vẽ chi tiết kiến trúc, kết cấu,... Bản vẽ thiết kế xây dựng được thực hiện qua nhiều bước khi lập dự án đến bản vẽ thi công, được thể hiện trên giấy với 3 phần cơ bản:

- Bản vẽ tổng quát như bản vẽ tổng mặt bằng, bản vẽ thiết kế định vị,… thường có tỷ lệ biểu diễn cùng với tỷ lệ bản đồ khảo sát địa hình tỷ lệ lớn, cùng hệ tọa độ với tài liệu khảo sát.

- Bản vẽ chính là các vẽ kiến trúc, kết cấu,… biểu diễn ở tỷ lệ lớn hoặc rất lớn trong hệ tọa độ qui ước của bản vẽ. Tương hỗ vị trí điểm được thể hiện bằng các đường kích thước trên bản vẽ. Kích thước này không có sai số, đó là ý chủ quan do người thiết kế định ra.

- Bản vẽ chi tiết có tỷ lệ rất lớn, đôi khi lớn hơn kích thước thực. Các chi tiết kiến trúc, kết cấu,… có thể được thể hiện trong các bản vẽ riêng, cũng có thể được thể hiện cùng trên các bản vẽ chính, nhưng ở tỷ lệ lớn hơn nhiều. Các kích thước chi tiết thiết kế cũng không có sai số đo.

Dữ liệu thiết kế (đỏ) không có sai số đo. Dữ liệu khảo sát (đen) có sai số đo, sai số do khái quát hóa,... Dữ liệu đen được sử dụng khi sai số của nó nhỏ hơn sai số cho phép, có ảnh hưởng không đáng kể tới xây lắp, khai thác sử dụng công trình. Đây là sự khác nhau cơ bản giữa dữ liệu khảo sát (đen) và dữ liệu thiết kế (đỏ), cần được quan tâm khi xây dựng một CSDL thống nhất. Các thông tin thuộc tính của dữ liệu được thể hiện bằng kí hiệu, màu sắc, ghi chú,… Các dữ liệu đỏ và đen được chuyển về một hệ qui chiếu, trong một hệ tọa độ thống nhất để xây dựng CSDL thông tin xây dựng.

4. Xây dựng cơ sở dữ liệu thống nhất

4.1. Tỷ lệ biểu diễn

Dữ liệu xây dựng nói chung được biểu diễn theo nhiều cấp: tổng thể, cơ bản và chi tiết. Tỷ lệ biểu diễn là tỷ số giữa kích thước biểu diễn và kích thước thực. Dữ liệu đen tổng thể thường được biểu diễn ở tỷ lệ trung bình (Anderson, 1998), từ 1:M là 1:100 000 đến 1:10 000. Dữ liệu đen cơ bản thường được biểu diễn ở tỷ lệ lớn, từ 1:5000 đến 1:500. Dữ liệu đỏ cơ bản có thể diễn biểu diễn đến 1:100. Dữ liệu đỏ của các chi tiết kiến trúc, chi tiết kết cấu biểu diễn ở tỷ lệ rất lớn 1:50 đến 1:1, đôi khi lớn hơn một.

Các loại bản vẽ thể hiện trên giấy truyền thống, giúp người sử dụng cảm nhận trực quan, có hiệu quả, đạt độ chính xác ở tỷ lệ sử dụng tương ứng. Trong khi đó, CSDL số có thể hiển thị ở các tỷ lệ khác nhau, nhưng chất lượng, độ chính xác,… của dữ liệu vẫn chỉ tương ứng với tỷ lệ được lập khi thu thập dữ liệu.

Việc chọn tỷ lệ biểu diễn phụ thuộc vào mật độ chi tiết (mức độ khái quát hóa) để đảm bảo các thông tin không bị phủ lấp lên nhau khi hiển thị. Riêng với dữ liệu đen, vì có sai số đo, nên xác định tỷ lệ biểu diễn còn phụ thuộc vào độ chính xác vị trí điểm của dữ liệu khảo sát. Xuất phát từ khả năng đọc của mắt người bình thường ở trên bản đồ giấy là 0,1 mm, trong trắc địa lấy sai số đọc và sai số điểm lập bản đồ cho phép lớn gấp 2 lần khả năng đọc của mắt người bình thường là 0,2 mm trên bản đồ. Dữ liệu đen để lập bản đồ phải có sai số tương hỗ vị trí các điểm đo vẽ nhỏ hơn 0,2 mm. M so với vị trí thực ở ngoài thực địa, trong đó M là là mẫu số của tỷ lệ bản đồ. Với bản đồ giấy, sai số đo - vẽ và sai số đọc bản đồ cho phép đều phải nhỏ hơn 0,2 mm trên bản đồ và 0,2 mm. M tương ứng ngoài mặt đất. Sử dụng bản đồ số, không có sai số đọc bản đồ như bản đồ giấy mà chỉ có sai số đo - vẽ để lập bản đồ.

Tham số không gian thứ 3 của điểm được biểu diễn trên bản đồ là độ cao H. Trong bản đồ giấy, phương pháp chính để biểu diễn độ cao là đường đồng mức, ngoài ra còn kết hợp với ghi chú độ cao, tô màu,... Độ chính xác của độ cao trên bản đồ biểu diễn theo phương pháp đường đồng mức là 1/3 - 1/4.h, trong đó h là khoảng cao đều cơ bản (Vũ Thặng, 2001), vì vậy phải đo các điểm ngoài thực địa có chênh lệch độ cao > 1/2.h. Sai số đo độ cao điểm phải < 1/5.h. Khác với bản đồ giấy, trên bản đồ số, ngoài các phương pháp áp dụng trong bản đồ giấy, còn sử dụng vị trí không gian XYH của các điểm lân cận để xác định độ cao H của điểm. Độ cao H trong bản đồ số thường được nội suy từ mô hình số độ cao bằng thuật toán chuyên ngành.

4.2. Biên tập dữ liệu theo tỷ lệ và theo lớp

Bản đồ truyền thống được thể hiện trên giấy theo tỷ lệ xác định. Dữ liệu đen in trên bản đồ phân biệt nhau bằng 4 màu, thông tin thuộc tính được thể hiện bằng kí hiệu bản đồ, màu sắc và ghi chú. Các kí hiệu và ghi chú trên bản đồ có kích thước từ 1,8 mm đến 12 mm, để phù hợp với khả năng đọc của mắt người và nhu cầu biểu diễn, mà không phụ thuộc vào tỷ lệ của bản đồ, đồng thời đảm bảo nguyên tắc không trồng phủ lên nhau.

Dữ liệu thiết kế (đỏ) được thể hiện trên bản vẽ theo tỷ lệ. Thông tin không gian thể hiện bằng đường kích thước. Thông tin thuộc tính thể hiện bằng kí hiệu và ghi chú. Trên cùng một bản vẽ thiết kế trên giấy có thể biểu diễn theo một tỷ lệ hoặc nhiều tỷ lệ phụ thuộc vào đó là nội dung cơ bản hay có kèm các chi tiết kiến trúc, kết cấu. Dữ liệu thể hiện trên giấy truyền thống thực chất chỉ được thể hiện trên một lớp (layer).

Với CSDL số, các dữ liệu sau khi đã được số hóa và thống nhất tọa độ, được thể hiện trong một mô hình CSDL thống nhất. Thông tin không gian của dữ liệu sử dụng đơn vị cơ bản là mét (m) phải đồng nhất với đơn vị sử dụng trong máy tính cũng là mét. Trong CSDL số, dữ liệu được biểu diễn ở nhiều tỷ lệ khác nhau, phụ thuộc vào nhu cầu và độ chính xác của dữ liệu. Các kí hiệu và ghi chú thuộc tính cũng được biên tập theo tỷ lệ, để đảm bảo khi hiển thị hoặc in ra giấy tương đương như bản đồ hoặc bản thiết

kế trên giấy. Ví dụ kí hiệu hoặc chữ ghi chú có chiều cao 2 mm, 2,5 mm hoặc 3,5 mm ở trên giấy, khi biên tập ở tỷ lệ 1:1000 phải có chiều cao tương ứng là 2, 2,5 hoặc 3,5 đơn vị máy, khi biên tập ở tỷ lệ 1:5000 phải có chiều cao tương ứng là 10, 12,5 hoặc 17,5 đơn vị máy. Đồng thời, dữ liệu đen khi nhập vào cũng phải để ở đơn vị đo tương ứng là mét. Khi tài liệu in ra hoặc hiển thị theo đúng tỷ lệ biên tập sẽ có chiều cao kí hiệu hoặc chữ tương ứng là 2 mm, 2,5 mm hoặc 3,5 mm, đảm bảo cho người đọc nhận biết thông tin hiển thị như trên bản đồ giấy cùng tỷ lệ.

Dữ liệu số có thể được biên tập ở rất nhiều màu, nhiều lớp khác nhau. Đây là ưu điểm hơn hẳn so với dữ liệu giấy truyền thống, là chỉ có một lớp (layer) với 4 màu. Dữ liệu số có thể được hiển thị phóng to hay thu nhỏ tùy chọn, hơn nữa còn có thể hiển thị theo lớp. Dữ liệu có thể được hiển thị hoặc in ra tất cả các lớp hay chỉ một số lớp ở tỷ lệ theo nhu cầu, nhưng độ chính xác của dữ liệu vẫn chỉ tương ứng với tỷ lệ đo vẽ khi thành lập. Đây là đặc trưng mà CSDL số hơn hẳn so với các bản đồ, bản vẽ truyền thống.

4.3. Cơ sở dữ liệu số thông tin xây dựng thường dùng

Hiện nay có rất nhiều CSDL số khác nhau. Một CSDL số liên quan phổ biến được biên tập ở nhiều tỷ lệ, nhiều lớp được hiển thị theo nhu cầu người dùng, có thể kể đến như là Google Maps. Tùy theo tỷ lệ hiển thị trên màn hình, phần mềm tự động chuyển hiển thị tỷ lệ bản đồ phù hợp tương ứng. Từ bản đồ toàn cầu đến quốc gia, khu vực hoặc chi tiết với tỷ lệ rất nhỏ đến rất lớn. Tùy theo mục đích sử dụng, phần mềm chỉ để hiển thị các lớp (layer) liên quan cần thiết, tránh bị che phủ hoặc làm rối thông tin.

Liên quan đến CSDL thông tin xây dựng có các phần mềm hay dùng trong trắc địa như các phần mềm thuộc Hệ thông tin địa lý GIS (Geographic Information Systems), Hệ thống thông tin quản lý đất đai LIS (Land Information System),… Trong thiết kế xây dựng công trình, dữ liệu đồ thường được biểu diễn, lưu trữ trong phần mềm AutoCad và nhiều phần mềm khác trên nền AutoCad. Chuyên sâu hơn về xây dựng có CSDL được xây dựng trong Mô hình thông tin xây dựng BIM (Building Information Model) với phần mềm Thiết kế xây dựng - Revit,… BIM là một mô hình tiên tiến giúp xây dựng và sử dụng thông tin hiệu quả xuyên suốt vòng đời của dự án từ giai đoạn thiết kế, thi công đến vận hành công trình.

Từ các dữ liệu thu thập được, thông qua các phần mềm có thể dựng được mô hình 3D của các công trình, khu vực địa hình. Đây là ưu điểm nổi bật của CSDL dạng số mà bản đồ truyền thống không thể hiện được. Các mô hình 3D cho phép theo dõi rất trực quan đối tượng cần nghiên cứu.

CSDL số về thông tin xây dựng dưới góc độ người xây dựng cũng như người sử dụng chúng, là giao thoa kiến thức trắc địa và xây dựng mà cả hai dạng chuyên gia trên đều cần được trang bị và cập nhật các kiến thức cơ bản về chúng để phát huy tốt nhất ưu điểm của CSDL số.

5. Kết luận

Thông qua quá trình nghiên cứu, phân tích các yêu cầu toán học của CSDL số phục vụ xây dựng, xác định được nội dung, yêu cầu kĩ thuật cơ bản thành lập cơ sở dữ liệu thông tin xây dựng dưới dạng số. Đây là các yêu cầu kĩ thuật cơ bản cần đáp ứng khi thành lập cũng như khai thác sử dụng cơ sở dữ liệu thông tin xây dựng. Kết quả nghiên cứu cũng phần nào cho thấy những thay đổi, cập nhật cần thiết trong nhận thức cũng như nội dung đào tạo chuyên ngành Trắc địa xây dựng hay Trắc địa - Địa tin học. Kĩ sư xây dựng hay các chuyên gia sử dụng CSDL thông tin xây dựng cũng cần am hiểu các kiến thức này, để sử dụng đúng và tốt nhất bộ CSDL được cung cấp.

Tài liệu tham khảo

Abd A.M., Hamee A.H., Nsaif B.M., 2020. Documentation of construction project using Integration of BIM and GIS Technique. Asian J. Civ. Eng. 21, 1249-1257.

Ahmed Hussein Allawi, Haider Mohammed Jawad Al-Jazaeri, 2023. A new approach towards the sustainability of urban-rural integration: The development strategy for central villages in the Abbasiya District of Iraq using GIS techniques, Regional Sustainability, Vol. 4, Issue 1, March 2023, pages 28-43.

Bartonek D., Bures J., Vystavel O., Havlicek R., 2023. CaseStudy of Remodelling theas-Built Documentation of a Railway Construction into the BIM and GIS Environment. Appl. Sci. 13, 5591. https://doi.org/10.3390/app13095591

Велико Куртев, 1975. Инженерна Геодезия, Висш инхерно-строителен иститут, София.

Bognot J.R., Candido C.G., Blanco A.C., Montelibano J.R.Y., 2018. Building construction progress monitoring using unmanned aer-ial system (UAS), low-cost photogrammetry, and geographic information system (GIS). ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. 2018, IV-2, 41-47. https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-41-2018

Bottero MC, Polo Pérez I, Taddia G,Lo RS., 2020. A geodatabase for supportingplanning and management of miningactivities: the case of Piedmont Region. Environment and Earth Science., 79:83. DOI: 10.1007/s12665-020-8815-x.

Ebrahim M.A.B., Mosly I., Abed-Elhafez I. Y., 2016. Building Construction Information System Using GIS. Arabian Journal for Science and Engineering, 41(10), 3827-3840.

James M. Anderson, Edward M. Mikhail, 1998. Surveying - Theory and Practice - 7th edition, WCB McGraw - Hill. USA.

Han C., Tang F., M, T., Gu L., Tong Z., 2022. Construction quality evaluation of asphalt pavement based on BIM and GIS. Autom. Constr. 141, 104398.

Lê Hoài Nam, Vũ Thị Kim Dung, Hoàng Vân Giang, Đinh Nho Cảng, 2018. BIM cho các công trình hạ tầng kỹ thuật ở Việt Nam: Thực trạng, rào cản ứng dụng và giải pháp. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD)- ĐHXDHN, 12(1): 53-64

Miano A., Di Carlo F., Mele A., Giannetti I., Nappo N., Rompato M., Striano P., Bonano M., Bozzano F., Lanari R., 2022. GIS Integration of DInSAR Measurements, Geological Investigation and Historical Surveys for the Structural Monitoring of Buildings and Infrastructures: An Application to the Valco San Paolo Urban Area of Rome. Infrastructures 2022, 7, 89.

Nguyễn Bích Ngọc, Đào Đức Hưởng, Trần Thị Phượng, 2014. Ứng dụng GIS trong xây dựng mô hình 3D phục vụ cho quy hoạch không gian đô thị quận Hải Châu, thành phố Đà Nẵng. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, (19), 47-55. https://doi.org/10.54491/jgac.2014.19.101

Oluwaseun Akindele, Saheed Ajayi, Adekunle S. Oyegoke, Hafiz A. Alaka, Temitope Omotayo, (2023). Application of Geographic Information System (GIS) in construction: a systematic review. Smart and Sustainable Built Environment. https://doi.org/10.1108/SASBE-01-2023-0016.

P. J. Chun, T. Yamane, and Y. Tsuzuki, 2021. Automatic detection ofcracks in asphalt pavement using deep learning to overcomeweakness in images and GIS visualization. Applied Sciences, Vol. 11, No. 3, p. 892, 2021, doi: https://doi.org/10.3390/app11030892

Rajadurai R. and Vilventha, A., 2022. Integrating road information modeling (RIM) and geographic information system (GIS) for effective utility relocations in infrastructure projects. Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 29 No. 9, pp. 3647-3663. https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2021-0295

Sacks R., Radosavljevic M., Barak R., 2010. Requirements for building information modelling based lean production management systemsfor construction. Autom. Constr. 19(5), 641-655. ISSN 0926-5805.

Sharafat A., Khan M.S., Latif K., Tanoli W.A., Park W., Seo J., 2021. BIM-GIS-Based Integrated Framework for Underground Utility Management System for Earthwork Operations. Appl. Sci. 2021, 11, 5721.

Shekargoftar A., Taghaddos H., Azodi A., Tak A.N., Ghorab K., 2022. An Integrated Framework for Operation and Maintenance of Gas Utility Pipeline Using BIM, GIS, and AR. J. Perform. Constr. Facil. 2022, 36, 4022023.

Trần Quốc Bình, 2010. Khả năng ứng dụng các phần mềm GIS mã nguồn mở trong xây dựng hệ thống thông tin đất đai. Hội nghị khoa học Địa lý Đông Nam Á, NXB Đại học Sư phạm.

Vũ Thái Hà, 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, Luận án Tiến sĩ kĩ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

Vũ Thặng, Vũ Thái Hà, 2016. Sai số và bình sai trong trắc địa, NXB Xây dựng, Hà Nội.

Vũ Thặng, 2005. Trắc địa xây dựng, NXB Khoa học và Kĩ thuật, Hà Nội.

Vũ Thặng, 2001. Trắc địa quy hoạch đường và đô thị, NXB Xây dựng, Hà Nội.

Vũ Thặng, 2008. Nghiên cứu xây dựng mô hình số địa hình bằng thiết bị và công nghệ hiện đại ứng dụng trong khảo sát, thiết kế công trình giao thông và thủy lợi, Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, mã số B2008 - 03 - 47 - TĐ, Bộ Giáo dục và Đào tạo.

Wang S., Zhang F., Qin T., 2020. Research on the Construction of Highway Traffic Digital Twin System Based on 3D GIS Technology. In Proceedings of the 7th International Conference on Computer-Aided Design, Manufacturing, Modeling and Simulation (CDMMS2020), Busan, Republic of Korea, 14-15 November 2020; Volume 1802.

ABSTRACT

Engineering surveying in the digital revolution and construction project database

Vu Văn Thang*, Vu Thai Ha
Hanoi University of Civil Engineering

Previously, survey documents for construction design were presented on paper in the traditional way. In the 4.0 revolution, measurement information collected from geodetic work is digitized and converted to the same reference system to build a unified database. This database is intended to serve the survey, design, construction, exploitation, updating and supplementing information, renovating and repairing, ensuring throughout the process of construction and use of the works. The article is presented with the aim of clarifying the changes in geodetic work for the construction and use of digital databases. Through theoretical research, comparison, and actual verification to analyze the process of digitizing information, building a unified construction project database, the basic contents that need attention to promote the advantages of this database.

Keywords: Revolution number 4.0, database, engineering surveying, construction project database.

Nghiên cứu xây dựng mô hình dự báo biến động bề mặt không thấm khu vực Thành phố Hồ Chí Minh từ dữ liệu viễn thám và GIS

Phạm Văn Tùng[1,*], Nguyễn Văn Trung[2], Vũ Xuân Cường[1], Lê Văn Phú[3]

[1]*Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh*
[2]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[3]*Học viện Kỹ thuật Quân sự*

TÓM TẮT

Bề mặt không thấm là các bề mặt do con người tạo ra, bao gồm các bề mặt ngăn chặn quá trình nước không thể xâm nhập vào đất. Sự gia tăng diện tích bề mặt không thấm đã dẫn đến những tác động tiêu cực tới môi trường đô thị, trong đó có sự gia tăng nguy cơ ngập lụt, suy giảm diện tích thảm thực vật, hình thành các đảo nhiệt đô thị. Bài báo này trình bày kết quả xây dựng mô hình dự báo biến động bề mặt không thấm khu vực Thành phố Hồ Chí Minh từ dữ liệu viễn thám và GIS. Ảnh vệ tinh Landsat giai đoạn 2002-2022 được sử dụng để phân loại bề mặt không thấm, chiết xuất các lớp thông tin về lớp phủ thực vật, nhiệt độ bề mặt, kết hợp với các lớp dữ liệu về địa hình, dân cư để mô hình hóa và dự báo biến động bề mặt không thấm. Đối với quá trình phân loại, thuật toán RF có độ chính xác tốt nhất với 92,56 % đối với phân loại mặt không thấm năm 2002 và 92,61 % đối với năm 2012. Bên cạnh đó, quá trình mô hình hoá phát triển đô thị, dự báo biến động bề mặt khu vực Thành phố Hồ Chí Minh đạt 0,7888 với mô hình ANN. Kết quả nhận được trong nghiên cứu có thể phục vụ công tác quy hoạch đô thị, giảm thiểu ảnh hưởng của quá trình gia tăng bề mặt không thấm đến môi trường khu vực đô thị.

Từ khóa: Bề mặt không thấm, viễn thám, GIS, mô hình hóa, Thành phố Hồ Chí Minh.

1. Đặt vấn đề

Bề mặt không thấm nước là bề mặt được bao phủ bởi các vật liệu không thấm nước. Diện tích của bề mặt không thấm nước là chỉ tiêu quan trọng nhằm đo lường mức độ phát triển đô thị và chất lượng môi trường sinh thái đô thị. Bên cạnh đó, sự thay đổi của đối tượng này phản ánh quá trình xây dựng đô thị và phát triển kinh tế - xã hội của một thành phố. Hiện nay, sự phát triển kinh tế - xã hội và đô thị hoá với tốc độ nhanh chóng đã kéo theo một số đối tượng lớp phủ tự nhiên như thảm thực vật, đất nông nghiệp dần bị thay thế bởi các bề mặt không thấm nước (Zhou và nnk., 2018). Bên cạnh đó, sự phát triển đô thị và môi trường sinh thái không có kế hoạch sẽ dẫn tới sự mất cân bằng đô thị, gây ra các hiệu ứng đảo nhiệt đô thị (Yuan và Bauer, 2007), thay đổi thời tiết (Zheng và nnk., 2014), ô nhiễm nguồn nước (Wang và nnk., 2013), gây nguy hiểm nghiêm trọng cho sức khoẻ con người.

Hiện nay, cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, công nghệ viễn thám đã được ứng dụng cho các bài toán phân loại mặt không thấm. Một số phương pháp đã được sử dụng để trích xuất các đối tượng trên bề mặt không thấm nước dựa trên hình ảnh vệ tinh. Trước hết, các nghiên cứu sử dụng đặc trưng của dữ liệu ảnh vệ tinh, phân tích hỗn hợp phổ nhằm xác định vị trí của các đối tượng mặt không thấm trong phân loại (Yang và He, 2017; Lu và nnk., 2014). Tuy nhiên, phương pháp này thường được sử dụng cho các ảnh viễn thám có độ phân giải thấp và trung bình. Đồng thời, độ chính xác của phương pháp này cũng không cao do không phân tích được đặc trưng của các đối tượng. Bên cạnh đó, các tác giả đã sử dụng các thuật toán học sâu và mô hình học máy nhằm giải quyết bài toán phân loại đối với những khu vực mặt không thấm phức tạp (Cai và nnk., 2019; Weng và Hu, 2008; Jia và nnk., 2011). Phương pháp này có thể cải thiện độ chính xác khi phân loại do kết hợp được các đặc trưng quang phổ, đặc trưng mẫu thực nghiệm và các dữ liệu bổ sung khác.

* *Tác giả liên hệ*
Email: pvtung41@gmail.com

Dựa trên kết quả phân tích mặt không thấm, các nghiên cứu tiếp tục dự đoán sự phát triển và mở rộng của các đối tượng nghiên cứu. Các tác giả đã sử dụng các mô hình như chuỗi Markov, CA (Cellular Automata) để mô phỏng sự phát triển của khu dân cư, trung tâm thương mại, đường xá (Li và nnk., 2018). Các mô hình này thường được xây dựng trên các phần mềm thương mại như IDRISI, QGIS. Bên cạnh đó, các mô hình này thường sử dụng các dữ liệu phân loại bề mặt không thấm với các lớp dữ liệu bổ sung như khoảng cách tới đường giao thông, độ cao, mật độ dân cư (Banos và nnk., 2015). Việc sử dụng các lớp bổ sung sẽ đánh giá sự tương quan của quá trình mô hình hoá tăng trưởng đô thị với các dữ liệu khí tượng, dân cư, giao thông, thuỷ văn và các dữ liệu khác có liên quan. Đồng thời, các nghiên cứu sẽ chỉ ra lớp dữ liệu bổ sung có sự ảnh hưởng lớn đối với quá trình phát triển đô thị trong khu vực nghiên cứu.

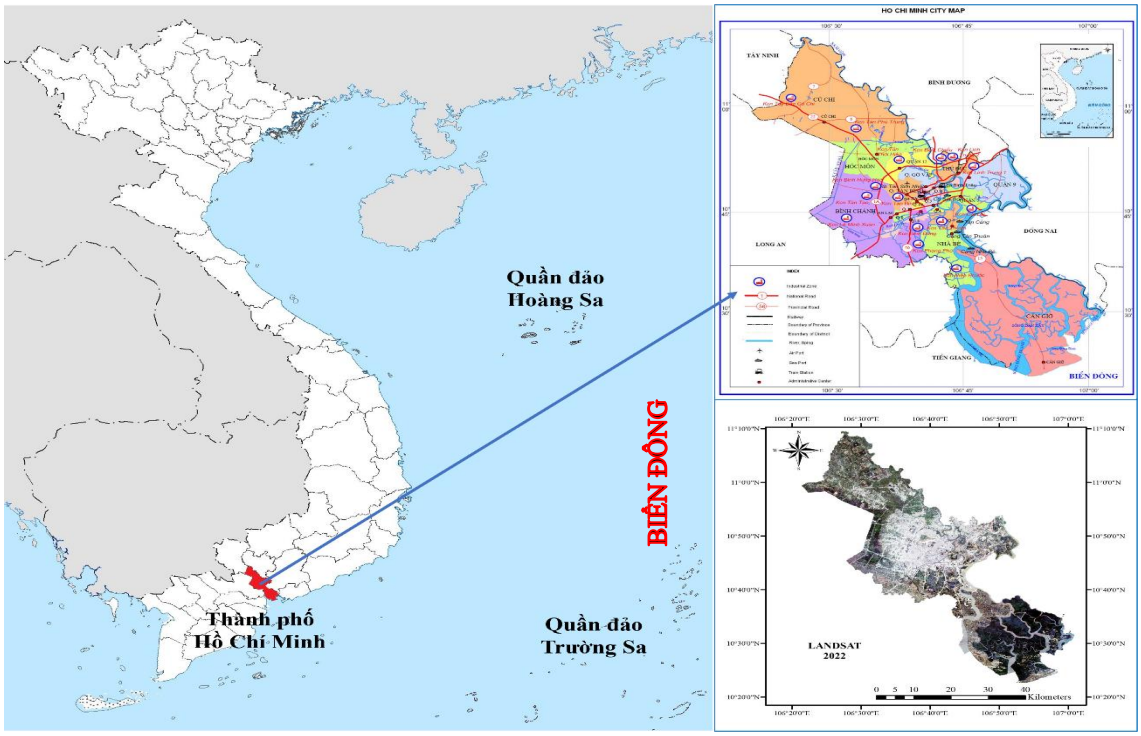
Do vậy, nghiên cứu này giới thiệu mô hình dự báo biến động bề mặt không thấm khu vực Thành phố Hồ Chí Minh từ dữ liệu viễn thám và GIS. Bằng các thuật toán học máy, nghiên cứu tiến hành phân loại mặt không thấm, tạo lớp dữ liệu đầu vào cho quá trình mô phỏng sự thay đổi của các đối tượng nghiên cứu. Bên cạnh đó, nghiên cứu xây dựng các lớp dữ liệu bổ sung nhằm đánh giá trực quan và tăng độ chính xác của quá trình dự đoán.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Dữ liệu nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu được lựa chọn là Thành phố Hồ Chí Minh. Là một trong những thành phố lớn nhất của Việt Nam, Thành phố Hồ Chí Minh là thành phố trực thuộc trung ương thuộc loại đô thị đặc biệt của Việt Nam (Bộ Kế hoạch và Đầu tư, 2019). Với dân số thành phố là 9.166.800 người (chiếm 9,3 % dân số Việt Nam) và mật độ dân số trung bình cao nhất cả nước với 4.375 người/km², TP. Hồ Chí Minh đang cho thấy tốc độ phát triển đô thị nhanh chóng trong những năm trở lại đây.

Nghiên cứu tiến hành xây dựng các lớp dữ liệu cơ sở và lớp dữ liệu bổ sung. Trước hết, để xây dựng các lớp dữ liệu phục vụ phân loại mặt không thấm, nghiên cứu sử dụng dữ liệu Landsat 8 khu vực nghiên cứu năm 2002, 2012 và 2022. Các hình ảnh vệ tinh được đảm bảo không bị mây, bóng mây che phủ, đủ điều kiện giải đoán các đối tượng.



Hình 1. Vị trí địa lý Thành phố Hồ Chí Minh

Tiếp theo, nghiên cứu xây dựng các lớp dữ liệu bổ sung cho mô hình tăng trưởng đô thị. Đầu tiên, dữ liệu DEM được trích xuất từ bộ dữ liệu độ cao SRTM của NASA. Mô hình số độ cao này có quy mô trên toàn cầu với độ phân giải xấp xỉ 30 m. Từ dữ liệu DEM thu thập, nghiên cứu sử dụng phần mềm ArcGIS nhằm tạo các lớp dữ liệu SLOPE và ASPECT theo các thuật toán tương ứng được tích hợp trong phần mềm. Bên cạnh đó, từ dữ liệu vectơ của các lớp thuỷ văn và giao thông, nghiên cứu tiến hành tạo các lớp dữ liệu khoảng cách tới đường và khoảng cách tới thuỷ văn dựa trên mô đun Euclidean Distance được tích hợp trong phần mềm ArcGIS. Ngoài ra, dữ liệu mật độ dân số được trích xuất qua bộ dữ liệu nhân khẩu học WorldPop. Hình ảnh mật độ dân số của khu vực nghiên cứu được trích xuất theo ranh giới Thành phố Hồ Chí Minh.

Đối với dữ liệu nhiệt độ bề mặt và NDVI, nghiên cứu trích xuất từ dữ liệu ảnh viễn thám Landsat 8 thông qua nền tảng đám mây GEE, sau đó trích xuất theo khu vực nghiên cứu. Cuối cùng, nghiên cứu xây dựng dữ liệu mật độ che độ thực vật dựa trên lớp dữ liệu NDVI thông qua công thức (1):

$$Pv = \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \quad (1)$$

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Quy trình xử lý dữ liệu được trình bày cụ thể trong Hình 2. Cụ thể, các bước xây dựng mô hình hoá quá trình phát triển đô thị như sau:

Bước 1: Thu thập và xử lý dữ liệu

Trước hết, nghiên cứu tiến hành khảo sát khu vực nghiên cứu và thu thập dữ liệu. Dựa trên các nguồn dữ liệu đã liệt kê ở trên, nghiên cứu tiến hành trích xuất và chia bộ dữ liệu thành tập dữ liệu cơ sở và tập dữ liệu bổ sung. Dựa trên các dữ liệu thu thập, nghiên cứu tiến hành chuẩn hoá dữ liệu.

Bước 2: Phân loại mặt không thấm

Dựa trên các hình ảnh Landsat đã thu thập, nghiên cứu tiến hành sử dụng phương pháp phân loại hướng đối tượng kết hợp với các thuật toán Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), Maximum Likelihood (ML) và Classification and Regression Trees (CART) nhằm phân loại mặt không thấm các hình ảnh Landsat khu vực nghiên cứu năm 2002 và năm 2012.

Nghiên cứu tiến hành thu thập tập dữ liệu mẫu nhằm phục vụ quá trình phân loại mặt không thấm và kiểm tra độ chính xác của kết quả phân loại. Các kết quả phân loại này kết hợp với các dữ liệu bổ sung làm dữ liệu đầu vào cho mô hình hoá phát triển đô thị ở bước tiếp theo.

Bước 3: Xây dựng mô hình phát triển đô thị

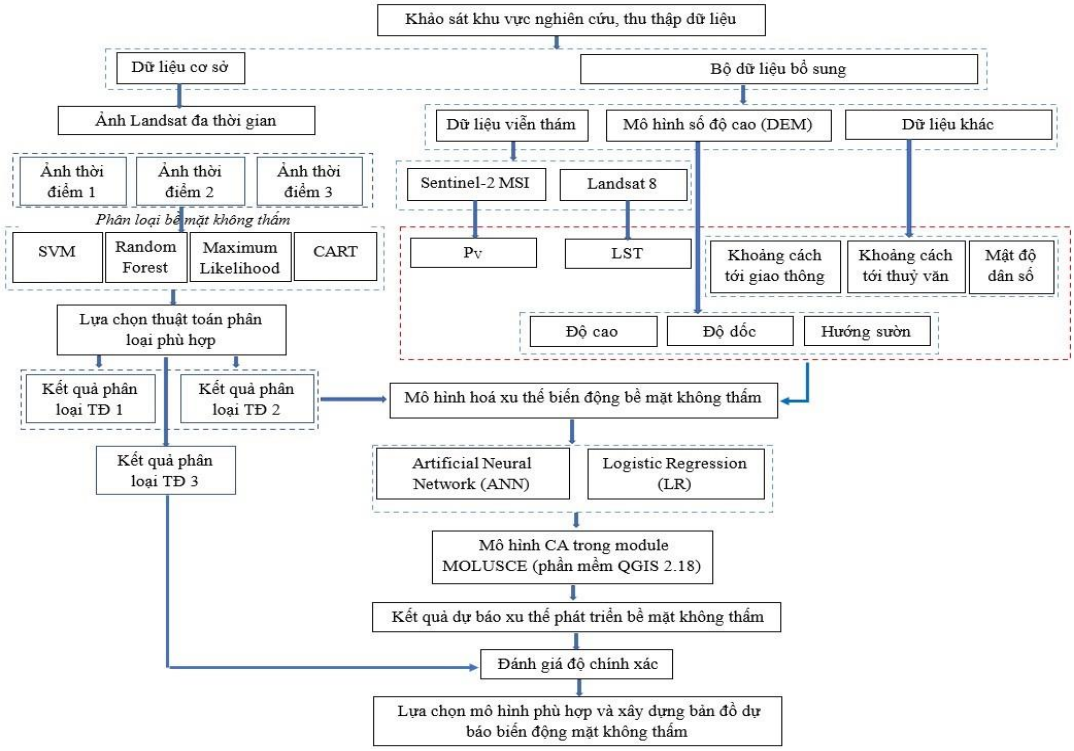
Nghiên cứu sử dụng hai thuật toán bao gồm Artificial Neural Network (ANN) và Logistic Regression (LR) kết hợp với thuật toán mô phỏng di động tự động (Cellular Automata Simulation) nhằm mô hình hoá quá trình tăng trưởng đô thị khu vực Thành phố Hồ Chí Minh trong giai đoạn 2002 - 2022. Đầu tiên, dựa trên bản đồ phân loại mặt không thấm năm 2002 và năm 2012, nghiên cứu tiến hành tạo hình ảnh thay đổi. Sau khi thu thập hình ảnh thay đổi, nghiên cứu sử dụng các thuật toán nhằm tạo ma trận xác suất chuyển đổi. Ma trận này được sử dụng cho đầu vào của thuật toán mô phỏng CA. Sau khi có được xác suất chuyển đổi, quá trình mô hình hoá phát triển đô thị được thực hiện. Thuật toán CA xây dựng các giá trị của các điểm ảnh thông qua chính nó và các điểm ảnh lân cận. Cuối cùng, nghiên cứu thu được bản đồ thể hiện dự đoán phát triển đô thị khu vực Thành phố Hồ Chí Minh năm 2022.

Bước 4: Thành lập bản đồ và đánh giá độ chính xác

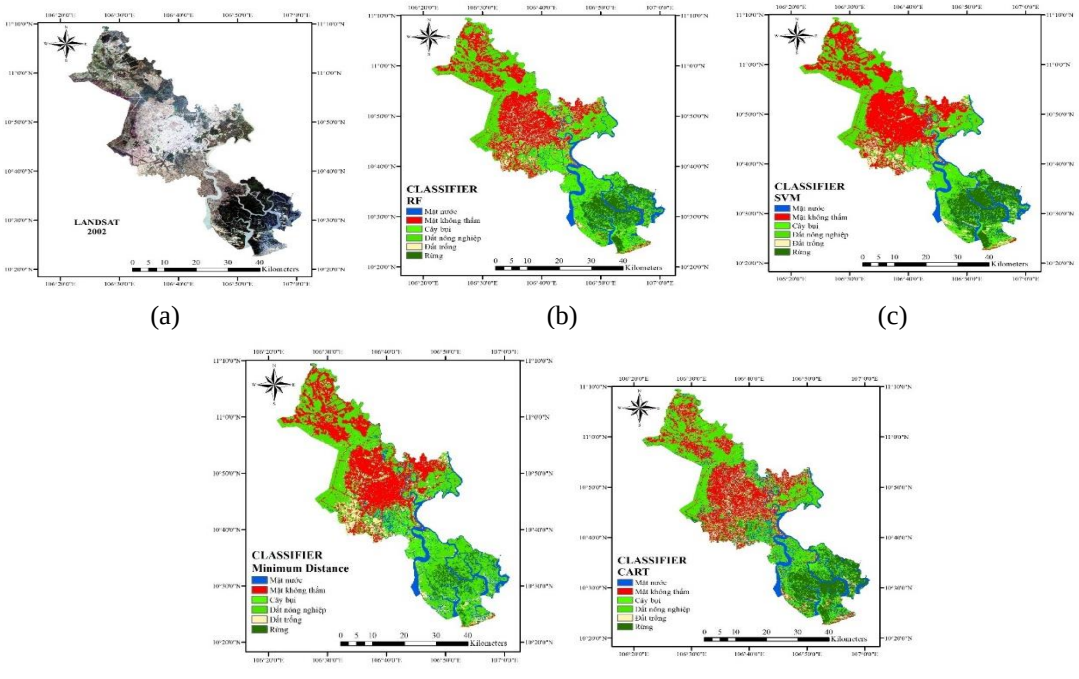
Dựa trên quá trình phân loại mặt không thấm năm 2002 và năm 2012, nghiên cứu tiến hành chọn thuật toán có độ chính xác cao nhất, phân loại mặt không thấm cho hình ảnh Landsat khu vực Thành phố Hồ Chí Minh năm 2022. Sau đó, nghiên cứu tiến hành xác thực kết quả phân loại mặt không thấm và kết quả dự đoán phát triển đô thị bằng các thuật toán ở bước 3 bằng cách sử dụng các giá trị của hệ số Kappa. Sau khi xác thực, nghiên cứu tiếp tục xây dựng bản đồ dự đoán phát triển đô thị khu vực nghiên cứu năm 2032.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Dựa trên các thuật toán phân loại, Hình 3trình bày dữ liệu Landsat và các kết quả phân loại mặt không thấm dựa trên các thuật toán tại khu vực nghiên cứu năm 2002. Nghiên cứu sử dụng các thuật toán SVM (Support Vector Machine), RF (Random Forest), MD (Minimum Distance), CART (Classification and Regression Trees) cho quá trình phân loại mặt không thấm.



Hình 2. Quy trình xử lý dữ liệu



(a) (b) (c)

(d) (e)

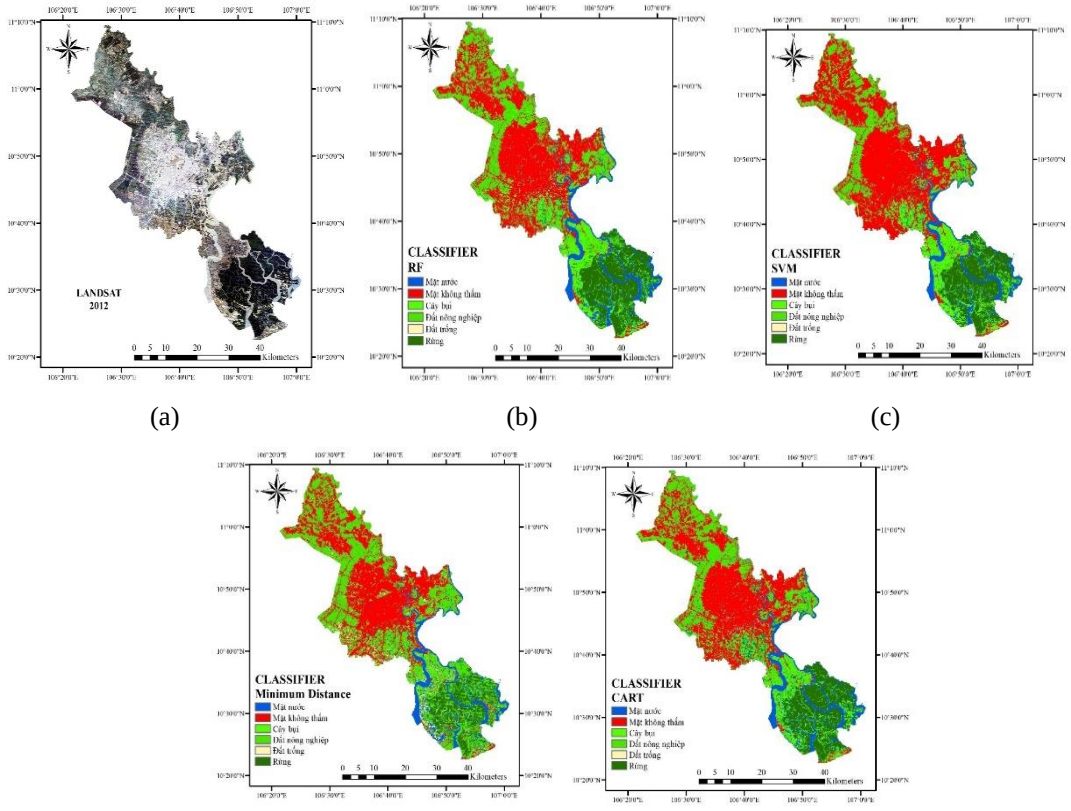
Hình 3. Dữ liệu Landsat khu vực Thành phố Hồ Chí Minh năm 2002 và các kết quả phân loại mặt không thấm: (a) Hình ảnh Landsat, (b) Kết quả phân loại theo RF, (c) Kết quả phân loại theo SVM, (d) Kết quả phân loại theo ML, (e) Kết quả phân loại theo CART

Dựa trên kết quả phân loại, nghiên cứu tiến hành xác định độ chính xác tổng thể và chỉ số Kappa của các thuật toán phân loại. Độ chính xác tổng thể và chỉ số Kappa của các thuật toán phân loại mặt không thấm đối với ảnh Landsat khu vực Thành phố Hồ Chí Minh năm 2002 được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Độ chính xác tổng thể và chỉ số Kappa của các thuật toán phân loại đối với ảnh Landsat khu vực nghiên cứu năm 2002

Thuật toán / Giá trị	SVM	RF	CART	MD
Độ chính xác tổng thể	90,16 %	**92,56 %**	89,13 %	88,33 %
Chỉ số Kappa	0,881	**0,909**	0,867	0,858

Tương tự, Hình 4trình bày dữ liệu Landsat và các kết quả phân loại mặt không thấm dựa trên các thuật toán tại khu vực nghiên cứu năm 2012.



(a) (b) (c)

(d) (e)

Hình 4. Dữ liệu Landsat khu vực Thành phố Hồ Chí Minh năm 2012 và các kết quả phân loại mặt không thấm: (a) Hình ảnh Landsat, (b) Kết quả phân loại theo RF, (c) Kết quả phân loại theo SVM, (d) Kết quả phân loại theo ML, (e) Kết quả phân loại theo CART

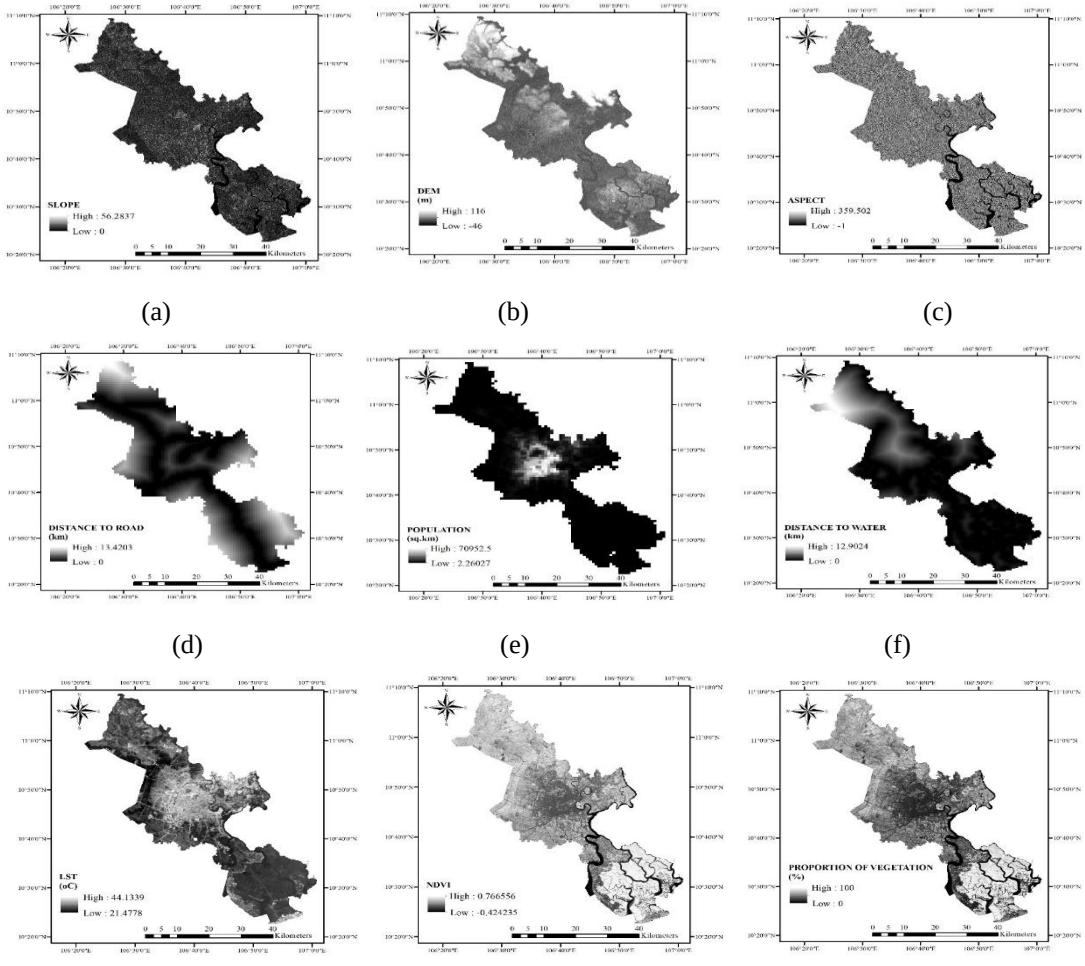
Bảng 2. Độ chính xác tổng thể và chỉ số Kappa của các thuật toán phân loại đối với ảnh Landsat khu vực nghiên cứu năm 2012

Thuật toán / Giá trị	SVM	RF	CART	MD
Độ chính xác tổng thể	89,69 %	**92,61 %**	88,80 %	87,01 %
Chỉ số Kappa	0,874	**0,909**	0,863	0,841

Bảng 3. Diện tích của các đối tượng

Năm / Diện tích (%)	2002	2012
Mặt nước	8,55	8,35
Mặt không thấm	26,98	37,64
Cây bụi	17,83	14,16
Đất nông nghiệp	31,28	24,31
Đất trống	5,94	0,68
Rừng	9,42	14,86

Dựa trên kết quả phân loại, thuật toán RF có độ chính xác cao nhất với 92,56 % đối với phân loại mặt không thấm năm 2002 và 92,61 % đối với năm 2012. Bên cạnh đó, các thuật toán phân loại mặt không thấm khác đều có độ chính xác trên 80 %. Điều đó cho thấy phương pháp phân loại hướng đối tượng kết hợp với các thuật toán học máy đưa ra được kết quả phân loại các đối tượng với hiệu quả cao.



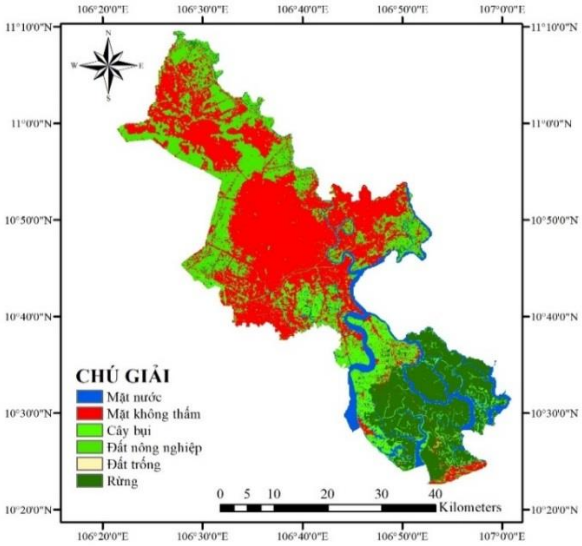
(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

(g) (h) (i)

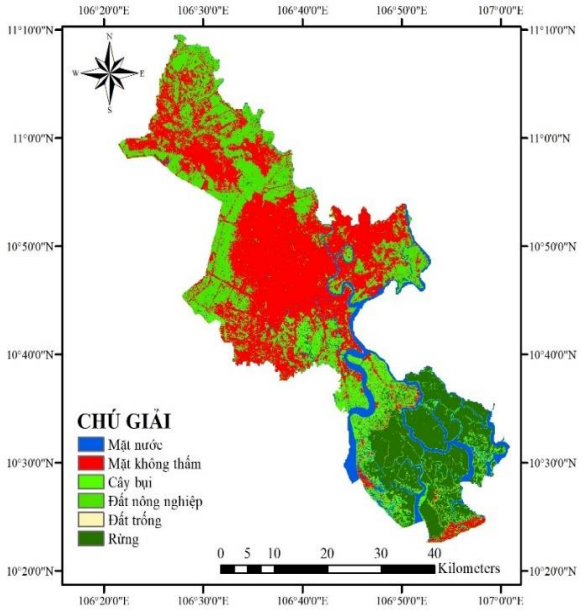
Hình 5. Các lớp dữ liệu được sử dụng: (a) SLOPE, (b) DEM, (c) ASPECT, (d) Khoảng cách tới đường, (e) Mật độ dân cư, (f) Khoảng cách tới thuỷ văn, (g) Nhiệt độ bề mặt, (h) NDVI, (i) Mật độ che phủ thực vật

Nghiên cứu sử dụng hai thuật toán là Artificial Neural Network (ANN) và Logistic Regression (LR) nhằm mô hình hoá quá trình tăng trưởng đô thị khu vực Thành phố Hồ Chí Minh trong giai đoạn 2002 - 2022. Trước hết, đối với thuật toán ANN, sau khi huấn luyện, quá trình học tập dữ liệu đạt giá trị Kappa là 0,768 với bộ dữ liệu xác thực. Kết quả mô hình hoá quá trình tăng trưởng đô thị sau khi sử dụng thuật toán ANN được trình bày trong Hình 6:



Hình 6. Kết quả mô hình tăng trưởng đô thị năm 2022 sử dụng thuật toán ANN

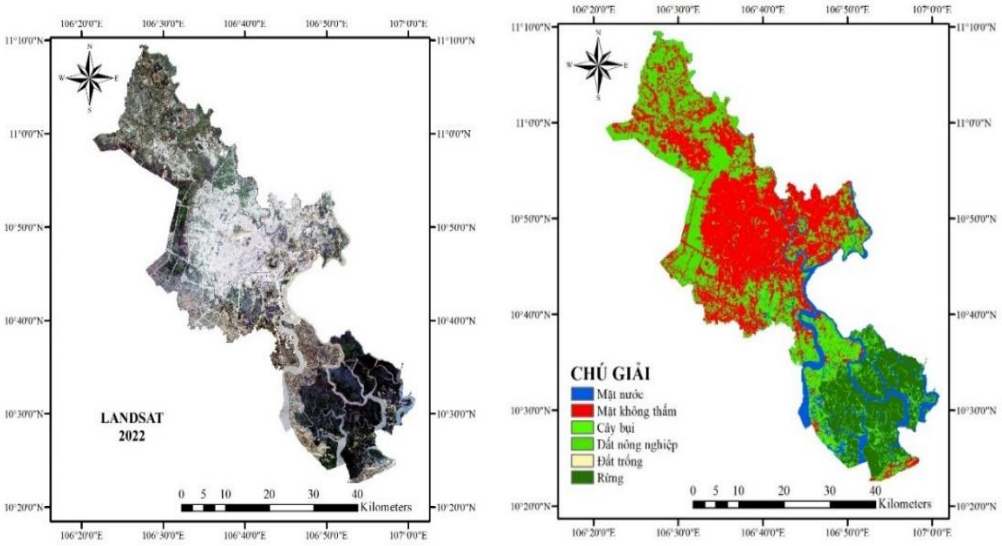
Kết quả mô hình hoá quá trình tăng trưởng đô thị khu vực Thành phố Hồ Chí Minh năm 2022 sau khi sử dụng thuật toán Logistic Regression được trình bày trong Hình 7:



Hình 7. Kết quả mô hình tăng trưởng đô thị năm 2022 sử dụng thuật toán Logistic Regression

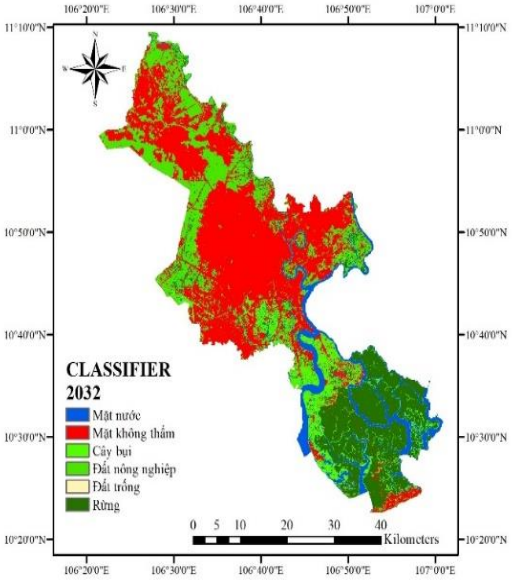
Nhằm đánh giá độ chính xác của các mô hình dự đoán quá trình tăng trưởng đô thị, nghiên cứu sử dụng kết quả phân loại mặt không thấm bằng thuật toán RF hình ảnh Landsat khu vực Thành phố Hồ Chí Minh năm 2022 để đối sánh. Kết quả phân loại mặt không thấm được trình bày cụ thể trong Hình 8.

Khi so sánh kết quả phân loại mặt không thấm năm 2022 với các kết quả dự đoán, nghiên cứu thu được giá trị Kappa lần lượt là 0,7888 đối với thuật toán ANN và 0,7471 đối với thuật toán Logistic Regression. Từ kết quả so sánh cho thấy thuật toán ANN đưa ra hiệu quả tốt trong việc mô hình hoá quá trình phát triển đô thị. Đồng thời, kết quả đã chỉ ra rằng các thuật toán học máy đang được phát triển và cho thấy tiềm năng trong việc giải quyết các vấn đề xã hội.



Hình 8. Hình ảnh Landsat khu vực nghiên cứu và kết quả phân loại mặt không thấm bằng thuật toán RF năm 2022

Do thuật toán ANN đạt kết quả tốt nhất, nghiên cứu sử dụng thuật toán này để dự toán quá trình tăng trưởng đô thị của Thành phố Hồ Chí Minh năm 2032. Kết quả dự đoán được trình bày trong Hình 9.

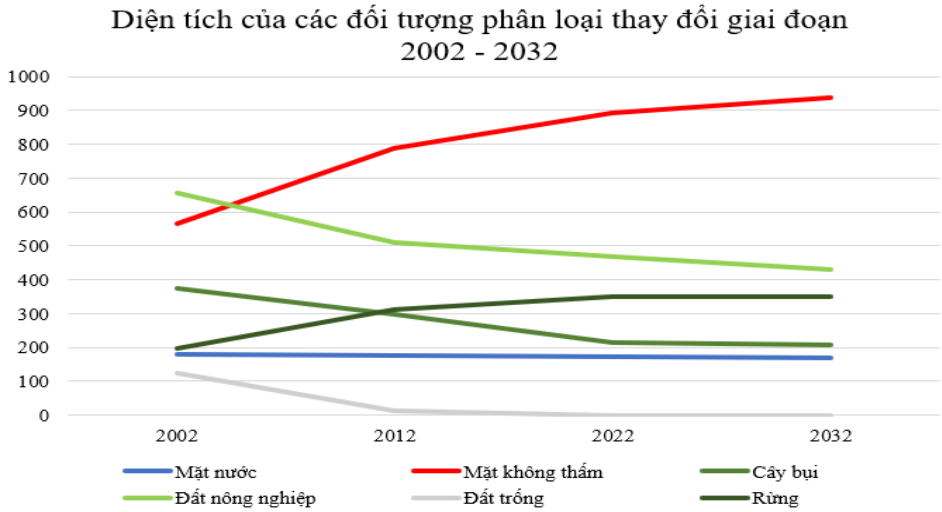


Hình 9. Kết quả dự báo tăng trưởng đô thị Thành phố Hồ Chí Minh năm 2032

Diện tích của các đối tượng phân loại mặt không thấm giai đoạn nghiên cứu được thể hiện cụ thể trong Bảng 4.

Bảng 4. Diện tích của các đối tượng giai đoạn 2002 - 2032

Năm / Diện tích (km^2)	2002	2012	2022	2032
Mặt nước	179.1558	174.9651	171.1934	169.7266
Mặt không thấm	565.3362	788.7048	890.7503	938.8395
Cây bụi	373.608	296.7072	214.2327	206.815
Đất nông nghiệp	655.438	509.3893	468.1101	428.7168
Đất trống	124.4662	14.24865	0.544801	0.523848
Rừng	197.3857	311.375	350.5587	350.7683



Hình 10. Hình ảnh miêu tả sự thay đổi của các đối tượng giai đoạn 2002 - 2032

4. Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng mô hình dự báo biến động bề mặt không thấm khu vực Thành phố Hồ Chí Minh từ dữ liệu viễn thám và GIS. Dựa trên nguồn dữ liệu ảnh vệ tinh, nghiên cứu tiến hành phân loại mặt không thấm và phân tích, đánh giá độ chính xác của các thuật toán phân loại. Kết quả cho thấy các thuật toán học máy đưa ra kết quả chính xác, hiệu quả trong việc trích xuất vị trí của các đối tượng phân loại. Bên cạnh đó, nghiên cứu sử dụng thuật toán học máy Logistic Regression và mô hình học sâu ANN kết hợp với thuật toán CA nhằm mô hình hoá tăng trưởng đô thị khu vực Thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả trong nghiên cứu chỉ ra mô hình học sâu cho kết quả hiệu quả hơn với giá trị Kappa đạt 0,788. Đồng thời, nghiên cứu phân tích sự thay đổi của các đối tượng phân loại trong giai đoạn 2002 - 2032 trên khu vực nghiên cứu. Kết quả nhận được trong nghiên cứu có thể giúp các nhà hoạch định chính sách sử dụng có hiệu quả trong phục vụ công tác quy hoạch và phát triển đô thị.

Tài liệu tham khảo

X. Zhou, H. Guo, H.S. Zibibra. Spatial pattern evolution of impervious surfaces and its influence on surface temperature in the process of urban expansion : a case study of Urumqi. Acta. Ecol. Sin., 38 (2018), pp. 7336-7347, 10.5846/stxb201711122022.

F. Yuan, M.E. Bauer. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imager. Remote Sens. Environ., 106 (2007), pp. 375-386, 10.1016/j.rse.2006.09.003.

Z. Zheng, H. Gao, Z. Wang, Q. Li. Analysis on spatial distribution of precipitation in Beijing and its city effect. Plateau Meteorol., 33 (2014), pp. 522-529.

H. Wang, S. Lu, B. Wu, X. Li. Advances in remote sensing of impervious surface extraction and its applications. Adv. Earth Sci., 28 (2013), pp. 327-336.

J. Yang, Y. He. Automated mapping of impervious surfaces in urban and suburban areas: linear spectral unmixing of high spatial resolution imagery. Int. J. Appl. Earth Obs., 54 (2017), pp. 53-64, 10.1016/j.jag.2016.09.006.

D. Lu, G. Li, W. Kuang, E. Moran. Methods to extract impervious surface areas from satellite images. Int. J. Digit. Earth, 7 (2014), pp. 93-112, 10.1080/17538947.2013.866173.

B. Cai, S. Wang, L. Wang, Z. Shao. Extraction of urban impervious surface from high-resolution remote sensing imagery based on deep learning. J. Geo-Inf. Sci., 21 (2019), pp. 1420-1429. http://doi.org/10.12082/dqxxkx.2019.180679.

Q. Weng, X. Hu. Medium spatial resolution satellite imagery for estimating and mapping urban impervious surfaces using LSMA and ANN. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 46 (2008), pp. 2397-2406, 10.1109/tgrs.2008.917601.

K. Jia, Q. Li, Y. Tian. Research progress of remote sensing image classification methods. Spectrosc. Spectral Anal., 31 (2011), pp. 2618-2623.

Li, W., Wu, C. & Choi, W. Predicting future urban impervious surface distribution using cellular automata and regression analysis. Earth Sci Inform 11, 19-29 (2018). https://doi.org/10.1007/s12145-017-0312-8.

Banos A., A. Drogoul, B. Gaudou, N.Q. Huynh, Q.C. Truong, A.D. Vo (2015). Tools and models for understanding and exploring urban spatial dynamics. In: Lagrée S., A Glance at Sustainable Urban Development. Methodological, Crosscutting and Operational Approaches, Collection Conférences et Séminaires, No. 13, AFD. pp. 173-200.

Tình hình kinh tế, xã hội TP. Hồ Chí Minh năm 2018. Bộ Kế hoạch và Đầu tư. Lưu trữ bản gốc ngày 02 tháng 4 năm 2019.

ABSTRACT

Research on building a model to predict changes in the impervious surface of Ho Chi Minh City from remote sensing and GIS

Van Tung Pham[1, *], Van Trung Nguyen[2], Xuan Cuong Vu[1], Van Phu Le[3]

[1]*Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment, Ho Chi Minh City, Vietnam*
[2]*Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam*
[3]*Military Technical Academy, Hanoi, Vietnam (Le Quy Don Technical University, Hanoi, Vietnam)*

Impervious surfaces are artificial surfaces that prevent water from entering the soil. Increased flooding risk, decreased vegetation cover, and the development of urban heat islands are just a few of the negative effects of increased impervious surface area on the urban environment. This paper presents the results of building a predictive model of impervious surfaces in Ho Chi Minh City using remote sensing and GIS data. Landsat satellite images for the period 2002 - 2022 are utilized to classify impervious surfaces and extract information layers about vegetation cover and surface temperature. These layers are combined with additional data on terrain and population for modeling and forecasting impervious surface changes. The Random Forest (RF) algorithm is applied for classification, resulting in an accuracy of 92.56 % for impervious surface classification in 2002 and 92.61 % for 2012. Additionally, In addition, the process of modeling urban development yields a Kappa value of 0.7888 with the ANN (Artificial Neural Network) model. The study's findings can be effectively used for urban planning, mitigating the impact of increasing impervious surface areas on the urban environment.

Keywords: Impervious surface, remote sensing, GIS, modeling, Ho Chi Minh City.

Đánh giá độ chính xác xử lý số liệu trạm CORS Việt Nam theo phương pháp PPP online sử dụng dịch vụ CSRS-PPP

Nguyễn Đình Huy*, Trần Đình Trọng, Lương Ngọc Dũng
Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT

Việc xác định tọa độ với độ chính xác cao cỡ milimet bằng công nghệ GNSS (Global Navigation Satellite System) thường được thực hiện bằng phương pháp định vị tương đối tĩnh RPP (Relative Point Positioning) yêu cầu sử dụng đồng thời ít nhất 2 máy thu và xử lý bằng các phần mềm thương mại. Gần đây, phương pháp định vị tuyệt đối tĩnh chính xác PPP (Precise Point Positioning) đã thu hút sự quan tâm rộng rãi vì nó cung cấp một giải pháp thay thế hiệu quả với độ chính xác có thể đạt được tương tự như định vị tương đối mà không cần các trạm tham chiếu cũng như cài đặt quan sát đồng thời giữa các máy thu. Ngoài ra, hiện nay đã có một số tổ chức cung cấp dịch vụ xử lý PPP trực tuyến miễn phí giúp đơn giản hơn trong quá trình vận hành, giảm nguồn tài nguyên máy tính cho người sử dụng và chi phí phần mềm thương mại mà vẫn đảm bảo độ chính xác.

Nghiên cứu này tập trung đánh giá độ chính xác và ổn định của phương pháp định vị PPP sử dụng ứng dụng CSRS-PPP trực tuyến thay thế cho phương pháp định vị tương đối tĩnh thông qua xử lý dữ liệu của 10 trạm CORS đo liên tục từ năm 2018 đến năm 2021. Kết quả cho thấy rằng, sai số trung phương tại các trạm CORS dao động trong khoảng 4 mm ~ 5 mm cho các thành phần North (n) và East (e); trong khi đó cỡ 8 mm cho thành phần độ cao Up (u). Với kết quả này, ứng dụng CSRS-PPP xử lý trực tuyến cho độ chính xác cao, đáng tin cậy và hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu trong việc xây dựng và tính toán cho mạng lưới trạm CORS cũng như xác định sự dịch chuyển trong thời gian dài sử dụng dữ liệu GNSS.

Từ khóa: Định vị tương đối, định vị tuyệt đối, CSRS-PPP, PPP online, độ chính xác.

1. Đặt vấn đề

Định vị GNSS được chia làm hai loại gồm định vị tuyệt đối và định vị tương đối. Định vị tuyệt đối SPP (Single Point Positioning) là phương pháp định vị chỉ sử dụng một máy thu GNSS đặt tại điểm đo, thu tín hiệu đồng thời tới ít nhất 4 vệ tinh và kết quả định vị là tọa độ vuông góc không gian (X, Y, Z) hoặc tọa độ trắc địa (ϕ, λ, H) trong hệ WGS84 của điểm đặt máy. Độ chính xác định vị có thể đạt được cỡ mét, thông thường hay được sử dụng trong dẫn hướng hàng hải trên biển. Khác với định vị tuyệt đối, định vị tương đối RPP (Relative Point Positioning) cần sử dụng ít nhất hai máy thu đặt tại các điểm quan sát khác nhau, tiến hành thu tín hiệu vệ tinh đồng thời và xác định ra các hiệu tọa độ (ΔX, ΔY, ΔZ) giữa các cặp máy thu đó (Rizos, 1997; Hofmann-Wellenhof và nnk., 2001). Nói cách khác, định vị tương đối là xác định vector giữa hai điểm đặt máy, được gọi là cạnh baseline. Độ chính xác xác định cạnh giữa các máy thu thường đạt được rất cao, cỡ vài milimét trên khoảng cách hàng trăm kilômét. Tuy nhiên, độ chính xác của phương pháp này liên quan đến khoảng cách giữa trạm tham chiếu và trạm người dùng; nghĩa là nếu khoảng cách giữa hai máy thu càng lớn thì độ chính xác định vị càng giảm. Gần đây, phương pháp định vị tuyệt đối chính xác PPP (Precise Point Positioning) đã trở nên phổ biến cho việc xử lý dữ liệu GNSS thu được từ một máy thu duy nhất và là một giải pháp thay thế cho phương pháp định vị tương đối cung cấp với độ chính xác cao (Gao, 2001; Rizos, 2012).

Định vị điểm chính xác PPP là một phương pháp định vị tuyệt đối chính xác sử dụng các tham số hiệu chỉnh quỹ đạo và đồng hồ của hệ thống GNSS sẵn có thông qua dịch vụ GNSS Quốc tế (IGS) hoặc vài dịch vụ khác, để thực hiện định vị điểm bằng một máy thu GNSS duy nhất. Do đó, phương pháp PPP khác với phương pháp định vị tương đối ở chỗ nó không cần bất kỳ trạm tham chiếu có tọa độ làm điểm gốc khởi tính (Grinter và nnk., 2011).

* *Tác giả liên hệ*
Email: huynd@huce.edu.vn

Điều này cho thấy rằng, PPP có lợi thế hơn so với các phương pháp định vị khác ở chỗ chỉ cần một máy thu duy nhất (tại vị trí của người dùng), loại bỏ trạm tham chiếu mà có thể trạm tham chiếu đó không tin cậy hoặc chứa nhiều sai số. Do đó, giới hạn phạm vi hoạt động không gian của định vị tương đối được khắc phục, không phụ thuộc vào chiều dài giữa hai hay nhiều máy thu.

Từ những phân tích trên có thể thấy, phương pháp PPP giúp giảm chi phí lao động và thiết bị, cũng như công tác xử lý được đơn giản hóa (Gao, 2006).

PPP cung cấp một giải pháp định vị trong một khung tham chiếu toàn cầu như khung tham chiếu mặt đất quốc tế - ITRF (International Terrestrial Reference Frame) (Altamimi và nnk., 2011) điều này giúp giảm sự biến dạng cục bộ liên quan đến định vị tương đối khi mà trạm tham chiếu tọa độ cục bộ được sử dụng tại trạm tham chiếu hoạt động liên tục (CORS). Tuy nhiên, việc sử dụng một máy thu người dùng GNSS duy nhất cho phương pháp định vị PPP cũng có một số nhược điểm cần lưu ý, đáng kể nhất là yêu thời gian đo liên tục dài (khoảng 20 phút trở lên) cần thiết để giải quyết số nguyên đa trị đảm bảo độ chính xác định vị ở mức centimét, thậm chí dài hơn để đạt được độ chính xác cỡ vài milimét (Zumberge, 1997; Gao, 2004; Choy, 2009; Rizos, 2010; Grinter, 2012).

Hiện nay, một số dịch vụ xử lý PPP trực tuyến miễn phí như Auto-GIPSY (http://apps.gdgps.net/) và CSRS-PPP (http://www.geod.nrcan.gc.ca/productsproduits/ppp_e.php) đã phát triển thân thiện với người dùng, đơn giản và cung cấp kết quả với độ chính xác centimét, thậm chí milimét. Người dùng tải các tệp dữ liệu RINEX lên các dịch vụ PPP trực tuyến và kết quả tọa độ cho vị trí của máy thu GNSS được tính toán tự động và trả kết quả. Do đó, PPP là một phương án hiệu quả về cả chi phí và độ chính xác để xác định tọa độ các CORS và điểm khống chế trắc địa phục vụ cho công tác thành lập mạng lưới hay xử lý dữ liệu địa động trên phạm vi rộng với chi phí thấp, đặc biệt áp dụng ở vùng sâu vùng xa hoặc các nước đang phát triển (Ebner và nnk., 2008). Cụ thể, các tác giả (Vladimir, 2012; Ahmed Elhattab, 2014) đã sử dụng phương pháp định vị PPP để xác định tọa độ hệ của hệ thống trạm CORS của khu vực Trung Đông sử dụng ứng dụng trực tuyến CSRS-PPP miễn phí. Để đảm bảo kết quả, tác giả đã so sánh tọa độ trong nghiên cứu với kết quả đã được xử lý bằng phần mềm Bernes v5.0 và nhận thấy không có sự khác biệt giữa hai kết quả; cụ thể 2,5 mm cho mặt bằng và 10 mm cho độ cao. Độ chính xác này hoàn toàn đáp ứng với yêu cầu độ chính xác của mạng lưới các trạm CORS.

Để đánh giá độ chính xác sử dụng một số phần mềm PPP trực tuyến, năm 2016, Paolo và các cộng sự đã tiến hành xử lý dữ liệu mạng lưới trạm CORS của Nigeria (MIGNET) gồm 4 điểm (ABUZ, BKEP, FUTY, UNEC) sử dụng ba ứng dụng trực tuyến miễn phí là AUPOS, CSRS-PPP, AUTO GIPSY-JPL và hai phần mềm thương mại là GrafNav và RTKLIB. Nghiên cứu chỉ ra rằng, phương pháp PPP trực tuyến là một phương pháp hữu hiệu để sử dụng xác định và phân tích chất lượng tọa độ của các trạm CORS. Hơn thế nữa, so sánh kết quả xử lý nhận thấy không có sự khác biệt về độ chính xác giữa các ứng dụng PPP trực tuyến và phần mềm thương mại hiện có.

Ở Việt Nam, PPP đã bắt đầu được quan tâm trong những năm gần đây. Năm 2013, Dương Vân Phong đã khảo sát độ chính xác của định vị tuyệt đối tĩnh xử lý sau bằng phần mềm Terrapos phiên bản 1.34 (Na Uy) tại 8 trạm máy thu với các thời gian khác nhau. Nghiên cứu chỉ ra rằng, độ chính xác định vị GPS tuyệt đối tĩnh bằng phần mềm Terrapos có hiệu chỉnh các nguồn sai số thì đạt được cỡ 0,5 m. Kết quả này không đạt được như mong đợi trong việc xây dựng các mốc khống chế và những ứng dụng khác trong trắc địa. Năm 2014, Nguyễn Chánh Niệm và các cộng sự đã bước đầu khảo sát phương pháp định vị PPP trong việc nâng cao độ chính xác của thiết bị thu GPS giá thành thấp sử dụng phần mềm RTKLIB. Ngoài ra, năm 2019 trên Tạp chí Khoa học và Đo đạc Bản đồ, tác giả Hà Minh Hòa đã đề cập đến xu hướng phát triển phương pháp PPP cho việc xử lý các trạm CORS ở Việt Nam.

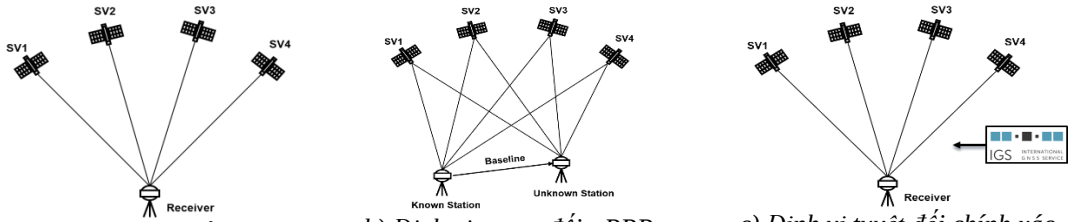
Các phần mềm xử lý PPP phổ biến được đánh giá cao hiện nay như Berenes, GrafNav là các phần mềm thương mại với chi phí bản quyền cao; hơn nữa quy trình xử lý khá phức tạp, yêu cầu người sử dụng có trình độ cao, hệ thống máy tính tốt. Do đó, các ứng dụng PPP trực tuyến là một giải pháp thay thế hiệu quả. Năm 2022, Trần Đình Trọng và các cộng sự đã sử dụng ứng dụng PPP trực tuyến miễn phí, cụ thể là CSRS-PPP của Canada để xử lý chuỗi tọa độ liên tục từ năm 2018 đến năm 2021 của các trạm CORS Tường Anh; từ đó xác định tham số và vận tốc dịch chuyển khu vực Việt Nam. Nghiên cứu này đã mở ra hướng xử lý PPP tận dụng các ứng dụng trực tuyến miễn phí mà vẫn đảm bảo được độ chính xác.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Định vị GNSS

2.1.1. Định vị tuyệt đối

Khái niệm định vị tuyệt đối SPP là việc chỉ sử dụng một máy thu GNSS đặt tại điểm đo, xác định vị trí điểm dựa trên các thông tin về quỹ đạo vệ tinh GNSS và độ chênh lệch về thời gian thu - phát tín hiệu và sai số tổng hợp cho kết quả định vị là tọa độ vuông góc không gian (X, Y, Z) hoặc tọa độ trắc địa (ϕ, λ, H) trong hệ WGS84 của điểm đặt máy như thể hiện ở Hình 1a. Cần lưu ý rằng, trong định vị tuyệt đối sử dụng trị đo là mã (code) thì độ chính xác thấp, có thể đạt được cỡ 3 m tới 20 m thậm chí kém hơn.



a) Định vị tuyệt đối - SPP *b) Định vị tương đối - RPP* *c) Định vị tuyệt đối chính xác - PPP*

Hình 1. Nguyên lý định vị trong đo GNSS

2.1.2. Định vị tương đối

Định vị tương đối RPP sử dụng ít nhất 2 máy thu đồng thời đặt tại các điểm quan sát khác nhau, tiến hành thu tín hiệu vệ tinh đồng thời và xác định ra các hiệu tọa độ (ΔX, ΔY, ΔZ) hoặc (Δϕ, Δλ, ΔH) giữa các cặp máy thu. Nói cách khác, định vị tương đối là xác định vector giữa 2 điểm đặt máy, được gọi là baseline như thể hiện ở Hình 1b.

RPP sử dụng các sai phân với mục đích giảm các sai số; đặc biệt là sai phân bậc 2 để loại trừ các sai số như sai số đồng hồ vệ tinh, máy thu, số nguyên đa trị,... nên độ chính xác xác định cạnh giữa các máy thu đạt được rất cao cỡ milimét trên khoảng cách lên tới hàng trăm kilômét. Tuy nhiên, phương pháp này yêu cầu sử dụng tối thiểu hai máy thu trên mặt đất, một máy làm trạm tham chiếu đã biết tọa độ và máy còn lại đặt tại vị trí điểm cần biết tọa độ (trạm người dùng). Ngoài ra, độ chính xác của phương pháp này còn phụ thuộc vào chiều dài giữa hai vị trí máy thu. Độ chính xác giảm cùng với độ tăng chiều dài cạnh baseline.

2.1.3. Định vị tuyệt đối chính xác PPP

Phương pháp xử lý số liệu GNSS độ chính xác cao thường được ứng dụng trong xác định tọa độ của điểm đo liên tục là phương pháp định vị tuyệt đối độ chính xác cao PPP. Đây là phương pháp xử lý đồng thời các trị đo pha sóng tải và trị đo giả cự ly từ một máy thu GNSS đa tần, cùng với yêu cầu bắt buộc sử dụng các tham số chính xác về quỹ đạo vệ tinh và đồng hồ vệ tinh, kết hợp với các mô hình chính xác cao để loại bỏ hoặc ước tính sai số, từ đó tính toán được tọa độ của máy thu với độ chính xác cao.

Sự tổ hợp phi điện ly của trị đo khoảng cách giả (ρ) và trị đo pha sóng tải (Φ) đa tần GNSS có mối quan hệ với vị trí điểm đo, đồng hồ, tầng đối lưu và số nguyên đa trị theo phương trình trị đo dưới đây (Nocquet, 2011):

$$\ell_P = \rho + c(dt\text{-}dT) + Tr + \varepsilon_P \quad (1)$$

$$\ell_\Phi = \rho + c(dt\text{-}dT) + Tr + N\lambda + \varepsilon_\Phi \quad (2)$$

trong đó: ℓ_P là tổ hợp phi điện ly của trị đo khoảng cách giả với tần số L1, L2;

ℓ_Φ là tổ hợp phi điện li của trị đo pha sóng tải tần số L1, L2;

dt, dT lần lượt là độ lệch thời gian đồng hồ của máy thu và đồng hồ vệ tinh;

c, λ là tốc độ ánh sáng trong chân không và bước sóng;

Tr là độ trễ đường dẫn tín hiệu do bầu khí quyển tầng đối lưu;

N là số nguyên đa trị; ε_P, ε_Φ là tổng hợp các thành phần sai số hệ thống, đa đường dẫn;

ρ là khoảng cách hình học từ máy thu tới vệ tinh.

Mỗi một trị đo tới một vệ tinh sẽ lập được một hệ các phương trình (1), (2). Giải hệ các phương trình này chúng ta sẽ nhận được các ẩn số gồm tọa độ điểm đo, đồng hồ máy thu, độ trễ tín hiệu tầng khí quyển (ZTD - Zenith Tropospheric Delay) và số nguyên đa trị pha ban đầu.

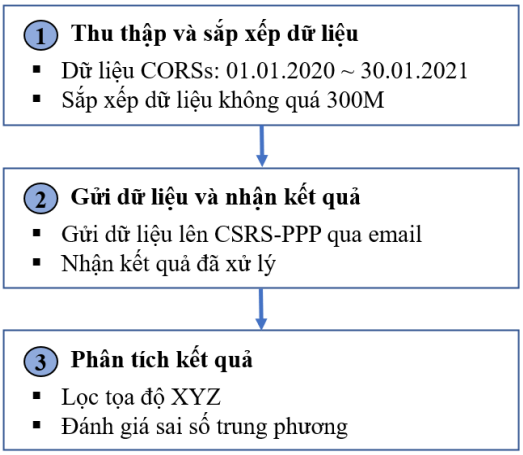
Độ chính xác của tọa độ điểm đo giải được theo phương pháp PPP phụ thuộc vào mô hình toán học của phần mềm tính toán PPP và chất lượng của số liệu đo liên tục. Thông thường, chúng ta sử dụng các phần mềm chuyên dụng để xác định tọa độ điểm đo liên tục theo phương pháp PPP như GIPSY (GNSS Inferred Positioning System, https://gipsy-oasis.jpl.nasa.gov/index.php?page=home) của JPL (Jet Propulsion Laborator) hay Bernese (http://www.bernese.unibe.ch/) của Đại học Bern Thụy Sỹ. Các phần mềm này có nhược điểm là phần mềm thương mại phải trả phí cao, phức tạp khi xử lý và yêu cầu cao về trình độ của người xử lý dữ liệu mà không phải tổ chức, cá nhân nào cũng có thể đáp ứng được.

Hiện nay, phương pháp xử lý PPP bằng các dịch vụ trực tuyến trên nền web được sử dụng rộng rãi với nhiều ưu điểm như không bị hạn chế xử lý số liệu GNSS, thao tác rất đơn giản, miễn phí, và đặc biệt là tận dụng được hệ thống máy tính mạnh mẽ của dịch vụ. Cách xử lý PPP trực tuyến rất đơn giản và nhanh chóng, chỉ cần tải lên dữ liệu đo GNSS ở định dạng RINEX trên nền web của các dịch vụ và tọa độ điểm đo GNSS nhận được ngay sau đó vài phút mà không cần thao tác xử lý phức tạp, không cần kỹ năng của người xử lý như khi xử lý bằng phần mềm chuyên dụng và độ chính xác tọa độ điểm vẫn đạt được lên đến milimet. Các dịch vụ xử lý PPP trực tuyến phổ biến như AUSPOS của Geoscience Australia, CSRS-PPP của Natural Resource Canada, OPUS của US National Geodetic Survey, APPS của Jet Propulsion Laboratory.

Trong quá trình xử lý số liệu đo GNSS liên tục, nghiên cứu này đã lựa chọn dịch vụ xử lý PPP trực tuyến CSRS-PPP, do vượt trội so với các dịch vụ khác với nhiều ưu điểm: giao diện đơn giản và dễ sử dụng; kích thước tệp xử lý lớn lên đến 300 Mb; tốc độ xử lý nhanh, chỉ khoảng vài phút; và đặc biệt độ chính xác vị trí điểm rất cao, cỡ milimét.

2.2. Xử lý các trạm CORS Việt Nam bằng CSRS-PPP

Để đánh giá độ chính xác của phương pháp định vị PPP online CRSC-PPP, quy trình thu thập dữ liệu, xử lý và phân tích kết quả được thể hiện ở Hình 2. Đầu tiên dữ liệu đo đạc thô của các trạm quan trắc được chuyển về định dạng RINEX bằng phần mềm Convert to RINEX của Trimble. Tiếp theo các số liệu đo đạc định dạng RINEX (các file *.o) của từng trạm quan trắc GNSS được đóng gói thành các file zip với dung lượng nhỏ hơn 300 Mb và gửi chúng tới dịch vụ CSRS-PPP trên trang web của CSRS-PPP. Kết quả xử lý PPP được gửi về email đã đăng ký. Cuối cùng, kết quả được phân tích để đánh giá độ chính xác và đưa ra kết luận trong nghiên cứu này.



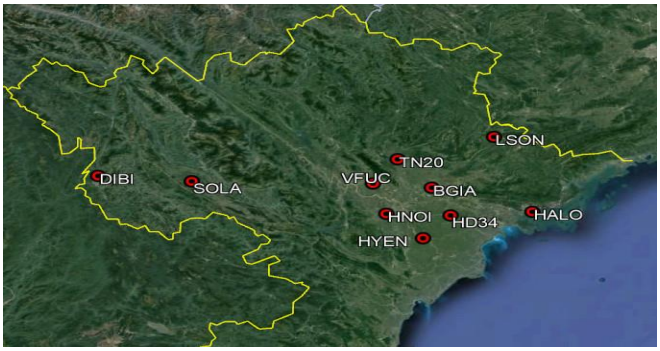
Hình 2. Quy trình thu thập, xử lý và phân tích dữ liệu trong nghiên cứu

2.2.1. Dữ liệu

Như thể hiện trong Bảng 1 và Hình 3, tổng số 10 trạm quan trắc liên tục CORS do Công ty Tường Anh vận hành và quản lý đã được chọn để xử lý. Dữ liệu GNSS liên tục của từng trạm quan trắc được thu thập trong 3 năm từ ngày 01/01/2018 đến ngày 31/12/2021 ở định dạng dữ liệu tiêu chuẩn RINEX (Receiver Independent Exchange) v3.02 (file *.o) với thời gian 30 giây/trị đo.

Bảng 1. Thông tin dữ liệu các trạm CORS

STT	Ký hiệu trạm	Địa điểm đặt trạm	Thời gian thu	Máy thu
1	BIGA	Bắc Giang	01/01/2018-01/01/2021	Trimble
2	VFUC	Vĩnh Phúc	01/01/2018-01/01/2021	Trimble
3	DIBI	Điện Biên	01/01/2018-01/01/2021	Trimble
4	HALO	Hạ Long	01/01/2018-01/01/2021	Trimble
5	HD34	Hải Dương	01/01/2018-01/01/2021	Trimble
6	HNOI	Hà Nội	01/01/2018-01/01/2021	Trimble
7	HYEN	Hưng Yên	01/01/2018-01/01/2021	Trimble
8	LSON	Lạng Sơn	01/01/2018-01/01/2021	Trimble
9	SOLA	Sơn La	01/01/2018-01/01/2021	Trimble
10	TN20	Thái Nguyên	01/01/2018-01/01/2021	Trimble



Hình 3. Sự phân bố các trạm CORS sử dụng trong nghiên cứu

2.2.2. Phương pháp

Số liệu đo đạc định dạng RINEX (các file *.o) của từng trạm quan trắc GNSS được đóng gói thành các file zip với dung lượng nhỏ hơn 300 Mb và gửi tới dịch vụ CSRS-PPP trên trang web của CSRS-PPP. Thông số cài đặt trên hệ thống dịch vụ xử lý dữ liệu trực tuyến gồm:

1- Processing mode: Static.

2- Khung tham chiếu: ITRF (epoch sử dụng như dữ liệu trong GNSS, múi chiếu UTM tính từ kinh độ trong dữ liệu).

Kết quả xử lý PPP được trả về qua email đăng ký gồm các file chứa các thông tin chi tiết về tọa độ, sai số và các tham số khác:

1- SUM file: Chứa các tham số và tọa độ của kết quả xử lý PPP.

2- POS file: Chứa các thông tin vị trí của mỗi thời điểm đo (epoch).

3- CSV file: Chứa các thông tin về tọa độ và đồng hồ của mỗi thời điểm đo.

4- TRO file: Chứa các thông tin về độ trễ đường dẫn ẩm và khô.

5- CLK file: Chứa độ lệch và sai số đồng hồ máy thu.

Giá trị trung bình tọa độ của trạm CORS đã xác định được tính toán từ tất cả các kết quả của khung thời gian nhỏ hơn. Sau đó, sự chênh lệch về tọa độ (độ lệch tọa độ được ước tính và tọa độ trung bình)

cho mỗi điểm theo các phương Đông (Easting - e), phương Bắc (North - n) và cao độ (Up - u) được tính toán; từ đó tính được độ lệch theo mặt bằng và độ cao. Độ chính xác của các điểm CORS theo từng thành phần tọa độ được thể hiện qua đại lượng độ lặp lại (repeatability), là một đại lượng trung bình về sự phân tán của các vị trí hay còn gọi là sai số trung phương, được thể hiện ở công thức 3. Đồng thời đó, sai số trung phương của chính các sai số này cũng được tính toán.

$$\mathbf{Std.} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} v_i^2}{n-1}} \tag{3}$$

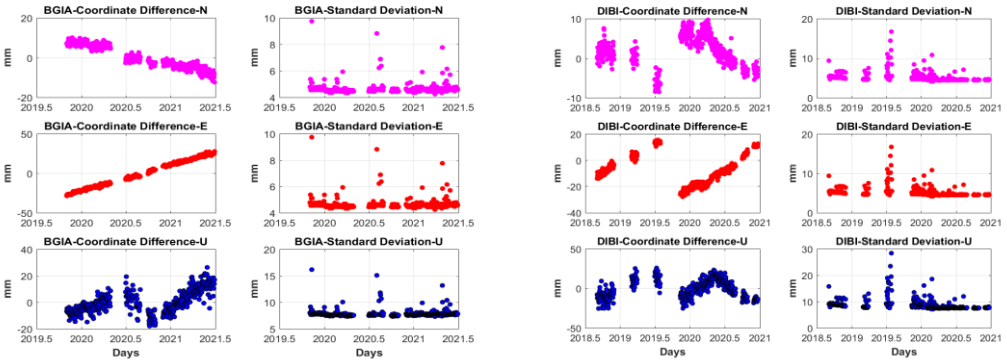
Trong đó: Std. là sai số trung phương; v_i là số hiệu chỉnh của trị đo i và n là số lượng trị đo trong dữ liệu.

3. Kết quả và thảo luận

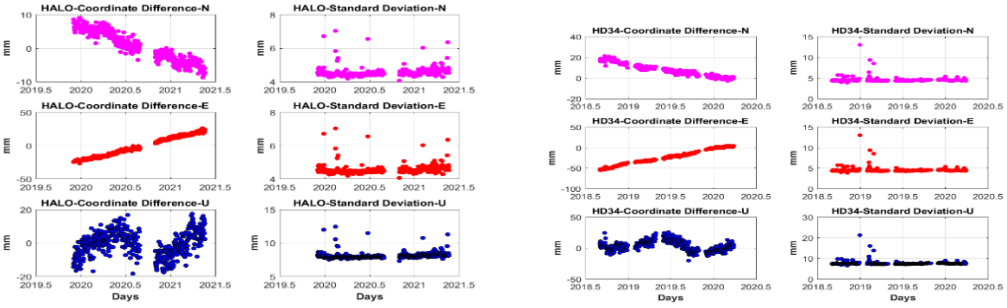
Như đã trình bày phương pháp xử lý số liệu ở phần trên, kết quả độ lệch tọa độ và sai số trung phương từng ngày của các trạm CORS được ghi lại theo các phương Bắc (North), phương Đông (East) và phương thẳng đứng (Up). Từ các kết quả này, nghiên cứu đã hiển thị số liệu một cách rõ nét và chi tiết hơn thông qua các Hình 4 đến Hình 8.

Từ các hình vẽ này, ta có thể dễ dàng nhận thấy các giá trị về độ lệch tọa độ có xu hướng biến thiên trong khoảng thời gian dài. Sự chênh lệnh về tọa độ này giữa các trạm CORS là không giống nhau. Sự dịch chuyển về mặt tọa độ này là hoàn toàn bình thường do sự dịch chuyển của kiến tạo tầng địa chất. Do đó, cần thiết phải tính toán lại tọa độ của các trạm đo liên tục CORS hàng năm để xác định lại tọa độ chính xác và xu hướng dịch chuyển của khu vực.

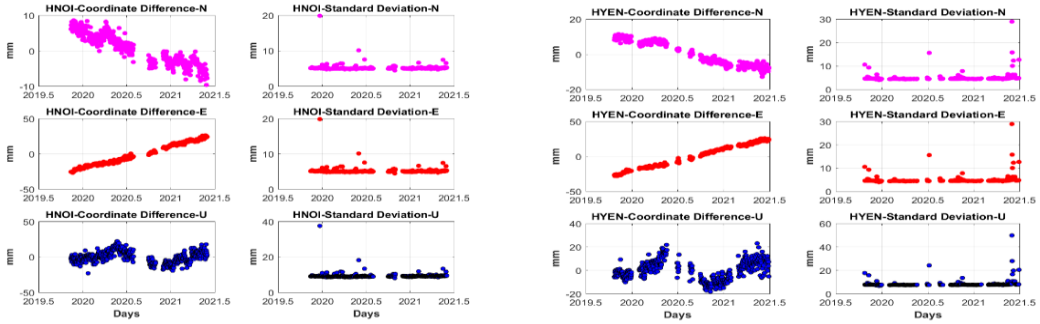
Mặc dù có sự dịch chuyển về tọa độ, nhưng sai số trung phương của các ngày xử lý của từng trạm cho kết quả khá tốt, cỡ vài milimét. Giá trị này có ý nghĩa hơn là sự chênh lệch tọa độ bởi nó phản ảnh chất lượng của dữ liệu tại các trạm cũng như phần mềm sử dụng để xử lý. Tuy nhiên, nhìn vào tất cả các hình có thể phát hiện rõ các giá trị tăng bất thường khỏi chuỗi giá trị. Đó có thể là các giá trị dị thường mà bắt buộc phải bị loại trừ. Bằng cách tính giới hạn cho sai số (3σ), nghiên cứu đã loại trừ tổng cộng 32 trị đo là dị thường ra khỏi dãy trị đo liên tục của 10 trạm.



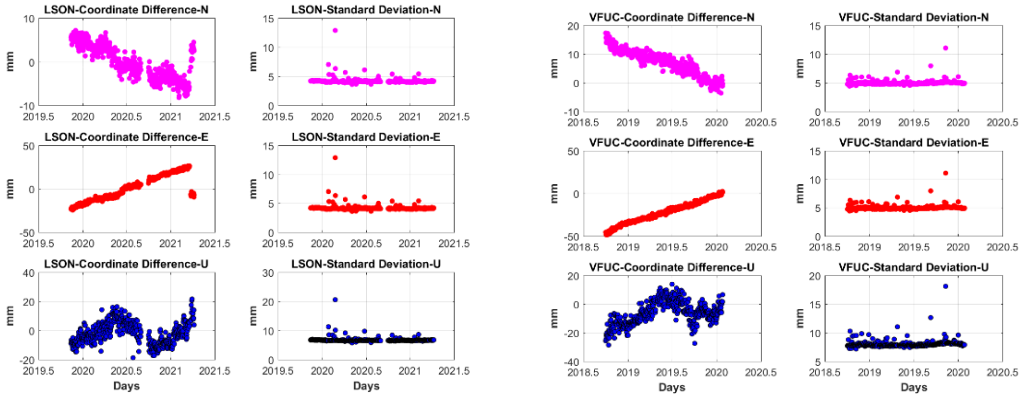
Hình 4. Chênh lệch tọa độ và sai số từng ngày tại BGIA (trái) và DIBI (phải)



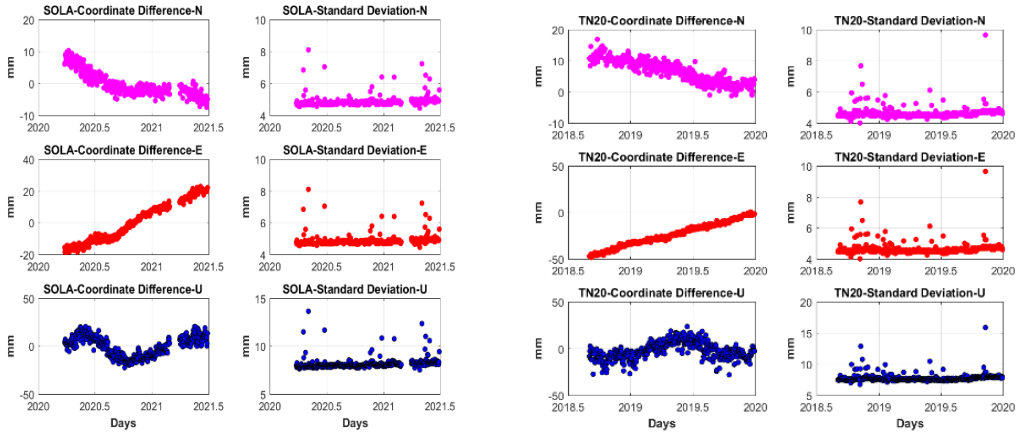
Hình 5. Chênh lệch tọa độ và sai số từng ngày tại HALO (trái) và HD34 (phải)



Hình 6. Chênh lệch tọa độ và sai số từng ngày tại HANO (trái) và HYEN (phải)



Hình 7. Chênh lệch tọa độ và sai số từng ngày tại LSON (trái) và VFUC (phải)



Hình 8. Chênh lệch tọa độ và sai số từng ngày tại SOLA (trái) và TN20 (phải)

Sau khi loại trừ trị đo dị thường của tất cả các trạm, sai số trung bình và sai số trung phương của sai số trung bình được tính toán cho từng trạm trong suốt thời gian thu dữ liệu được ghi lại trong Bảng 2 và được hiển thị rõ hơn trong các Hình 9 - Hình 11.

Nhìn chung, sai số này đều dưới 10 mm tại tất cả các điểm cũng như ở cả 3 phương n, e, u. Đối với phương n giá trị sai số này rất ổn định và dao động trong khoảng rất nhỏ từ 4,5 mm ~ 5,2 mm, trong khi đó giá trị này là 3,6 ~ 4,2 mm và 7,4 ~ 8,7 mm đối với hai phương còn lại là e và u. Độ chính xác này được xử lý theo phương pháp PPP trực tuyến và cho kết quả cỡ milimét là rất chính xác và hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu xây dựng lưới trắc địa trạm CORS.

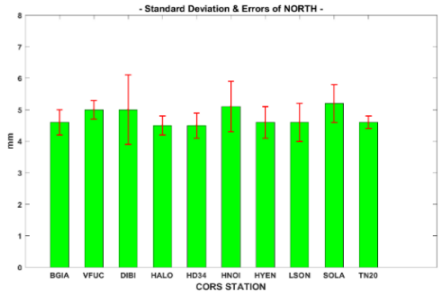
Bảng 2. Sai số trung bình của từng trạm CORS theo các phương

Trạm/phương		Phương Bắc (mm)		Phương Đông (mm)		Phương Up (mm)	
		Trung bình	Sai số	Trung bình	Sai số	Trung bình	Sai số
1	BIGA	4,6	0,4	4,0	0,4	7,8	0,7
2	VFUC	5,0	0,3	4,0	0,3	8,0	0,5
3	DIBI	5,0	1,1	3,6	0,8	8,4	1,8
4	HALO	4,5	0,3	4,2	0,2	8,1	0,5
5	HD34	4,5	0,4	3,8	0,3	7,6	0,7
6	HNOI	5,1	0,8	4,0	0,7	9,2	1,5
7	HYEN	4,6	0,5	3,9	0,3	7,8	1,2
8	LSON	4,6	0,6	3,9	0,5	7,4	0,9
9	SOLA	5,2	0,6	4,0	0,5	8,7	1,0
10	TN20	4,6	0,2	3,9	0,2	7,7	0,3

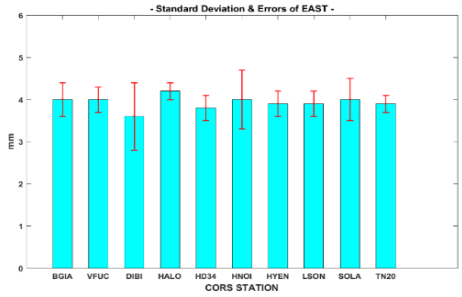
Để đánh giá tiếp theo về độ chính xác của các điểm, từ Bảng 2 nghiên cứu đã tính toán giá trị trung bình sai số cho toàn bộ các 10 trạm và được thể hiện trong Bảng 3 và Hình 12. Có thể thấy rằng, sai số trung bình theo phương Bắc, Đông và thẳng đứng lần lượt là 4,8 mm, 3,9 mm và 8,1 mm.

Bảng 3. Sai số trung bình của tất cả các trạm CORS theo các phương

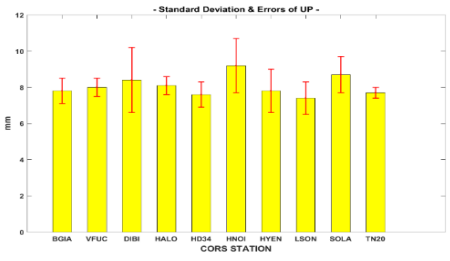
Phương	Phương Bắc (mm)		Phương Đông (mm)		Phương Up (mm)	
	Trung bình	Sai số	Trung bình	Sai số	Trung bình	Sai số
Giá trị	4,8	0,5	3,9	0,4	8,1	0,9



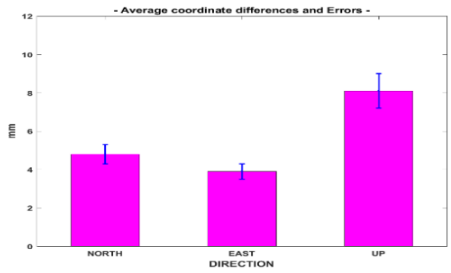
Hình 9. Sai số trung bình của từng trạm CORS theo phương Bắc



Hình 10. Sai số trung bình của từng trạm CORS theo phương Đông



Hình 11. Sai số trung bình của từng trạm CORS theo phương Up



Hình 12. Sai số trung bình theo các phương Bắc, Đông, Up của tất cả trạm CORS

Kết luận

GNSS là công nghệ đa mục đích được ứng dụng rất nhiều vào các lĩnh vực trong trắc địa như khảo sát, bố trí công trình, quan trắc biến dạng,… bởi nó có thể đáp ứng được các độ chính xác khác nhau phụ thuộc vào phương pháp định vị sử dụng và yêu cầu công việc. Thông thường, việc xác định tọa độ của các điểm yêu cầu độ chính xác cao (cỡ milimét) được thực hiện sử dụng phương pháp định vị tương đối tĩnh RPP. Gần đây, phương pháp định vị tuyệt đối tĩnh chính xác PPP đã thu hút sự quan tâm rộng rãi vì nó cung cấp một giải pháp cung cấp độ chính xác tương tự như định vị tương đối. Ngoài ra, PPP hiện nay đã có một số tổ chức cung cấp dịch vụ xử lý PPP trực tuyến miễn phí giúp giảm chi phí hệ thống máy tính cũng như chi phí phần mềm thương mại mà vẫn đảm bảo độ chính xác.

Nghiên cứu này tập trung khảo sát và đánh giá hiệu quả của phương pháp định vị PPP online sử dụng ứng dụng CSRS-PPP thay thế cho các phương pháp định vị tương đối tĩnh thông thường được sử dụng trong việc xác định tọa độ và độ chính xác của điểm lưới trắc địa thông qua xử lý dữ liệu của 10 trạm CORS đo liên tục từ 2018-2021. Từ kết quả phân tích, sai số trung phương tuyệt đối tại từng điểm CORS và chung cho cả tất cả các điểm CORS đều đạt cỡ 4~5 mm cho các thành phần n và e trong khi đó cỡ 8 mm cho thành phần độ cao u. Ngoài ra, mức độ lặp lại sai số của sai số trung phương là rất nhỏ, chỉ cỡ 1 mm. Có thể nhận xét rằng, kết quả xử lý dữ liệu sử dụng CSRS-PPP trực tuyến có độ chính xác cao, đáng tin cậy và hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu độ chính xác trong việc xây dựng các điểm khống chế khảo sát, thậm chí xác định tọa độ của mạng lưới trạm CORS để xác định sự chuyển dịch của chuỗi điểm trong nghiên cứu mảng.

Lời cảm ơn

Các tác giả trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội cho đề tài khoa học công nghệ có mã số 01-2023/KHXD-TĐ.

Tài liệu tham khảo

A.I. El-Hattab, 2014. Assessment of PPP for establishment of CORS network for municipal surveying in Middle East. Survey Review, 46(335): 97-103.

Altamimi Z, Collilieux X, Métivier L, 2011. An improved solution of the international terrestrial reference frame. Journal of Geodesy, 85(8): 457-473.

Choy SL, 2009. An investigation into the accuracy of single frequency PPP. Ph.D. Thesis. School of Mathematical and Geospatial Sciences, RMIT University, Melbourne, Australia.

Dương Vân Phong, Bùi Khắc Luyên, Nguyễn Thái Chinh, 2013. Khảo sát độ chính xác định vị tuyệt đối tĩnh xử lý sau bằng phần mềm Terrapos 1.34 trong điều kiện Việt Nam. Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất, số 41, trang 38-73.

Ebner R, Featherstone We, 2008. How well can online GPS PPP post-processing services be used to establish geodetic survey control networks? Journal of Applied Geodesy, 2(3): 149-157.

Gao Y, Kongzhe C, 2004. Performance analysis of Precise Point Positioning using real-time orbit and clock products. Journal of Global Positioning Systems, 3(1-2): 95-100.

Gao Y, 2006. Precise Point Positioning and its challenges. Inside GNSS, 1(8), 16-18.

Gao Y., Shen X., 2001. Improving ambiguity convergence in carrier phase-based precise point positioning. Proceedings of ION GPS- 2001, Salt Lake City, USA, September, 11-14.

Grinter T., Janssen V., 2012. Post-processed Precise Point Positioning: A viable alternative? Proc. APAS2012, Wollongong, Australia, 19-21 March, 83-92.

Grinter T., Roberts C., 2011. Precise Point Positioning: Where are we now? Proc. IGNSS2011, Sydney, Australia, 15-17 November, 15.

Hà Minh Hòa, 2019. Xu hướng phát triển phương pháp PPP dựa trên mạng lưới các trạm CORS. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, số 42, trang 55-62.

Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., 2001. Global Positioning System: "Theory and Practice 4th Edition". Springer-Velag, INC., 189-199.

https://webapp.csrs-scrs.nrcan-rncan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php.

Nguyễn Chánh Niệm, Trần Nhựt Thanh và Nguyễn Chí Ngôn, 2015. Khảo sát một số kỹ thuật định vị trong việc nâng cao độ chính xác của thiết bị thu GPS giá rẻ. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, số 36, trang 88-96.

Nocquet JM, 2011. Apport de la géodésie spatiale à la connaissance de la géodynamique en Europe et en Méditerranée. Habilit à Dir Des Rech Univ Nice Sophia Antipolis, Fr.

Paolo. D, Jonah. K, 2016. Statistical comparison of PPP solution obtained by Online Post-Processing Services. IEEE, 137-143.

Rizos, C, 1997. Principle and practice of GPS surveying. School of Surveying and Spatial Information Systems, The University of New South Wales, 345-356.

Rizos, C, 2010. Making sense of the GNSS techniques. Manual of Geospatial Science and Technology, 2nd edition, Taylor & Francis, ISBN 978-1-4200-8733-8, 173-190.

Rizos, C., Janssen, V., Roberts, C. & Grinter, T, 2012. Precise point positioning: is the era of differential GNSS positioning drawing to an end? FIG Working Week 2012, Rome, Italy, 6-10 May.

Trần Đình Trọng, 2022. Nghiên cứu và phát triển phương pháp xử lý số liệu chuỗi tọa độ liên tục của lưới GNSS địa động. Báo cáo đề tài Khoa học và Công nghệ - Bộ Giáo dục và Đào tạo.

Vladimir A., Ehigitor. R, M. Ehigiator, 2012. PPP Application for estimation of precise point coordinates - case study of a reference station in Nigeria. FIG Working Week 2012, Italy.

Zumberge JF, Heflin MB, Jefferson DC, Watkins MM, Webb FH, 1997. Precise Point Positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks. Journal of Geophysical Research, 102(3): 5005-5017.

ABSTRACT

Assessment of PPP online method for accuracy of Vietnam CORS stations using CSRS-PPP service

Nguyen Dinh Huy*, Tran Dinh Trong, Luong Ngoc Dung
Hanoi University of Civil Engennering

Determining coordinates with high accuracy of millimeters by GNSS (Global Navigation Satellite System) technology is usually achieved through Relative Point Positioning (RPP) which requires the use of at least two receivers simultaneously and processing using commercial software. Recently, the Precise Point Positioning (PPP) method, a state space solution to the processing of GNSS data acquired from a single receiver, has emerged as an alternative to the relative positioning method. It provides high accuracy comparable to relative static positioning without the need for reference stations and simultaneous observations. Moreover, there are now several organizations that offer free online PPP processing services, simplifying the operational process and reducing the computer resources and costs associated with commercial software.

This study focuses on evaluating the accuracy and stability of the PPP positioning method using the online CSRS-PPP service as an alternative to the static relative positioning method through data processing of 10 CORS stations continuously from 2018 to 2021. The results show that the accuracy of CORS stations ranges from 4 mm to 5 mm for the North (n) and East (e) components while it is 8 mm for the Up (u) direction. It can be concluded that the online CSRS-PPP service gives high accuracy, reliability and fully meets the requirements for building survey control points, even setting up and calculating for the network of CORS stations where geodetic infrastructure is sparse and determing crustal displacement.

Keywords: Relative positioning, absolute positioning, CSRS-PPP, PPP online, accuracy.

Ứng dụng GNSS - RTK trong quan trắc chuyển dịch cầu dây văng ở Việt Nam và một số vấn đề trong xử lý số liệu quan trắc

Nguyễn Thùy Linh[1, *], Lê Văn Hiến[1], Lê Minh Ngọc[1], Cù Văn Lĩnh[2]
[1]*Trường Đại học Giao thông vận tải*
[2]*Vụ 1 Thanh tra Chính phủ*

TÓM TẮT

Chuyển dịch của cầu treo là một trong những biểu hiện đặc trưng của phản ứng cầu trước những tác động của các yếu tố bên ngoài như gió, nhiệt độ không khí, hoạt tải của các phương tiện giao thông,... Chuyển dịch lớn hoặc chuyển dịch bất lợi đều có thể làm mất an toàn cho giao thông trên cầu, gây ra các ảnh hưởng không tốt đến tính toàn khối kết cấu. Chính vì vậy, công tác quan trắc chuyển dịch cầu treo rất quan trọng và cần thiết. Bài báo này phân tích tổng quan về một số ứng dụng điển hình của công nghệ GNSS trong hệ thống quan trắc kết cấu cầu treo ở Việt Nam. Các yêu cầu, nhiệm vụ về thiết kế hệ thống và thu nhận dữ liệu quan trắc được trình bày trong nghiên cứu này. Thêm vào đó, bài báo nghiên cứu các phương pháp xử lý số liệu quan trắc chuyển dịch để nâng cao hiệu quả quan trắc trong quá trình khai thác sử dụng công trình cầu treo. Từ các nghiên cứu lý thuyết và tính toán thực nghiệm trong bài báo đã chứng minh rằng ANN, Hampel là các phương pháp đảm bảo độ chính xác, thể hiện rõ xu hướng của dữ liệu trong quá trình khôi phục số liệu quan trắc chuyển dịch theo phương đứng cầu treo.
Từ khóa: Hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu (GNSS), hệ thống quan trắc kết cấu cầu (SHM), cầu dây văng, quan trắc chuyển dịch.

1. Đặt vấn đề

Tại Việt Nam, để quan trắc chuyển dịch tổng quát công trình, một số các cầu treo đã lắp đặt hệ thống SHM trong đó có GNSS ngay sau khi đưa vào sử dụng. Việc thiết kế, bố trí, các thành phần của hệ thống quan trắc kết cấu cầu, phương thức truyền tín hiệu và xử lý dữ liệu đo đã được các nhóm khoa học đề cập đến ở tài liệu (Kai Yuen Wong et al., 2001; Nguyễn Viết Trung và Bùi Xuân Học, 2017). Nghiên cứu trong bài báo (Andreas Wieser et al., 2002) đã chứng tỏ rằng phương pháp GNSS - RTK cho phép quan trắc chuyển dịch theo thời gian thực các phương X, Y, Z của công trình cầu hệ dây, kết quả đo này có thể được sử dụng để xác định đặc điểm biến dạng của cầu và cung cấp khả năng cảnh báo sự hư hỏng của kết cấu. Trong quá trình hoạt động, số liệu GNSS - RTK có thể bị mất, bị nhiễu do thời tiết gây ra, do lỗi truyền dẫn tín hiệu, hoặc lỗi thiết bị,… Điều này làm cho kết quả đo bị gián đoạn, không liên tục, kém chính xác gây ảnh hưởng đến quá trình phân tích kết quả quan trắc, đánh giá tình trạng cầu khiến cho các chuyên gia đưa ra các suy luận, các quyết định sai lầm trong vận hành, khai thác cầu treo. Nghiên cứu khoa học đã chứng minh trong hệ thống quan trắc kết cấu công trình, 2,5 % số lượng dữ liệu bị mất tương ứng với 10 % số liệu bị nhiễu (Tomonori Nagayama et al., 2007). Hampel là một phương pháp lọc nhiễu được tài liệu (Aguinaldo Bezerra Batista Júnior et al., 2014) sử dụng để phát hiện và làm sạch các kết quả đo radar có chứa sai số thô và làm mượt các số liệu này. Phương pháp này cũng đã được ứng dụng nhằm lọc độ lệch bất thường của chuỗi dữ liệu đo bằng máy gia tốc kế khi xây dựng mô hình dự báo (Jihao Ma et al., 2023). Tuy nhiên, phương pháp Hampel chưa được nghiên cứu sâu để phục hồi các số liệu quan trắc chuyển dịch GNSS - RTK. Phương pháp đa thức đã được áp dụng trong nội suy số liệu GNSS - RTK khi quan trắc chuyển vị cầu dây văng. Tuy nhiên, phương pháp trên có nhược điểm là nếu số liệu cần nội suy nhiều sẽ gây phức tạp trong tính toán và độ chính xác không cao nên phương pháp được kiến nghị chỉ phù hợp khi bổ sung tối đa 5 giá trị GNSS bị mất (Hien Van Le et al., 2015). Tài liệu (Kim et al., 2011) đã tái tạo dữ liệu đo gia tốc của một công trình cầu được truyền từ cảm biến không dây thuộc hệ thống SHM bằng thuật toán Kalman.

* *Tác giả liên hệ*
Email: linhnt@utc.edu.vn

Việc ứng dụng phương pháp học sâu mạng nơ ron tích chập (CNN) thuộc trí tuệ nhân tạo đã được các nhóm nghiên cứu thực hiện khi khôi phục số liệu đo gia tốc trong quan trắc dao động công trình cầu (Gao Fan et al., 2019; Xiaoming Lei et al., 2020). Bài báo (Ni et al., 2016) đã sử dụng phương pháp ANN kết hợp với thuật toán Bayes để khôi phục số liệu đo áp lực gió thuộc hệ thống SHM của một cột tháp cao 600 m.

Một nghiên cứu khác (Nguyễn Thùy Linh và nnk., 2021; Thuy Linh Nguyen et al., 2020) đã ứng dụng ANN trong khôi phục số liệu GNSS - RTK trong quan trắc chuyển dịch điểm giữa nhịp chính cầu dây văng dựa trên các yếu tố nhiệt độ, ứng suất, gió nhưng nhóm tác giả mới chỉ tính toán để khôi phục số liệu của điểm giữa nhịp chính mà chưa xét đến điểm 1 phần 4 nhịp chính đồng thời cũng chưa đưa sự chuyển dịch của đỉnh tháp Bắc, tháp Nam làm dữ liệu đầu vào cho quá trình khôi phục này. Chính vì vậy, bài báo trình bày nội dung tổng quan các yêu cầu, nhiệm vụ về thiết kế hệ thống và thu nhận dữ liệu quan trắc chuyển dịch tại Việt Nam; nghiên cứu phương pháp Hampel và ANN trong khôi phục số liệu GNSS - RTK theo phương đứng tại điểm giữa nhịp chính, điểm 1 phần 4 nhịp chính cầu treo.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

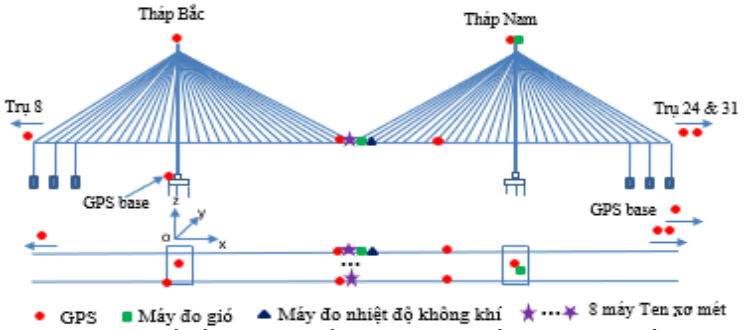
2.1. Ứng dụng GNSS trong quan trắc chuyển dịch cầu dây văng

2.1.1. Phương pháp GNSS - RTK

GNSS - RTK là phương pháp đo GNSS động theo thời gian thực, kết quả đo cho giá trị tọa độ và độ cao tức thời của điểm đo. Nguyên lý hoạt động của phương pháp gồm một máy tĩnh (Base) đặt tại một điểm đã biết tọa độ, độ cao hoặc được kết nối với điểm đã biết tọa độ, độ cao và một hoặc nhiều máy (Rover) đặt tại điểm cần xác định tọa độ, độ cao. Cả hai loại máy đồng thời thu tín hiệu từ vệ tinh. Tại trạm Base, máy có thêm thiết bị phát sóng Radio link hoặc sóng 3G liên tục phát ra tín hiệu cải chính, số cải chính sẽ được truyền tới các máy di động để hiệu chỉnh vị trí đạt được độ chính xác cao. Phạm vi hoạt động của máy Rover so với máy Base lên tới 10 km với sóng Radio link và lớn hơn với sóng 3G trong điều kiện thuận lợi.

2.1.2. Yêu cầu, đặc điểm ứng dụng GNSS - RTK trong quan trắc cầu dây văng

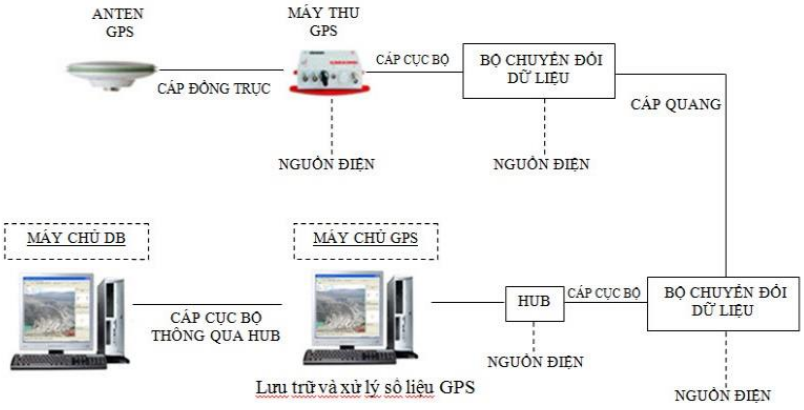
Để theo dõi chuyển dịch cầu dây văng, GNSS - RTK được áp dụng gồm có trạm Base và trạm Rover. Trạm Base được đặt tại điểm đã biết tọa độ, được xây dựng kiên cố, đặt trên nền đá gốc, có độ ổn định cao, thông thoáng và bố trí ngoài phạm vi ảnh hưởng của độ chuyển dịch công trình. Trạm Rover được đặt tại các vị trí nhạy cảm với các thay đổi về độ cứng của kết cấu cầu, phải phản ánh được các dao động thực của cầu. Đó là điểm đặc trưng của cầu như đỉnh tháp, chân tháp, giữa nhịp chính, 1 phần 4 nhịp chính.



Hình 1. Sơ đồ lắp đặt hệ thống SHM trên cầu dây văng Cần Thơ

Do cầu dây văng có chiều dài nhịp lớn, kích thước dầm mảnh, chiều cao cột tháp cao, độ cứng dầm nhỏ so với chiều dài nhịp nên kết cấu cầu là một hệ thống mềm dẻo, linh hoạt, độ cứng, độ ổn định kém hơn so với các loại cầu khác nên nó thường xuyên bị chuyển dịch dưới tác động của tải trọng động. Chính vì vậy, cần phải lắp đặt hệ thống quan trắc để theo dõi sự biến dạng kết cấu cầu. GNSS là thành phần chính của hệ thống quan trắc kết cấu nên sơ đồ kết nối GNSS trong hệ thống gồm có máy thu GNSS, bộ phận truyền và lưu trữ dữ liệu, trung tâm xử lý số liệu. Các máy thu được đặt trên cầu nhằm xác định chuyển dịch tổng quát theo 3 phương X, Y, Z cầu. Các máy này cùng với các loại cảm biến khác được đo cùng một thời điểm, đo liên tục rồi lấy giá trị trung bình theo 1 phút, 10 phút, 1 giờ, 1 ngày,… Các máy

GNSS thường có độ chính xác cao với tần số đo từ 1 Hz đến 50 Hz. Sau đó, các số liệu GNSS sẽ được truyền qua hệ thống mạng Internet hoặc được truyền trực tiếp bằng các dây cáp đồng, cáp quang đến hệ thống lưu trữ. Hệ thống này có nhiệm vụ thu nhận, hiệu chỉnh, chuyển đổi và truyền dữ liệu tới máy tính. Hiện nay, trên thế giới, đối với các cầu dây văng lớn, khi phải xử lý, quản lý, phân tích số liệu quan trắc ở nhiều nơi khác nhau với khoảng cách rất xa lên đến hàng nghìn kilômét thì thiết bị truyền dẫn trực tiếp như cáp đồng, cáp quang không còn được áp dụng phổ biến nữa vì nó bị hạn chế về khoảng cách truyền, gặp nhiều khó khăn trong lắp đặt, vận hành, bảo trì hệ thống cáp và chi phí cao. Tuy nhiên ở Việt Nam, việc truyền dữ liệu bằng mạng vẫn bị hạn chế do hệ thống mạng thường không ổn định cho nên chủ yếu là truyền dữ liệu bằng cáp quang. Dữ liệu sau khi chuyển đổi thành tín hiệu điện hoặc tín hiệu tương tự sẽ được truyền tới bộ hiệu chỉnh và biến đổi của phần cứng. Tại đây các tín hiệu này sẽ được biến đổi thành dạng số để máy tính có thể làm việc. Dữ liệu sau khi thu thập sẽ được truyền dẫn đến khối điều khiển trung tâm để xử lý số liệu, phân tích, đánh giá, báo cáo tình trạng kết cấu cầu, đưa ra các đặc trưng của kết cấu để phục vụ cho việc đánh giá tình trạng làm việc của cầu dây văng. Dữ liệu quan trắc chuyển dịch GNSS sẽ được một số phần mềm xử lý như Leica GNSS Spider của hãng Leica, 3D TRACKER của Condor Earth Technologies Inc, GOCA (GPS-based Online Control and Alarm), INTETRAK của Orion Monitoring Systems Inc,… Trong đó phần mềm Leica GNSS Spider được sử dụng thông dụng hơn cả. Phần mềm này được thiết kế cho Leica GR/GM series, GNSS 1200, GNSS 900, GPS 500 với một hoặc nhiều trạm tham chiếu và nhiều trạm quan trắc. Phần mềm Spider gồm 2 phần cơ bản: phần 1 là GNSS Spider thực hiện các tính toán cơ bản của trạm tham chiếu và trạm quan trắc trong hệ tọa độ WGS - 84, tọa độ tương đối được tính theo thời gian thực; trung bình theo phút, giờ, ngày tháng. Phần 2 là Monitoring nhận kết quả tính toán từ Spider, chuyển kết quả sang hệ tọa độ địa phương hoặc hệ tọa độ công trình, chuyển cơ sở dữ liệu đến máy chủ, quản lý tập tin. Trước khi hệ thống SHM trong đó có GNSS hoạt động, phần mềm hệ thống phải cài đặt các thông số về trạm base, trạm rover, hệ tọa độ, trạng thái "0" của máy rover và phải thiết lập các giá trị tới hạn. Các giá trị tới hạn này được sử dụng trong đánh giá tình trạng của cầu, trong cảnh báo giao thông và kiểm tra lại thiết kế. Các giá trị này có thể được thay đổi trong quá trình sử dụng cầu. Tất cả các giá trị quan trắc sẽ được hiển thị trên màn hình một cách trực quan dưới dạng biểu đồ quan hệ giữa thời gian và chuyển dịch, sau đó được lưu trữ trong bộ phận trung tâm của hệ thống theo thứ tự thời gian và dự báo xu hướng phát triển cầu. Thường các dữ liệu quan trắc này được lưu trữ trên 20 năm nên để thực hiện chức năng trên thì nó phải sử dụng máy tính có khả năng lưu trữ lớn, tốc độ nhanh và các phần mềm phân tích chuyên dùng kèm theo (Nguyễn Viết Trung và Bùi Xuân Học, 2017; Nippon Koei Co. LTD và nnk., 2010).



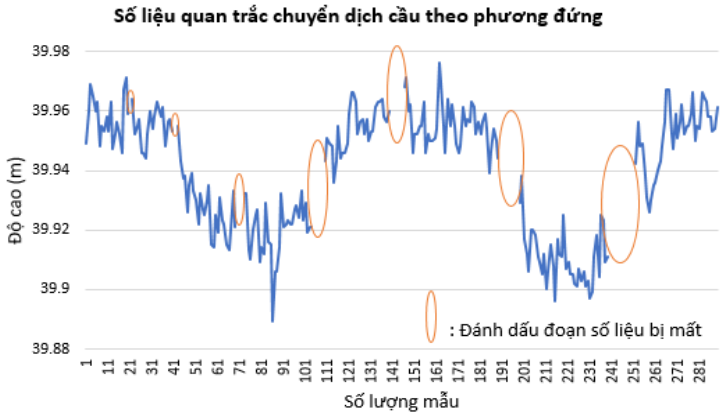
Hình 2. Sơ đồ hệ thống GNSS quan trắc liên tục

2.2. Xử lý số liệu quan trắc chuyển dịch cầu

2.2.1. Đặc điểm số liệu quan trắc chuyển dịch cầu dây văng

Trong quá trình quan trắc chuyển vị cầu dây văng, số liệu GNSS có thể bị mất khiến kết quả quan trắc bị gián đoạn, không liên tục gây ảnh hưởng không tốt đến độ chính xác kết quả đo và quá trình phân tích, đánh giá tình trạng cầu. Khi kiểm tra một chuỗi dài dữ liệu quan trắc GNSS theo thời gian nhận thấy khả năng mất một dữ liệu, hai dữ liệu, ba dữ liệu hoặc mất nhiều dữ liệu xảy ra rất lớn. Để khôi phục số liệu đã

mất này, nhóm tác giả đã nghiên cứu ứng dụng phương pháp Hampel và ANN. Hình 3 mô tả dữ liệu quan trắc GNSS-RTK với các kịch bản dữ liệu bị mất được dùng để khảo sát các phương pháp nội suy dữ liệu.



Hình 3. Số liệu GNSS - RTK bị mất

2.2.2. Phương pháp Hampel

Phương pháp Hampel hoạt động bằng cách xác định giá trị trung bình và độ lệch tuyệt đối trung bình của dữ liệu và sau đó sử dụng thông tin này để phát hiện và loại bỏ các giá trị có chứa sai số thô dựa trên độ lệch chuẩn của số liệu. Dựa trên nguyên tắc trên, phương pháp Hampel sử dụng một cửa sổ trượt của các số liệu lân cận để ước tính vị trí dữ liệu bất thường và thay thế những dữ liệu này bằng dữ liệu chính xác. Giả sử chuỗi thời gian x_1, x_2, x_3,…., x_n và một cửa sổ trượt có độ dài k, có thể ước tính độ lệch chuẩn và trung vị giữa các điểm theo các công thức sau (Yao Z, Xie J và Tian Y, Huang Q., 2019):

$$m_i = \frac{x_{i-k}+x_{i-k+1}+x_{i-k+2}+\cdots+x_i+x_{i+k-2}+x_{i+k-1}+x_{i+k}}{k+i} \quad (1)$$

$$\sigma_i = \omega.\frac{|x_{i-k}-m_i|+\cdots+|x_{i+k}-m_i|}{k+i} \quad (2)$$

với: $\omega = \frac{1}{\sqrt{2}erfc^{-1}(\frac{1}{2})} \approx 1.4826$ là ước tính ngẫu nhiên của luật phân phối chuẩn Gauss.

trong đó:

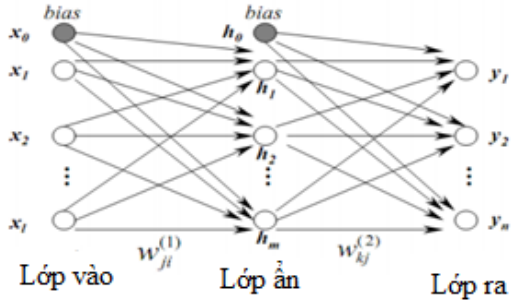
m - giá trị trung bình động;

σ_i - độ lệch chuẩn.

Khi kiểm tra x_i theo điều kiện $|x_i - m_i| > t.\sigma_i$ thì x_i có sai số lớn nên bị loại bỏ khỏi kết quả đo và được thay thế bằng m_i là giá trị trung bình động với cửa sổ trượt quanh giá trị x_i. Giá trị t có thể được chọn bằng 3 nhưng nếu yêu cầu độ chính xác cao hơn thì t được chọn bằng 2.

2.2.3. Phương pháp ANN trong xử lý số liệu

Mạng nơ ron nhân tạo sẽ được "huấn luyện" để có thể "học" từ một tập hợp thông tin của biến đầu vào được cho trước. Từ đó, mạng sẽ đưa ra kết quả biến đầu ra dựa trên những gì đã được học. Mạng nơ ron truyền thẳng nhiều lớp được sắp xếp gồm: Lớp đầu vào, các lớp ẩn và lớp đầu ra.



Hình 4. Cấu trúc mạng nơ ron nhân tạo truyền thẳng một lớp ẩn

Lớp đầu vào sẽ là nơi nhận các tín hiệu đầu vào, có thể là một hằng số, dữ liệu thô hoặc là đầu ra của một mạng nơ ron khác. Các giá trị này sẽ tác động đến các nơ ron lớp ẩn thông qua bộ trọng số w_{ij}. Tại lớp ẩn, tín hiệu của lớp vào sẽ được xử lý bằng một hàm kích hoạt, thường là hàm Sig-moid hoặc hàm Tan-hyperbolic sau đó tín hiệu sẽ được truyền qua lớp ra thông qua bộ trọng số w_{jk}. Các lớp ẩn liên kết giữa lớp đầu vào và lớp đầu ra, làm cho mạng có khả năng mô phỏng mối tương quan phi tuyến tốt hơn. Quá trình "học" được tiến hành bằng các thuật toán huấn luyện mạng, phổ biến là thuật toán lan truyền ngược (BP).

Nguyên lý cơ bản của thuật toán này là khi w thay đổi thì E(w) sẽ thay đổi và ứng một hàm E(w) sẽ có một tập giá trị của các trọng số w mà làm cho hàm E(w) đạt giá trị cực tiểu. Để ước lượng các trọng số w bằng thuật toán lan truyền ngược sai số, đầu tiên gán cho mạng một bộ trọng số w ban đầu, từ bộ trọng số này tính toán được giá trị hàm E(w). Sau đó sẽ điều chỉnh trọng số w sao cho bộ trọng số mới làm cho hàm E(w) bé hơn. Phương pháp này được gọi là phương pháp hạ gradient (Nguyễn Đình Thúc, 2000). Giá trị điều chỉnh là:

$$\Delta w = w_{r+1} - w_r = -\eta \frac{\partial E}{\partial w} \quad (3)$$

với: r - bước tính lặp;
Hằng số η - hằng số học.

Quá trình tìm bộ trọng số thích hợp cho mạng được gọi là quá trình học. Quá trình học sẽ lặp đi lặp lại cho đến khi Δw gần bằng 0 (nhỏ hơn một mức sai số cho trước) hoặc điều kiện dừng học được kích hoạt.

2.2.4. Đánh giá chất lượng của kết quả khôi phục

Để đánh giá độ chính xác của kết quả đã được khôi phục, một số các chỉ số được bài báo sử dụng như sau (Nguyễn Cao Văn và Trần Thái Ninh, 2004):

- Sai số trung phương RMSE (Root Mean Square Error):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{n}(Y_k - \widehat{Y_k})}{n}} \quad (4)$$

trong đó:

Y_k - Giá trị thực tế (Giá trị đo);
Y_k - Giá trị đầu ra của mạng (Giá trị tính toán).

Sai số RMSE càng lớn thì độ chính xác của kết quả khôi phục càng thấp và ngược lại sai số này càng nhỏ thì độ chính xác kết quả khôi phục càng cao.

- Hệ số tương quan:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}} \quad (5)$$

trong đó:

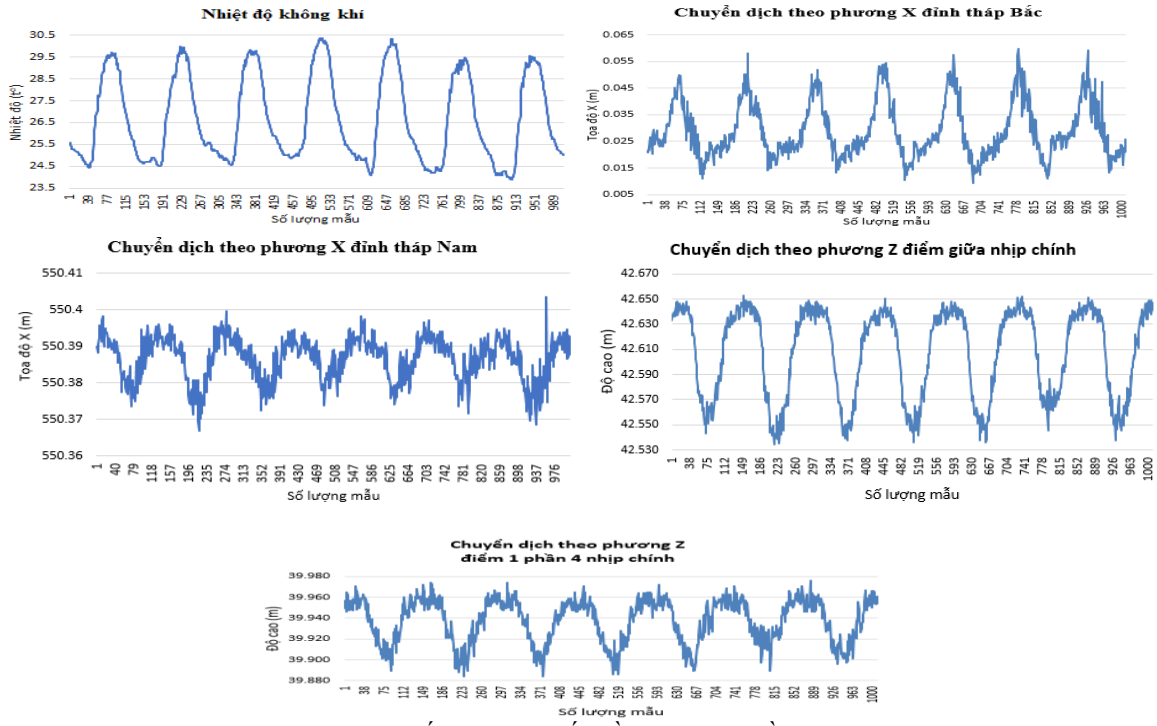
x, y - Hai biến cần xét mối tương quan;
$\bar{x}$, $\bar{y}$ - Giá trị trung bình của x, y; n là số lượng mẫu.

Nếu giá trị của r dương thì hai biến x và y là tương quan đồng biến, nghĩa là x tăng thì y tăng; ngược lại nếu giá trị của r âm, x và y là tương quan nghịch biến, tức là khi x tăng thì y giảm. Nếu r = 1 hay r = -1 thì mối quan hệ của x và y rất chặt chẽ. Nếu r = 0, hai biến x, y hoàn toàn độc lập, không có quan hệ với nhau.

2.3. Tính toán thực nghiệm

2.3.1. Mô tả số liệu

Để nội suy số liệu theo phương đứng Z của điểm giữa nhịp chính và điểm 1 phần 4 cầu tiến hành thu thập số liệu quan trắc kết cấu cầu dây văng Cần Thơ. Đây là cầu dây văng hai mặt phẳng dây, có chiều rộng 26 m, chiều dài cầu chính 2750 m, chiều cao tháp tính từ mặt cầu là 134,7 m, nhịp chính dài 550 m. Hệ thống GNSS hiện nay hay GPS trước đây của cầu gồm có 2 trạm base và 9 máy rover được gắn chủ yếu ở phần cầu chính, được quan trắc liên tục với kỹ thuật đo RTK. Các máy đo chuyển dịch GNSS, gió, nhiệt độ, ứng suất được đo cùng thời điểm, tần suất lấy mẫu của các thiết bị này là 1 Hz và sau đó lấy giá trị trung bình theo thời gian 10 phút/lần. Với thời gian đo dài trong 1 tuần được 1008 số liệu mỗi loại (Nippon Koei Co. LTD, Chodai Co, LTD liên doanh với Tedi South, 2010).



Hình 5. Số liêu quan trắc cầu dây văng Cần Thơ

2.3.2. Khôi phục giá trị bị mất bằng phương pháp Hampel

Với số liệu quan trắc chuyển dịch theo phương Z của điểm 1 phần 4 và điểm giữa nhịp chính đã được thu thập trong 2 ngày, tiến hành ứng dụng phương pháp Hampel để tính toán. Để khôi phục các số liệu bị mất gồm 1 số liệu, 2 số liệu, 3 số liệu, 5 số liệu, 6 số liệu, 9 số liệu, 12 số liệu và yêu cầu độ chính xác cao nên nhóm tác giả đã lựa chọn số cửa sổ trượt là 30, t = 2.

2.3.3. Khôi phục giá trị bị mất bằng phương pháp ANN

- Chuẩn bị số liệu và xác định mối quan hệ tương quan

Với các số liệu nhiệt độ; vận tốc gió; chuyển dịch 3 phương đỉnh tháp Bắc, tháp Nam; chuyển dịch theo phương đứng điểm giữa nhịp chính, điểm 1 phần 4 nhịp chính trong 7 ngày đã thu thập được, tiến hành xác định mối quan hệ tương quan giữa chuyển dịch theo phương đứng điểm giữa nhịp chính, điểm 1 phần 4 nhịp chính với các yếu tố nhiệt độ, vận tốc gió, chuyển dịch 3 phương của điểm đỉnh tháp Bắc, tháp Nam. Những biến có hệ số tương quan lớn hơn ±0,5 sẽ được chọn làm dữ liệu đầu vào của quá trình huấn luyện mạng ANN. Các nghiên cứu (Hien Van Le et al., 2015; Tinh Duc Le et al., 2020) đã xác định ảnh hưởng của nhiệt độ, vận tốc gió, chuyển dịch đỉnh tháp Nam, đỉnh tháp Bắc đến chuyển dịch điểm giữa nhịp chính và điểm 1 phần 4 nhịp chính cầu. Tổng hợp các nghiên cứu trên được Bảng 1 như sau:

Bảng 1. Mối quan hệ tương quan giữa nhiệt độ, gió, chuyển dịch đỉnh tháp và chuyển dịch theo phương đứng điểm giữa nhịp chính.

	Hệ số tương quan							
Phương Z	Nhiệt độ	Vận tốc gió	Tháp Bắc			Tháp Nam		
			X	Y	Z	X	Y	Z
Điểm giữa nhịp chính	**-0,90**	0,14	**-0,67**	0,29	-0,18	**0,77**	0,36	-0,31
Điểm 1 phần 4 nhịp chính	**-0,88**	0,14	**-0,56**	0,30	-0,13	**0,68**	0,36	-0,25

Từ Bảng 1 thấy rằng tại điểm giữa nhịp chính và điểm 1 phần 4 nhịp chính cầu, phương Z dịch chuyển chủ yếu là do nhiệt độ không khí, chuyển dịch của phương X đỉnh tháp Bắc, tháp Nam. Đây sẽ là các dữ liệu đầu vào cho quá trình huấn luyện mạng ANN.

- Thiết kế mạng nơ ron nhân tạo.

Với các dữ liệu đầu vào và thuật toán lan truyền ngược trong ANN truyền thẳng nhiều lớp, tiến khôi phục số liệu bị mất của chuyển dịch theo phương đứng điểm giữa nhịp chính, điểm 1 phần 4 nhịp chính. Hàm huấn luyện được sử dụng là hàm phi tuyến sig-moid, học có giám sát và giải thuật huấn luyện là lan truyền ngược. Các số liệu đo nhiệt độ, chuyển dịch theo phương X của đỉnh tháp Bắc, tháp Nam là dữ liệu đầu vào. Lớp ra có một nơ ron lần lượt là giá trị chuyển dịch theo phương đứng của điểm giữa nhịp chính và điểm 1 phần 4 nhịp chính cầu. Số lớp ẩn bằng 1, số nơ ron trong lớp ẩn bằng 10 với điểm giữa nhịp và 19 với điểm 1 phần 4 nhịp chính. Bộ số liệu thu thập được từ các thiết bị đo trên cầu được chia thành hai bộ con chính. Bộ 1 là bộ dữ liệu huấn luyện mạng có 720 mẫu đầu vào tương đương với 5 ngày và 720 giá trị đo GNSS tương ứng. Bộ dữ liệu huấn luyện thường được chia thành ba nhóm số liệu nhỏ gồm: Luyện mạng chiếm 70 % bộ số liệu ứng với 504 mẫu. Xác nhận mạng chiếm 15 % bộ số liệu ứng với 108 mẫu. Kiểm tra mạng chiếm 15 % bộ số liệu ứng với 108 mẫu. Bộ 2 gồm 288 mẫu tương tương đương với 2 ngày dùng để khôi phục số liệu bị mất.

- Huấn luyện mạng nơ ron nhân tạo.

Với cấu trúc mạng được chọn, tiếp tục tiến hành bước huấn luyện mạng. Kết quả huấn luyện được thể hiện trên Bảng 2 sau:

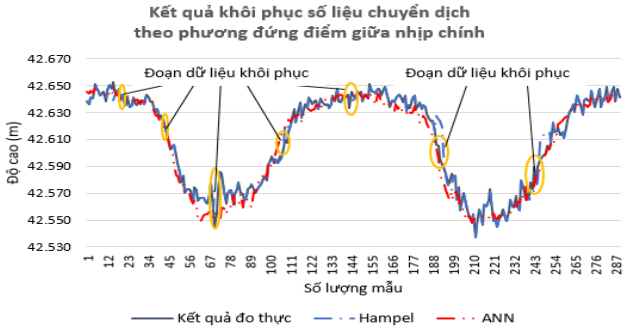
Bảng 2. Sai số MSE và hệ số hồi quy R^2

Điểm trên cầu	MSE (m^2)	R^2
Điểm giữa nhịp chính cầu	3×10^{-5}	0,989
Điểm 1 phần 4 nhịp chính cầu	6×10^{-5}	0,944

Qua bảng trên nhận thấy sai số MSE rất nhỏ, hệ số hồi quy rất lớn. Điều đó thể hiện kết quả huấn luyện mạng tốt và mô hình chuyển dịch theo phương đứng được thành lập từ các yếu tố nhiệt độ không khí, chuyển dịch theo phương X của các đỉnh tháp cầu là chính xác và đáng tin cậy.

2.3.4. Kết quả khôi phục giá trị bị mất bằng phương pháp Hampel và ANN

Sau khi tính toán, kết quả khôi phục số liệu quan trắc chuyển dịch theo phương Z của điểm giữa nhịp chính cầu, điểm 1 phần 4 nhịp chính cầu trong 2 ngày bằng phương pháp Hampel và phương pháp ANN được thể hiện trên Hình 6, 7, 8 như sau:

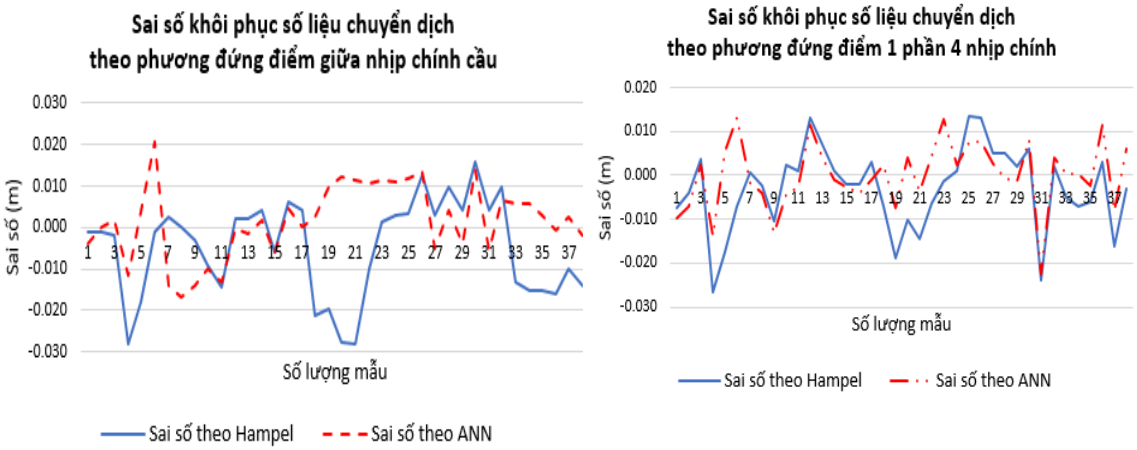


Hình 6. Kết quả khôi phục số liệu quan trắc chuyển dịch điểm giữa nhịp chính



Hình 7. Kết quả khôi phục số liệu quan trắc chuyển dịch điểm 1 phần 4 nhịp chính

Qua Hình 6, 7 có thể thấy kết quả khôi phục số liệu chuyển dịch theo phương đứng của điểm giữa nhịp chính và điểm 1 phần 4 nhịp chính bám sát kết quả đo GNSS.



Hình 8. Sai số khôi phục số liệu quan trắc chuyển dịch theo phương đứng cầu

Hình 8 biểu hiện số liệu quan trắc chuyển dịch theo phương đứng (phương Z) điểm giữa nhịp chính và điểm 1 phần 4 nhịp chính cầu dây văng Cần Thơ được phục hồi bằng phương pháp Hampel và ANN có sai số nhỏ. Sai số lớn nhất theo Hampel bằng -0,030 m và theo ANN bằng -0,023 m.

2.3.5. Đánh giá độ chính xác kết quả khôi phục số liệu chuyển dịch cầu dây văng theo phương pháp Hampel và phương pháp ANN

Các giá trị khôi phục số liệu chuyển dịch theo phương đứng tính được bằng Hampel và ANN sẽ được so sánh với giá trị thực tế (các giá trị GNSS đo được) nhằm đánh giá độ chính xác của 2 phương pháp này. Sai số trung phương khôi phục số liệu RMSE và hệ số tương quan được xác định qua công thức (5) và (6), kết quả tính thể hiện trong Bảng 3 và Bảng 4 như sau:

Bảng 3. Kết quả tính RMSE của phương pháp Hampel và phương pháp ANN

Điểm trên cầu	Phương pháp nội suy	RMSE (m)
Giữa nhịp chính	ANN	0,009
	Hampel	0,013
1 phần 4 nhịp chính	ANN	0,008
	Hampel	0,010

Từ bảng trên nhận thấy sai số RMSE của phương pháp Hampel và ANN là rất nhỏ. Tuy nhiên do có sai số RMSE nhỏ hơn nên phương pháp ANN có độ chính xác cao hơn phương pháp Hampel.

Bảng 4. Kết quả tính hệ số tương quan theo số liệu đo, theo số liệu được khôi phục bằng phương pháp Hampel và ANN

Điểm trên cầu	Phương pháp	Hệ số tương quan		
		Nhiệt độ	Đỉnh tháp Bắc	Đỉnh tháp Nam
Phương Z điểm giữa nhịp chính	Số liệu đo	**-0,9082**	**-0,7376**	**0,7469**
	ANN	-0,9000	-0,7521	0,7631
	Hampel	-0,9089	-0,7358	0,7428
Phương Z điểm 1 phần 4 nhịp chính	Số liệu đo	**-0,8832**	**-0,6403**	**0,6622**
	ANN	-0,8897	-0,6587	0,6982
	Hampel	-0,8848	-0,6427	0,6623

Vậy có thể thấy nếu dựa vào hệ số tương quan để so sánh thì phương pháp Hampel và phương pháp ANN có hệ số tương quan gần bằng với kết quả đo thực.

3. Kết luận

Các kết luận được rút ra từ nghiên cứu của bài báo như sau:

- Các nghiên cứu lý thuyết, phân tích tổng quan đã khẳng định khả năng ứng dụng của GNSS và tầm quan trọng của hệ thống này trong quan trắc chuyển dịch tổng quát cầu treo.
- Để nâng cao độ chính xác trong quan trắc chuyển dịch cầu treo, bài báo đã tiến hành nghiên cứu lý thuyết và tính toán thực nghiệm nhằm khôi phục số liệu quan trắc bị mất bằng phương pháp Hampel và

phương pháp ANN. Sai số RMSE và mối tương quan giữa số liệu chuyển dịch theo phương đứng điểm giữa nhịp, điểm 1 phần 4 nhịp chính cầu dây văng với số liệu nhiệt độ không khí, chuyển dịch theo phương X của điểm giữa đỉnh tháp Bắc, tháp Nam được sử dụng để đánh giá kết quả khôi phục. Từ đó thấy rằng phương pháp Hampel và ANN có độ chính xác cao trong việc khôi phục các giá trị quan trắc bị mất và vẫn giữ nguyên xu hướng của dữ liệu theo chuỗi thời gian.

- Do có sai số RMSE lớn hơn nên độ chính xác của phương pháp Hampel thấp hơn so với phương pháp ANN, tuy nhiên hệ số tương quan của Hampel lại sát với số liệu đo hơn ANN nên nó biểu diễn xu hướng của dữ liệu tốt hơn so với ANN. Phương pháp tính toán của Hampel đơn giản hơn ANN và khi tính toán chỉ cần số liệu chuyển dịch của bản thân nó mà không cần phải thu thập và xử lý các số liệu quan trắc khác. Chính vì vậy, cùng với ANN, Hampel cũng là một phương pháp hữu ích, được nhóm tác giả đề xuất sử dụng để khôi phục số liệu quan trắc chuyển dịch GNSS - RTK khi bị mất.

Tài liệu tham khảo

Aguinaldo Bezerra Batista Júnior, Paulo Sérgio da Motta Pires, 2014. An Approach to Outlier Detection and Smoothing Applied to a Trajectography Radar Data. J. Aerosp, Technol. Manag, São José dos Campos, Vol. 6, No 3, pp. 237-248. Doi: 10.5028/jatm.v6i3.325.

Andreas Wieser, Fritz K. Brunner, 2002. Analysis of Bridge Deformations using Continuous GPS Measurements. 2nd Conference of Engineering Surveying, Bratislava, Slovakia, pp. 45-52.

C.W. Kim, M. Kawatani, R. Ozaki and N. Makihata, 2011. Recovering missing data transmitted from a wireless sensor node for vibration-based bridge health monitoring. Structural Engineering and Mechanics, Vol. 38, No 4, pp 417-428. DOI: http://dx.doi.org/10.12989/sem.2011.38.4.417.

Gao Fan, Jun Li, Hong Hao, 2019. Lost data recovery for structural health monitoring based on convolutional neural networks. Structural Health Monitoring. Vol. 26, No 10, pp. 24-33, http: DOI:10.1002/stc.2433.

Hien Van Le, Mayuko Nishio, 2015. Time-series analysis of GPS monitoring data from a long-spanbridge considering the global deformation due to air temperaturechanges. Journal of Civil Structural Health Monitoring, 5, pp. 415-425.

Jihao Ma, Jingpei Dan, 2023. Long-Term Structural State Trend Forecasting Based on an FFT-Informer Model. Appl. Sci, Vol. 13 Issue 4, pp. 25-53, https://doi.org/10.3390/app13042553.

Kai Yuen Wong, King Leung Man, Wai Yee K. Chan, 2001. Application of global positioning system to structural health monitoring of cable-supported bridges. Proc. SPIE, 4337, pp. 390-401.

Nguyễn Thùy Linh, Hồ Thị Lan Hương, Nguyễn Hữu Hưng, Lê Văn Hiến, 2021. Nghiên cứu ứng dụng mạng nơ ron để khôi phục số liệu GNSS trong quan trắc chuyển vị cầu dây văng, Tạp chí Giao thông vận tải, 12/2021 tr. 67-71.

Nippon Koei Co. LTD, Chodai Co, LTD liên doanh với Tedi South, 5/2010. Tóm tắt báo cáo kỹ thuật thiết kế hệ thống quan trắc kết cấu cầu Cần Thơ.

Nguyễn Đình Thúc, 2000. Trí tuệ nhân tạo mạng nơ ron phương pháp và ứng dụng. NXB Giáo dục, Hà Nội, Việt Nam, tr. 233.

Nguyễn Viết Trung, Bùi Xuân Học, 2017. Hệ thống quan trắc cầu dây văng và cầu dây võng. NXB Xây dựng, Hà Nội, Việt Nam, tr 218.

Tinh Duc Le, Hien Van Le, Linh Thuy Nguyen, Thanh Kim Thi Nguyen, Duy Tien Le, 2020. Application of correlation and regression analysis between GPS - RTK and environmental data in processing the monitoring data of cable - stayed, Journal of Mining and Earth Sciences, Vol. 61, Issue 6, pp. 59-72.

Thuy Linh Nguyen, Huu Hung Nguyen, 2020. Application of Artificial Neural Network for recovering GPS - RTK data in the monitoring of cable - stayed bridge deformation, Structural Health Monitoring and Engineering Structure Select proceedings of SHM&ES 2020, Lecture Notes in Civil Engineering, Ho Chi Minh City, Viet Nam, ISBN 978-981-16-0945-9, pp. 63-76. Doi:http://doi.org/10.1007/978-981-16-0945-9.

Tomonori Nagayama, Sung-Han Sim, Yasunori Miyamori, Billie F. Spencer, 2007. Issues in structural health monitoring employing smart sensors. Smart Structures and Systems 3, 3, pp. 299-320, http: DOI: 10.12989/sss.2007.3.3.299.

Nguyễn Cao Văn, Trần Thái Ninh, 2004. Giáo trình lý thuyết xác suất và thống kê toán. In lần thứ 2, NXB Thống kê, Hà Nội, Việt Nam, tr. 66.

Xiaoming Lei, Limin Sun, Ye Xia, 2020. Lost data reconstruction for structural health monitoring using deep convolutional generative adversarial networks. Structural Health Monitoring, Vol. 20, Issue 4, pp. 1-19, http: DOI:10.1177/1475921720959226.

Y.Q. Ni, M. Li, 2016. Wind pressure data reconstruction using neural network techniques: A comparison between BPNN and GRNN. Measurement, Vol. 88, pp. 468-476, https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.04.049.

Yao Z., Xie J., Tian Y., Huang Q., 2019. Using Hampel Identifier to Eliminate Profile-Isolated Outliers in Laser Vision Measurement. Journal of Sensors, Vol. 2019, Article ID 3823691, pp. 1-12, https://doi.org/10.1155/2019/3823691.

ABSTRACT

GNSS-RTK application in cable-stayed bridge displacement monitoring in Vietnam and some problems in processing monitoring data

Nguyen Thuy Linh[1,*], Le Van Hien[1], Le Minh Ngoc[1], Cu Van Linh[2]
[1]*University of Transport and Communications*
[2]*The Government Inspectorate of Vietnam*

The displacement of the suspension bridge is one of the typical manifestations of the bridge response to the effects of external factors such as wind, air temperature, the live load of vehicles,... Large displacement or adverse displacement can cause unsafety for traffic on the bridge, causing negative effects on the structural integrity. Therefore, the monitoring of suspension bridge displacement is very important and necessary. This article provides an overview of some typical applications of GNSS technology in the monitoring system of suspension bridge structures in Vietnam. The requirements and tasks for system design and data acquisition are presented in this study. In addition, the article studies the methods of processing displacement monitoring data to improve the monitoring efficiency during the exploitation and use of suspension bridges in Vietnam.

Keywords: Global Navigation Satellite System (GNSS), bridge structure health monitoring system (SHM), cable-stayed bridge, displacement monitoring.

Thực trạng và giải pháp hoàn thiện pháp luật về giá đất, cơ chế vận hành, khai thác cơ sở dữ liệu giá đất

Nguyễn Thị Dung*, Nguyễn Thế Công, Trần Xuân Miễn
Nhóm nghiên cứu Quản lý đất đai và Công nghệ địa chính phục vụ phát triển bền vững
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Giá đất trước hết là căn cứ quan trọng để nhà nước thực hiện quyền kinh tế của chủ sở hữu, bởi thông qua nó các khoản thu ngân sách từ đất đai mới có thể được xác định một cách cụ thể. Đối với các chủ thể kinh doanh, giá đất là cơ sở để xác định chi phí đầu vào, từ đó quyết định giá thành sản xuất và giá cả hàng hóa bán ra thị trường. Chính vì vậy hoàn thiện cơ chế, chính sách tài chính về đất đai, cơ chế xác định giá đất theo đúng tinh thần Nghị quyết số 18-NQ/TW Hội nghị lần thứ năm Ban chấp hành Trung ương Đảng khóa XIII ngày 16/6/2022 có ý nghĩa rất quan trọng đối với thị trường quyền sử dụng đất, thị trường bất động sản nói riêng và toàn bộ đời sống kinh tế - xã hội nói chung. Nội dung và mục tiêu của bài báo này là hệ thống hóa các quy phạm pháp luật hiện hành về giá đất, về cơ sở dữ liệu giá đất. Từ các yêu cầu của thực tiễn, với các phương pháp nghiên cứu phù hợp, bài báo đi sâu phân tích, đánh giá và chỉ rõ những vấn đề đang kìm hãm các nguồn lực cho sự phát triển, gây khó khăn cho người dân, doanh nghiệp. Trên cơ sở đó, bài báo đã đề xuất một số giải pháp nhằm hoàn thiện pháp luật về giá đất, các giải pháp xây dựng cơ sở dữ liệu giá đất.

Từ khóa: Cơ sở dữ liệu giá đất, giá đất, pháp luật đất đai.

1. Đặt vấn đề

Cũng như các hàng hóa khác, giá đất là nơi gặp nhau giữa cung và cầu về đất đai. Tuy nhiên, khác với các hàng hóa khác, cung về đất đai mang tính cố định cao và khó điều chỉnh bởi đất đai là một yếu tố hữu hạn và con người không làm ra được đất đai, trong khi đó cầu về đất đai luôn có xu hướng gia tăng do áp lực về dân số và nhu cầu về đất đai ngày càng đa dạng hơn.

Giá đất cần thể hiện đúng thước đo giá trị tài sản và là một công cụ vĩ mô phân phối nguồn lực tài chính giữa Nhà nước và người sử dụng đất. Nếu giá đất do Nhà nước đưa ra quá thấp, người dân không chấp thuận, tất yếu sẽ dẫn đến các khiếu nại, tố cáo, tranh chấp đất đai, không chịu di dời khỏi mảnh đất bị thu hồi… gây ra những hậu quả phải tốn nhiều thời gian, nhân lực và tiền bạc để giải quyết.

Trong lĩnh vực giá đất vẫn còn một số tồn tại như: Quy định về phương pháp định giá đất chưa phù hợp thực tiễn có thể kể đến phương pháp định giá đất theo hệ số điều chỉnh giá đất (không phản ánh được các yếu tố hình thành giá đất); một số loại đất, khu vực không có thông tin về giá đất chuyển nhượng trên thị trường hoặc nơi có thị trường nhưng thông tin giá đất thị trường độ tin cậy không cao gây khó khăn trong việc định giá đất (người dân thường kê khai giá chuyển nhượng thấp hơn giá thực tế để giảm thuế thu nhập cá nhân khi chuyển nhượng quyền sử dụng đất); chưa có dữ liệu về giá đất thị trường để thuận lợi cho thực hiện xác định giá đất (Bùi Thị Cẩm Ngọc, 2021).

Việc xác định khung giá đất và phương pháp định giá đất chưa đảm bảo nguyên tắc phù hợp với giá phổ biến trên thị trường. Khung giá đất, cũng như bảng giá đất tại nhiều tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương hiện nay chưa theo kịp được diễn biến giá đất thực tế trên thị trường. Giá đất chuyển nhượng trên thị trường có sự chênh lệch lớn so với khung giá đất, nhất là các khu vực trung tâm đô thị lớn, giá đất tại một số vị trí, địa điểm đặc biệt có sự khác biệt rất lớn với mặt bằng chung mức giá trên địa bàn,... Trong thời gian qua việc chuyển nhượng, chuyển mục đích sử dụng đất không thông qua đấu giá (nhất là các khu đất có giá trị đặc biệt lớn ở các thành phố lớn) còn nhiều bất cập mà nguyên nhân chủ yếu do việc xác định giá đất cụ thể thấp hơn so với thị trường gây thất thu ngân sách nhà nước.

* *Tác giả liên hệ*
Email: nguyenthidung@humg.edu.vn

Trong giai đoạn hiện nay, việc đẩy nhanh tiến độ xây dựng cơ sở dữ liệu (CSDL) đất đai nói chung, CSDL giá đất nói riêng là rất cần thiết nhằm nâng cao chất lượng phục vụ người dân, doanh nghiệp, cũng như việc quản lý giá đất của nhà nước. Đây là giải pháp có ý nghĩa quan trọng, là cơ sở và căn cứ cho việc xác định giá đất một cách đúng đắn, giúp cho việc minh bạch hóa thông tin về giá đất.

Các thông tin về giá đất hầu như đều được tích hợp trong cơ sở dữ liệu đất đai và đều hướng tới việc triển khai, phát triển hệ thống thông tin đất đai trên nền tảng công nghệ WebGIS. Để có được hệ thống hoàn thiện thì các thông tin về đất đai và thông tin về giá đất đều được thu thập một cách tương đối đầy đủ, lưu trữ trong cơ sở dữ liệu, có các mốc thời gian để có thể so sánh, đối chiếu hoặc phân tích xu hướng. Ở Việt Nam khi nền kinh tế chuyển hẳn sang cơ chế thị trường thì hoạt động định giá mới bắt đầu vận hành theo đúng chức năng của nó. Định giá đất ngoài việc phục vụ cho việc xác định các nghĩa vụ tài chính đất đai theo quy định pháp luật, như tính thuế, tiền sử dụng đất và giá bồi thường,… mà còn giúp cho việc hoàn thiện tốt hệ thống quản lý đất đai. Công tác định giá đất đã thực hiện trong thời gian trước đây sử dụng phương pháp thủ công hoặc bán tự động (sử dụng một số chương trình như Excel, SPS,...) để lưu trữ, xử lý các số liệu thu thập được nên mất rất nhiều công sức và thời gian của các cán bộ tham gia định giá (Nguyễn Trọng Trường Sơn, 2019). Để hỗ trợ cho công tác định giá và ứng dụng công nghệ thông tin trong việc lưu trữ, xử lý và tính toán các số liệu trong quy trình định giá đất, nảy sinh nhu cầu thiết kế một hệ thống định giá đất trên máy tính nhằm tự động hóa một số bước và hỗ trợ cho các nhà quản lý trong quá trình thực hiện công tác định giá đất và bất động sản. Từ phía nhà nước việc xây dựng hệ thống thông tin giá đất được đặt ra là một nội dung của hệ thống thông tin đất đai cần thực hiện trong thời gian tới đây của ngành Tài nguyên và Môi trường ở trung ương cũng như tại các địa phương.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Dữ liệu và phương pháp điều tra thu thập tài liệu, số liệu

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; dịch vụ hành chính công và ứng dụng công nghệ thông tin và xây dựng cơ sở dữ liệu đất đai. Các tài liệu được thu thập tại các cơ quan như Bộ Tài nguyên và Môi trường, các địa phương (thông qua các cổng thông tin điện tử).

Các văn bản về tài chính đất đai, giá đất và CSDL giá đất từ khi có Luật Đất đai 2013 đến nay sử dụng trong nghiên cứu này như: (i) Luật Đất đai năm 2013 và các luật khác có liên quan đến giá đất, CSDL giá đất; (ii) Các văn bản của Chính phủ như: Chỉ thị số 01/CT-TTg ngày 03/01/2018 của Thủ tướng Chính phủ; Nghị quyết số 07/NQ-CP ngày 22/01/2014, Nghị quyết số 17/NQ-CP ngày 07/3/2019 của Chính phủ, Nghị định số 44/2014/NĐ-CP ngày 15/5/2014 ,…; (iii) Các Thông tư, Hướng dẫn của các Bộ, ngành có liên quan như: Thông tư số 36/2014/TT-BTNMT ngày 30/6/2014, Thông tư số 75/2015/TT-BTNMT ngày 28/12/2015, Thông tư số 05/2017/TT-BTNMT ngày 25/4/2017 của Bộ Tài nguyên và Môi trường,…

Ngoài ra, nghiên cứu này còn sử dụng các báo cáo, đánh giá của Bộ Tài nguyên và Môi trường (2022) và của một số một địa phương, cơ quan khác.

2.2. 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. Trong đó tập trung đi sâu phân tích, đánh giá thực trạng về các loại giá đất, cơ chế áp dụng giá đất tại các địa phương; thực trạng xây dựng và hoàn thiện cơ sở dữ liệu giá đất, hoàn thiện pháp luật về giá đất.

3. Các quy định về giá đất

3.1. Cơ sở về giá đất

Về phương diện hành chính, giá đất do nhà nước xác định (giá nhà nước) qua các cấp độ: khung giá đất (do Chính phủ ban hành định kỳ 05 năm), bảng giá đất (do Ủy ban nhân dân của 63 tỉnh, thành phố trực thuộc trung ương ban hành định kỳ 05 năm dựa trên khung giá do Chính phủ ban hành và thông tin giá đất thị trường, các yếu tố tự nhiên, kinh tế, xã hội của địa phương) và giá đất cụ thể (quyết định trong từng trường hợp, mang tính cá biệt). Bên cạnh đó, sự tồn tại của giá đất thị trường được hình thành từ các giao dịch của người sử dụng đất trên nguyên tắc tự do, bình đẳng, thỏa thuận. Do đất đai mang tính cụ thể

cao nên giá giao dịch trên thị trường của mỗi thửa đất có sự khác biệt nhất định. Theo quy định của khoản 3, Điều 3, Nghị định số 44, "giá đất phổ biến trên thị trường là mức giá xuất hiện với tần suất nhiều nhất trong các giao dịch đã chuyển nhượng trên thị trường, trúng đấu giá quyền sử dụng đất, giá đất xác định từ chi phí, thu nhập của các thửa đất có cùng mục đích sử dụng tại một khu vực và trong một khoảng thời gian nhất định".

Như vậy, ở nước ta hiện nay tồn tại hai giá đất: giá nhà nước và giá thị trường. Việc tồn tại hai giá đất là một tất yếu khách quan và Nhà nước sẽ định hướng giá đất theo một trong các cơ chế sau: (1) Bám sát giá đất thị trường theo hướng "nước nổi, bèo nổi"; (2) Bám sát giá đất thị trường nhưng giá đất nhà nước quy định luôn giữ một khoảng cách nhất định với giá thị trường (cơ chế thị trường có định hướng của nhà nước); (3) Phục vụ chính sách quản lý của nhà nước và thoát ly giá đất thị trường. Có thể nhận thấy rằng, ngay từ khi bắt đầu quy định về giá đất đến nay, pháp luật đất đai luôn xác định quản lý theo cơ chế thị trường có định hướng của nhà nước với nguyên tắc xuyên suốt trong định giá đất là giá đất phải sát/phù hợp với giá đất thị trường. Nhưng thực tiễn vẫn tồn tại sự chênh lệch lớn giữa giá đất nhà nước so với giá đất thị trường.

- *Về giá nhà nước*

+ Khung giá đất:

Nhà nước quy định khung giá đất, nhằm mục đích quản lý giá đất trên toàn bộ thị trường; làm căn cứ để đưa ra bảng giá đất của các địa phương; xác định nghĩa vụ tài chính liên quan đến đất đai. Khung giá đất buộc các địa phương tuân thủ, không được quy định ngoài khung.

Luật Đất đai 2013 quy định giá đất trong khung phải ngang bằng với giá thị trường, nhưng trên thực tế chỉ bằng khoảng 30-70 % giá thị trường, kể cả đất nông nghiệp hoặc phi nông nghiệp. Còn riêng đối với đất tại đô thị thì chỉ bằng 30 % giá đất thị trường (Ngô Long và Ngô Trí Trung, 2022).

Khung giá đất chưa phù hợp với khung giá thị trường bởi quy định pháp luật vẫn còn chưa hợp lý, khó áp dụng trên thực tế. Do chỉ có 3 vùng giá đất và "Ủy ban nhân dân cấp tỉnh quyết định giá đất cụ thể" (khoản 3, Điều 114, Luật Đất đai 2013), mỗi địa phương vận dụng một cách khác nhau nên rất khó thực hiện được quy định tại khoản 1, Điều 114, Luật Đất đai 2013, cụ thể: "trường hợp có chênh lệch lớn về giá đất giáp ranh giữa các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương thì báo cáo Thủ tướng Chính phủ quyết định".

Theo quy định khung giá đất áp dụng trong thời gian 5 năm, khi giá đất biến động quá 20 %, thì điều chỉnh, không có biến động thì thôi thay vì thay đổi hằng năm như trước gây mất thời gian. Thực tế từ khi ban hành luật đến nay, khung giá đất của Chính phủ chưa hề thay đổi lần nào dù giá nhà đất liên tục biến động (Ngô Long và Ngô Trí Trung, 2022).

Từ thực trạng trên cho thấy khung giá đất là vật cản trở cho sự phát triển thị trường bất động sản, không phải là một cơ chế tốt cho phát triển thị trường này, gây ra rất nhiều hệ lụy, tác động xấu.

+ Bảng giá đất:

Theo quy định Luật Đất đai 2013, Chính phủ ban hành khung giá đất và đây là căn cứ để UBND các tỉnh, thành ban hành bảng giá đất áp dụng cho từng địa phương. Bảng giá đất được sử dụng để tính thuế sử dụng đất, tính phí và lệ phí, tính giá trị quyền sử dụng đất.

Khung giá đất hiện nay là cơ sở để các địa phương thực hiện xây dựng bảng giá đất. Do khung giá đất hiện nay thấp xa so với giá thị trường nên bảng giá đất cũng chưa tiệm cận với giá thị trường. Việc bảng giá đất của nhà nước thấp hơn rất nhiều so với giá thị trường đã dẫn đến hệ lụy như giá đất ghi trên hợp đồng mua bán thấp hơn bảng giá của Nhà nước để tránh thuế. Hiện nay, giá đất do Nhà nước quy định luôn thấp hơn rất nhiều so với giá thị trường. Một số nơi thuộc Hà Nội và TP. HCM, giá đất đã lên tới 1,3 đến 1,4 tỷ đồng mỗi m^2 nhưng khung giá đất của Nhà nước cao nhất vẫn chỉ là 162 triệu đồng/1 m^2.

Bên cạnh đó, toàn bộ quy trình định giá đất đều do cơ quan hành chính nhà nước thực hiện. Mặc dù Điều 115 và Điều 116, Luật Đất đai 2013 có quy định về việc tư vấn giá đất nhưng cũng chưa có quy định bảo đảm cho tổ chức tư vấn giá đất thực sự có vị trí độc lập. Do đó, giá đất mang nặng tính "áp đặt". Có thể nói tất cả các trường hợp (gần như tuyệt đối) giá đất đều thấp xa so với giá thị trường ở mọi thời điểm.

Việc xác định khung giá đất ảnh hưởng trực tiếp đến việc xác định bảng giá đất, giá đất cụ thể, nên khi xác định khung giá đất không hợp lý sẽ gián tiếp để lại những hệ lụy khác. Giá đất thấp hơn nhiều so với giá đất thị trường thực tế sẽ dẫn tới việc khai ít hơn giá trị thật của đất trong hợp đồng chuyển nhượng mua bán quyền sử dụng đất, để giảm thiểu nghĩa vụ thuế với Nhà nước (Nguyễn Thanh Hà, 2021).

+ Giá đất cụ thể:

Theo quy định của Điều 18 Nghị định số 44, giá đất cụ thể được xác định như sau:

- *Thứ nhất*, giá đất cụ thể được xác định theo phương pháp hệ số điều chỉnh giá (Ủy ban nhân dân cấp tỉnh quyết định một hệ số nhân với giá đất trong bảng giá đất) đối với các trường hợp tại khoản 2, Điều 18, Nghị định số 44: (1) Các trường hợp quy định tại các điểm a, b, c và d khoản 4, Điều 114, khoản 2, Điều 172 và khoản 3, Điều 189 của Luật Đất đai, xác định giá đất để làm giá khởi điểm đấu giá quyền sử dụng đất khi Nhà nước giao đất có thu tiền sử dụng đất, cho thuê đất thu tiền thuê đất một lần cho cả thời gian thuê mà thửa đất hoặc khu đất của dự án có giá trị (tính theo giá đất trong bảng giá đất) dưới 30 tỷ đồng đối với các thành phố trực thuộc trung ương; dưới 10 tỷ đồng đối với các tỉnh miền núi, vùng cao; dưới 20 tỷ đồng đối với các tỉnh còn lại; xác định giá đất để làm căn cứ tính tiền thuê đất khi Nhà nước cho thuê đất thu tiền thuê đất hàng năm mà phải xác định lại đơn giá thuê đất để điều chỉnh cho chu kỳ tiếp theo; xác định giá đất để làm cơ sở xác định giá khởi điểm đấu giá quyền sử dụng đất khi Nhà nước cho thuê đất thu tiền thuê đất hàng năm; (2) Trường hợp quy định tại điểm đ khoản 4 Điều 114 của Luật Đất đai đối với dự án có các thửa đất liền kề nhau, có cùng mục đích sử dụng, khả năng sinh lợi và thu nhập từ việc sử dụng đất tương tự nhau hoặc trường hợp tại khu vực thu hồi đất không bảo đảm yêu cầu về thông tin để áp dụng các phương pháp định giá đất quy định tại các khoản 1, 2, 3 và 4, Điều 4 của Nghị định này để xác định giá đất cụ thể của từng thửa đất.

- *Thứ hai*, giá đất cụ thể được xác định dựa vào thông tin thu thập trên thị trường thông tin thửa đất để áp dụng các phương pháp định giá đất tại khoản 1, 2, 3, 4, Điều 4, Nghị định số 44 (đó là các phương pháp định giá đất: so sánh trực tiếp, chiết trừ, thu nhập và thặng dư, việc áp dụng các phương pháp này hoàn toàn độc lập với bảng giá đất). Phương thức này được áp dụng đối với việc xác định giá đất cụ thể không thuộc các trường hợp tại khoản 2, Điều 18, Nghị định số 44.

Việc thừa nhận và quy định về giá đất của nhà nước chính là cơ sở pháp lý cho sự tồn tại các quan hệ hàng hóa quyền sử dụng đất và thị trường bất động sản. Thực tế hiện nay các đơn vị tư vấn hoặc các cơ quan nhà nước mới chỉ có các hệ thống dữ liệu về giá đất một cách rời rạc, chưa được tổng hợp, cập nhật thường xuyên, chưa đảm bảo độ tin cậy để đáp ứng được các nhu cầu của xã hội, người dân cũng như các cơ quan quản lý nhà nước. Khó khăn trong việc xây dựng cơ sở dữ liệu giá đất đến từ cả các nguyên nhân chủ quan lẫn khách quan như sự thay đổi liên tục của thị trường đất đai, tính chất phức tạp của loại hàng hóa cũng như việc thu thập, khảo sát thông tin về giá đất tại Việt Nam vẫn chỉ qua các phương thức truyền thống như khảo sát đơn thuần mà chưa đảm bảo được các bằng chứng khảo sát hoặc các văn bản của các đơn vị tư vấn,... để tăng độ tin cậy.

Trình tự, thủ tục xác định giá đất còn phức tạp, tốn thời gian và chi phí. Tại khoản 3, Điều 114, Luật Đất đai năm 2013 và Điều 16, Nghị định số 44/2014/NĐ-CP, việc quyết định giá đất cụ thể được thực hiện qua nhiều khâu, nhiều ban/ngành, cụ thể: Cơ quan quản lý đất đai cấp tỉnh có trách nhiệm giúp UBND cấp tỉnh tổ chức việc xác định giá đất cụ thể chuyển Hội đồng Thẩm định giá đất thực hiện thẩm định. Trên cơ sở kết quả thẩm định, cơ quan quản lý đất đai cấp tỉnh hoàn thiện trình UBND cấp tỉnh quyết định giá đất cụ thể. Theo đánh giá việc thực hiện xác định giá đất cụ thể quy định như trên đôi khi gây khó khăn cho các cơ quan, tổ chức liên quan, cũng như kéo dài thời gian thực hiện.

Đồng thời trong chính sách giá đất quy định căn cứ để cơ quan tài nguyên môi trường xác định giá đất là dựa vào kết quả tư vấn xác định định giá đất; như vậy gần như phụ thuộc vào trình độ, năng lực của tư vấn xác định giá đất nhưng chưa có chế tài đủ mạnh để xử lý hành vi sai phạm trong việc tư vấn xác định giá đất (Ngô Long và Ngô Trí Trung, 2022).

- Giá đất thị trường:

Giá đất thị trường là giá hình thành thông qua các hoạt động của thị trường, không phụ thuộc vào giá của Nhà nước, bao gồm: giá hình thành do các giao dịch trên thị trường, giá hình thành do đấu giá QSDĐ.

+ Được hình thành từ các giao dịch thực tế đã hình thành.

+ Mang tính phổ biến giữa những người chuyển nhượng và người nhận chuyển nhượng trong điều kiện thương mại bình thường.

+ Không chịu tác động của các yếu tố gây tăng hoặc giảm giá đột biến, không hợp lý (đầu cơ, thiên tai, khủng hoảng kinh tế,…).

Như vậy, ở nước ta hiện nay tồn tại hai giá đất: giá nhà nước và giá thị trường. Việc tồn tại hai giá đất là một tất yếu khách quan và Nhà nước định hướng giá đất theo hướng sát với giá đất thị trường. Nhưng thực tiễn vẫn tồn tại sự chênh lệch lớn giữa giá đất nhà nước so với giá thị trường.

3.2. Cơ chế áp dụng giá đất

Chính sách về khung giá đất có tác động trực tiếp đến phát triển kinh tế - xã hội, thu hút đầu tư, bồi thường, giải phóng mặt bằng nhất là tại các dự án đang triển khai việc thu hồi đất, nghĩa vụ tài chính của người sử dụng đất. Khung giá đất được sử dụng làm căn cứ để ủy ban nhân dân các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương xây dựng, điều chỉnh bảng giá đất tại địa phương. Căn cứ nguyên tắc, phương pháp định giá đất và khung giá đất, Ủy ban nhân dân cấp tỉnh xây dựng và trình Hội đồng nhân dân cùng cấp thông qua bảng giá đất trước khi ban hành. Bảng giá đất được xây dựng định kỳ 5 năm một lần và công bố công khai vào ngày 01/01 của năm đầu kỳ.

Bảng giá đất của các địa phương được ban hành về mặt hình thức và nhìn chung sát hơn với giá chuyển nhượng thực tế trên thị trường. Tuy nhiên, đến thời điểm hiện tại bảng giá đất tại các địa phương đã bộc lộ nhiều bất cập, chưa đáp ứng kịp nhu cầu ngày càng phát triển của xã hội và yêu cầu của cơ quan quản lý hành chính Nhà nước. Đến nay các địa phương chưa có một hệ thống định giá đất với cơ sở dữ liệu giá các loại đất và các yếu tố liên quan để làm căn cứ cho việc so sánh và phân tích xác định giá đất hàng loạt và cụ thể. Vì vậy, khi định giá đất phải thực hiện điều tra thu thập thông tin về giá chuyển nhượng và các đặc điểm của thửa đất trực tiếp từ những người chuyển nhượng đất, kết quả thu được không có độ chính xác vì những lý do khách quan và chủ quan khác nhau, thông tin giá đất thu thập được cũng không có căn cứ pháp lý rõ ràng (Nguyễn Trọng Trường Sơn, 2019).

Giá đất cụ thể để áp dụng trong việc bồi thường là một phần quan trọng của chính sách tài chính về đất đai, điều tiết hài hòa lợi ích giữa Nhà nước với vai trò là đại diện chủ sở hữu và người sử dụng đất. Tuy nhiên, quy trình xác định giá đất theo hướng dẫn tại các thông tư, nghị định hiện nay thực hiện còn nhiều vướng mắc, chưa phù hợp với thực tế. Việc định giá đất được thực hiện theo quy định tại khoản 1, Điều 114, Luật Đất đai: "Căn cứ nguyên tắc, phương pháp định giá đất và khung giá đất, ủy ban nhân dân cấp tỉnh xây dựng và trình hội đồng nhân dân cùng cấp thông qua bảng giá đất trước khi ban hành. Bảng giá đất được xây dựng định kỳ 05 năm một lần". Đây là những điểm tích cực trong cơ chế định giá đất của Nhà nước, thể hiện sự định mức và phân loại trong các chính sách tài chính đất đai.

4. Xây dựng cơ sở dữ liệu giá đất tại Việt Nam

Cơ sở dữ liệu giá đất giúp các nhà quản lý đất đai thực hiện lưu trữ thông tin giá đất, đáp ứng yêu cầu công tác quản lý cũng như nhu cầu của người sử dụng đất, xác định nghĩa vụ tài chính liên quan đến các khoản thu tài chính về đất đai, hỗ trợ tra cứu thông tin về giá đất trên internet.

Hiện nay, các dữ liệu về giá đất chưa được các địa phương tổ chức xây dựng, quản lý, cập nhật cho tương xứng với giá trị và tầm quan trọng của nó. Dữ liệu giá đất chưa được cập nhật để phục vụ các mục đích sử dụng, tạo nguồn thông tin tin cậy cho hoạt động quản lý và ra quyết định của các cấp quản lý; cũng như đáp ứng nhu cầu của tổ chức, người dân.

Nhằm hiện đại hóa ngành quản lý đất đai, hướng tới xây dựng hệ thống quản lý đất đai hiện đại, minh bạch, hiệu quả, trong những năm qua, Chính phủ, Thủ tướng Chính phủ đã chỉ đạo thực hiện nhiều nhiệm vụ, giải pháp để xây dựng hệ thống thông tin đất đai, cơ sở dữ liệu đất đai thống nhất trên phạm vi cả nước, phục vụ đa mục tiêu. Cùng với đó đẩy mạnh ứng dụng công nghệ thông tin trong việc thực hiện các thủ tục hành chính về đất đai, từng bước triển khai thực hiện giao dịch điện tử trong lĩnh vực đất đai để nâng cao chất lượng giải quyết thủ tục hành chính phục vụ người dân, doanh nghiệp.

Theo Báo cáo thuyết minh Nhiệm vụ khoa học và công nghệ cấp Bộ - Nghiên cứu, đề xuất cơ chế vận hành và khai thác hiệu quả cơ sở dữ liệu giá đất thuộc hệ thống cơ sở dữ liệu đất đai (Bùi Thị Cẩm Ngọc,

2018), kết quả đạt được của một số đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ liên quan đến cơ sở dữ liệu giá đất:

(1) Nghiên cứu của Nguyễn Phi Sơn (2015) thuộc đề tài NCKH cấp Bộ "Nghiên cứu phương pháp xây dựng bản đồ vùng giá trị đất khu vực đất phi nông nghiệp ở đô thị bằng mô hình thống kê và công nghệ GIS" nghiên cứu ứng dụng mô hình thống kê và công nghệ GIS trong xây dựng vùng giá trị đất phi nông nghiệp đối với khu vực đô thị. Trong đó, vùng giá đất được coi là một phạm trù kinh tế, được ứng dụng trong các bài toán liên quan đến quy hoạch, đánh giá tiềm năng khu vực, dự báo kinh tế. Nghiên cứu đề cập với lý thuyết, cách tiếp cận và đưa ra những quan điểm làm sang tỏ khái niệm giá trị đất góp phần giải quyết các mối quan hệ cơ bản trong định giá bất động sản, tạo nền tảng cho việc định giá đất đến từng thửa,… Các kết quả nghiên cứu bao gồm xây dựng quy trình tự động thành lập bản đồ vùng giá đất, khu vực đất phi nông nghiệp ở đô thị bằng mô hình thống kê và công nghệ GIS.

(2) Nghiên cứu của Trịnh Hữu Liên (2010) thuộc đề tài NCKH cấp Bộ "Nghiên cứu cơ sở khoa học và phương pháp xây dựng vùng giá trị đất", với mục tiêu "Đề xuất phương pháp và quy trình định giá đất dựa trên cơ sở sử dụng bản đồ địa chính và hệ thống thông tin địa lý thông qua công tác xây dựng vùng giá trị đất (giới hạn ở nhóm đất phi nông nghiệp tại khu vực đô thị)" đã giới thiệu cơ sở lý thuyết của vùng giá trị đất.

(3) Cục kinh tế và Phát triển quỹ đất - Tổng cục Quản lý đất đai (2011) triển khai thực hiện Dự án "Xây dựng, thử nghiệm mô hình lập bản đồ giá đất" từ 2011 đến 2013 trong đó bản đồ vùng giá trị đất được xây dựng như một sản phẩm chính của dự án phục vụ định giá đất chi tiết đến từng thửa.

(4) Đề tài khoa học công nghệ cấp bộ "Nghiên cứu phương pháp định giá đất hàng loạt dựa trên ứng dụng kỹ thuật CAMA và cơ sở dữ liệu địa chính tại Việt Nam" do TS. Phạm Anh Tuấn (2016) thực hiện. Đề tài nghiên cứu chỉ ra việc định giá hàng loạt các thửa đất được thực hiện dưới sự hỗ trợ của hệ thông tin địa lý GIS (Geographic Information System) đã được nhiều nước phát triển đã sử dụng, kỹ thuật thẩm định giá hàng loạt này được hỗ trợ của máy tính CAMA (Computer Assisted Mass Appraisal).

Dự án tăng cường quản lý đất đai và cơ sở dữ liệu đất đai (Dự án VILG-Nguồn vốn vay WB) đang được triển kai với các nội dung chính bao gồm: Triển khai hệ thống thông tin đất đai đa mục tiêu (MPLIS): Thiết lập Trung tâm dữ liệu đất đai để vận hành theo mô hình CSDL đất đai tập trung, thống nhất; Thuê đường truyền dữ liệu; Cung cấp phần mềm để quản lý vận hành hệ thống; Triển khai vận hành hệ thống (bao gồm vận hành thử, đào tạo, chuyển giao công nghệ và quản lý hệ thống, hỗ trợ kỹ thuật) trên phạm vi cả nước; Dự án được triển khai xây dựng CSDL đất đai trên phạm vi 33 tỉnh, thành phố trực thuộc trung ương bao gồm xây dựng mới CSDL đất đai gồm 4 thành phần: CSDL địa chính, CSDL quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất, CSDL giá đất và CSDL thống kê, kiểm kê đối với các huyện chưa có CSDL; Chuẩn hóa, chuyển đổi vào hệ thống và xây dựng bổ sung 3 CSDL thành phần (CSDL quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất, CSDL giá đất và CSDL thống kê, kiểm kê) đối với các huyện đã xây dựng CSDL địa chính trước đây (Trường Giang, 2021).

Với sự hỗ trợ tích cực từ các bộ, ngành Trung ương, 4 tỉnh, thành phố tham gia dự án (Đà Nẵng, Bắc Ninh, Vĩnh Phúc, Cần Thơ) và các chuyên gia Hàn Quốc, Bộ Tài nguyên & Môi trường, Tổng cục Quản lý đất đai đã tập trung chỉ đạo đưa ra nhiều giải pháp đẩy nhanh tiến độ thực hiện dự án. Đến nay đã xây dựng phương pháp, mô hình định giá đất và quy trình định giá đất hàng loạt phù hợp với Việt Nam. Bên cạnh đó, đã xây dựng dự thảo Chiến lược và lộ trình phát triển định giá đất ở Việt Nam; thiết kế và xây dựng hệ thống thông tin giá đất trên cơ sở VietLIS và tích hợp tại địa bàn triển khai dự án; tăng năng lực về định giá đất, hệ thống thông tin giá đất, dự án đã mang lại hiệu quả kinh tế - xã hội cho các ngành và các địa phương trực tiếp tham gia dự án. Do định giá đất và xây dựng cơ sở dữ liệu giá đất ở Việt Nam còn hạn chế nên sự hỗ trợ của dự án trong việc tăng cường năng lực định giá đất và hệ thống thông tin giá đất dựa trên VietLIS đã từng bước nâng cao năng lực định giá đất của các cơ quan quản lý về giá đất. Dự án đã góp phần xây dựng mô hình định giá đất hiện đại và hệ thống thông tin giá đất đáp ứng yêu cầu quản lý về đất đai. Đồng thời góp phần công khai minh bạch thị trường bất động sản, phát huy nguồn lực từ đất đai và đáp ứng nhu cầu của người dân. Đặc biệt, dự án đã chuyển giao cho Việt Nam phương pháp, mô hình, quy trình định giá đất mới, đó là phương pháp định giá đất hàng loạt cùng với chiến lược phát triển định giá đất Việt Nam để xem xét, làm căn cứ xây dựng, hoàn thiện các văn bản pháp luật (như sửa đổi Luật Đất đai 2013 và các văn bản dưới luật) trong thời gian tới, hướng dẫn địa phương xây dựng bảng giá đất theo mô hình mới (vùng giá trị, giá đất chuẩn và định giá đất hàng loạt) (Nhĩ Anh, 2020).

5. Một số giải pháp hoàn thiện pháp luật về giá đất

Ngày 16/6/2022, Ban Chấp hành Trung ương Đảng đã ban hành Nghị quyết Hội nghị Trung ương 5 khóa XIII về "Tiếp tục đổi mới, hoàn thiện thể chế, chính sách, nâng cao hiệu lực, hiệu quả quản lý và sử dụng đất, tạo động lực đưa nước ta trở thành nước phát triển có thu nhập cao". Trong đó, đưa ra hàng loạt định hướng mới trong quản lý, sử dụng đất đai.

Để hoàn thiện cơ chế xác định giá đất, Nghị quyết Trung ương có nêu: Bỏ khung giá đất, có cơ chế, phương pháp xác định giá đất theo nguyên tắc thị trường, quy định chức năng, nhiệm vụ và trách nhiệm của cơ quan có nhiệm vụ xác định giá đất.

Bên cạnh yêu cầu "Bỏ khung giá đất", có cơ chế, phương pháp xác định giá đất theo nguyên tắc thị trường thì Nghị quyết 18 cũng xác định cần bổ sung, hoàn thiện các quy định bảo đảm công khai, minh bạch như: Công khai giá đất, bắt buộc giao dịch qua các sàn giao dịch, thanh toán qua ngân hàng, không dùng tiền mặt; xử lý nghiêm các vi phạm,... Nghị quyết 18-NQ/TW khẳng định việc bỏ khung giá đất là nhằm nâng cao tính thương mại hóa của quyền sử dụng đất.

Hệ thống định giá đất cần được đổi mới toàn diện, sao cho giá đất của Nhà nước quy định phải phù hợp với giá đất trên thị trường, cần xem xét, hoàn thiện đổi mới: phương pháp định giá đất cụ thể; phương pháp định giá hàng loạt - đặc biệt khắc phục những tồn tại yếu tố đầu vào của định giá đất; phương thức quản lý giá đất dựa trên đăng ký giá đất; hoàn thiện hệ thống tổ chức định giá đất.

Thứ nhất, thống nhất việc quy định về giá đất trong một luật giá để tránh chồng chéo, thiếu thống nhất trong áp dụng. Không nên quy định về khung giá đất, bảng giá đất của Nhà nước mà chỉ quy định một loại giá đất thực tế do UBND cấp tỉnh xác định theo quy định của pháp luật, phù hợp với giá thị trường. Đối với những đối tượng chính sách, yếu thế cần thiết phải phải hỗ trợ, ưu tiên, ưu đãi hoặc những trường hợp do điều kiện lịch sử để lại thì quy định riêng (Nguyễn Uyên Minh, 2021).

Xây dựng các nguyên tắc bảo đảm sự thống nhất trong việc định giá có các mục đích khác nhau. Cần thống nhất về nguyên tắc, phương pháp khi định giá đất; xác định thời điểm cụ thể định giá đất theo từng mục đích. Tăng cường cơ chế kiểm tra, giám sát quy trình định giá đất, tính công khai trong quá trình định giá; cơ chế xử lý các trường hợp định giá thiếu khách quan, thiếu trung thực.

Thứ hai, xây dựng hệ thống thông tin dữ liệu định giá đất phải thường xuyên cập nhật sự biến động giá đất trong cả nước và theo vùng, miền, địa phương để làm cơ sở thực tiễn, làm căn cứ khoa học cho mỗi lần xây dựng lại (điều chỉnh) khung giá đất, tránh tình trạng ước lệ. Vấn đề xác định thông tin minh bạch về giá thị trường của các giao dịch mua bán đất thành công là một công việc có ý nghĩa vô cùng quan trọng giúp cho việc xây dựng cơ sở dữ liệu, là căn cứ chủ yếu giúp cho việc xác định giá đất một cách đúng đắn.

Ứng dụng công nghệ vào xác định giá đất, tới từng thửa đất, thực hiện đăng ký giá đất, xây dựng cơ sở dữ liệu về giá đất, khung giá đất, bảng giá đất, giá đất đấu giá, giá đất đấu thầu, giá đất bồi thường, giá đất tái định cư, giá đất cụ thể, giá đất giao dịch thực tế và giá đất đăng ký làm cơ sở cho công tác quản lý Nhà nước về giá đất, từng bước đổi mới phương pháp xây dựng bảng giá đất và hệ số điều chỉnh theo phương pháp thị trường.

Đổi mới cơ chế điều tiết giá trị tăng thêm từ đất bằng cách lập bản đồ giá đất trước khi lập quy hoạch, sau khi lập quy hoạch, sau khi xây dựng công trình kết cấu hạ tầng giao thông, kinh tế, xã hội, chỉnh trang đô thị, thực hiện thu hồi đất vùng phụ cận, điều chỉnh đất đai, dồn điền, đổi thửa tại đô thị để tăng thu ngân sách Nhà nước, đồng thời ưu tiên cho người bị thu hồi đất ở được giao đất hoặc mua nhà trên diện tích đất đã thu hồi.

Thứ ba, cần thành lập một cơ quan định giá đất chuyên biệt độc lập, không thuộc bộ máy hành chính Nhà nước. Định giá bất động sản là lĩnh vực đòi hỏi tính chuyên nghiệp hóa cao, do vậy tiêu chuẩn đạo đức đầu tiên của mỗi định giá viên là sự độc lập, không chịu chi phối hay sức ép về tài chính hay quyền lực của bất kỳ cá nhân, tổ chức nào.

Các cơ quan định giá đất độc lập sẽ thực hiện những hoạt động cụ thể ở từng địa phương như xây dựng bảng giá đất trên địa bàn các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương; xác định giá đất cụ thể đối với từng

trường hợp pháp luật quy định tại Điều 18, Nghị định số 44/2014/NĐ-CP ngày 15/5/2014 của Chính phủ quy định về giá đất; giải quyết các tranh chấp, khiếu kiện về giá đất; thực hiện quản lý đối với các hoạt động của tổ chức tư vấn định giá đất.

Thứ tư, đất đai là một loại tài sản đặc biệt thuộc sở hữu toàn dân, do Nhà nước quản lý giá theo quy định của Luật Quản lý giá. Do đó, định giá đất có thể được xem là một nghề; tổ chức có chức năng tư vấn giá đất phải là tổ chức nghề nghiệp có tính độc lập về chuyên môn, nghiệp vụ và thực hiện dịch vụ một cách độc lập.

Kết quả định giá của các chủ thể này có ý nghĩa vô cùng quan trọng vì từ đó, Nhà nước sẽ thẩm định và trình cấp có thẩm quyền phê duyệt về giá trị quyền sử dụng đất và tài sản gắn liền với đất. Do đó, quy định về tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật đánh giá chất lượng dịch vụ tư vấn định giá đất cũng là vấn đề cần được quan tâm, pháp luật cần bổ sung các quy định về vấn đề này để chuyên nghiệp hóa dịch vụ tư vấn xác định giá đất.

Quy định bắt buộc công khai kết quả tư vấn xác định giá đất (chứng thư thẩm định giá) và ý kiến của Hội đồng thẩm định phương án giá đất cùng với việc công khai quyết định phê duyệt giá đất cụ thể. Bên cạnh đó, khi giá đất được quyết định có sự chênh lệch từ 20 % trở lên so với Chứng thư thẩm định giá và ý kiến của Hội đồng thẩm định thì phải có thuyết minh giải trình về sự chênh lệch (Châu Hoàng Thân, 2020). Việc công khai các thông tin trên nhằm đảm bảo minh bạch các căn cứ trong xác định giá đất cụ thể, phát huy giá trị của việc mở rộng sự tham gia của tổ chức tư vấn định giá độc lập trong quá trình quyết định giá đất của Nhà nước.

Thứ năm, cần xây dựng hệ thống thông tin, dữ liệu định giá đất, xây dựng cơ chế xác định giá đất trên thị trường và quy định về chủ thể công bố giá thị trường theo từng thời điểm.

Xây dựng hệ thống thông tin dữ liệu định giá đất, thường xuyên cập nhật sự biến động giá đất trong cả nước và theo vùng, miền, địa phương để làm cơ sở thực tiễn, làm căn cứ khoa học cho mỗi lần xây dựng lại (điều chỉnh) khung giá đất, tránh tình trạng ước lệ, phỏng chừng. Muốn vậy, cần tổ chức điều tra, khảo sát giá đất phổ biến trên thị trường.

Ngày nay, cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, thông tin đất đai điện tử là thành phần quan trọng không thể thiếu trong thị trường kinh doanh hiện đại. Đảng và Nhà nước đã có quan điểm chỉ đạo ưu tiên đầu tư xây dựng cơ sở dữ liệu, hạ tầng thông tin về đất đai và các tài sản gắn liền với đất theo hướng hiện đại, công khai, minh bạch, đa mục tiêu; từng bước chuyển sang giao dịch điện tử trong lĩnh vực đất đai.

Hơn thế nữa, các thông tin trong cơ sở dữ liệu điện tử phải thường xuyên được cập nhật, theo sát thị trường đất đai ở các địa phương. Xây dựng một cơ sở dữ liệu và hệ thống thông tin hoàn chỉnh sẽ góp phần tạo ra môi trường thông tin công khai và minh bạch, hỗ trợ cơ quan Nhà nước rất nhiều trong quản lý đất đai, giúp người dân tiếp cận và nắm bắt được các chính sách pháp luật một cách nhanh chóng, hạn chế được những vi phạm pháp luật và tranh chấp xảy ra trong lĩnh vực đất đai.

6. Kết luận

Có thể nói xác định giá đất là một nội dung rất khó trong quản lý Nhà nước về đất đai. Khẳng định đất có giá tức là thừa nhận quyền sử dụng đất là một loại hàng hóa đặc biệt. Việc định giá đất theo quy định pháp luật hiện hành và sự tác động của giá đất đến các nguồn thu tài chính từ đất đai vẫn phải tiếp tục nghiên cứu, hoàn thiện với mục đích đảm bảo quyền lợi của Nhà nước và quyền lợi của người sử dụng đất.

Để giá đất Nhà nước quy định phù hợp với giá thị trường, đòi hỏi phải thực hiện nhiều giải pháp đồng bộ và từng bước tháo gỡ vướng mắc và bất cập, tuy nhiên vấn đề cơ bản nhất về cơ chế chính sách là phải tạo lập thị trường đất đai và phải là một thị trường cạnh tranh, minh bạch có sự điều tiết của Nhà nước.

Tài liệu tham khảo

Ban Chấp hành Trung ương Đảng (2022). Nghị quyết Trung ương 5, khóa XIII về "Tiếp tục đổi mới, hoàn thiện thể chế, chính sách, nâng cao hiệu lực, hiệu quả quản lý và sử dụng đất, tạo động lực đưa nước ta trở thành nước phát triển có thu nhập cao".

Bộ Chính trị (2018). 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.

Bộ Tài nguyên và Môi trường (2022). Báo cáo đánh giá tình hình thi hành Luật Đất đai 2013 và định hướng sửa đổi Luật Đất đai.

Bùi Thị Cẩm Ngọc (2021), Bất cập trong vấn đề định giá đất và đề xuất những giải pháp. Tạp chí Tài nguyên và Môi trường. Truy cập tại website: https://tainguyenvamoitruong.vn/bat-cap-trong-van-de-dinh-gia-dat-va-de-xuat-nhung-giai-phap-cid1608.html.

Châu Hoàng Thân (2020). Hoàn thiện quy định của pháp luật về quy trình xác định giá đất cụ thể. Tạp chí nghiên cứu lập pháp. Truy cập tại website: http://lapphap.vn/Pages/tintuc/tinchitiet.aspx?tintucid=210565.

Chính phủ (2014). Nghị định số 44/2014/NĐ-CP ngày 15/5/2014 Nghị định quy định về giá đất.

Chính phủ (2019). Nghị quyết số 17/NQ-CP ngày 07/3/2019. Nghị quyết về Chính phủ điện tử.

Ngô Long và Ngô Trí Trung (2022). Những tồn tại, bất cập về giá đất, định giá đất hiện nay. Truy cập tại website: https://reatimes.vn/.

Nguyễn Phi Sơn (2015). Đề tài cấp Bộ "Nghiên cứu phương pháp xây dựng bản đồ vùng giá trị đất khu vực đất phi nông nghiệp ở đô thị bằng mô hình thống kê và công nghệ GIS".

Nguyễn Thanh Hà (2021). Bất cập trong việc xây dựng khung giá đất và đề xuất hoàn thiện. Truy cập tại website: https://thuvienphapluat.vn/.

Nguys://thuvienphapluat.vn/phapluat.vn/" c xây dựng khuchế vận hành và khai thác hiệu quả cơ sở dữ liệu giá đất thuộc hệ thống cơ sở dữ liệu đất đai. Đề tài cấp Bộ.

Nguyễn Uyên Minh (2021). Hoàn thiện pháp luật nhằm phòng ngừa tham nhũng, lợi ích nhóm trong quản lý, sử dụng đất đai. Truy cập tại website: https://noichinh.vn/nghien-cuu-trao-doi/.

Nhĩ Anh (2020). Mô hình "định giá đất hàng loạt" và triển vọng áp dụng tại Việt Nam. Truy cập tại website: https://vneconomy.vn/.

Phạm Anh Tuấn (2016). Đề tài cấp Bộ "Nghiên cứu phương pháp định giá đất hàng loạt dựa trên ứng dụng kỹ thuật CAMA và cơ sở dữ liệu địa chính tại Việt Nam".

Quốc hội (2013). 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.

Thủ tướng Chính phủ (2018). Chỉ thị số 01/CT-TTg ngày 03/01/2018 về việc chấn chỉnh, tăng cường công tác quản lý đất đai và xây dựng hệ thống thông tin đất đai.

Thùy Anh (2019). Nhiều bất cập trong vấn đề định giá đất. Truy cập tại website: http://baokiemtoannhanuoc.vn/

Tổng cục Quản lý đất đai (2011). "Dự án xây dựng, thử nghiệm mô hình lập bản đồ giá đất".

Trường Giang (2021). Xây dựng cơ sở dữ liệu đất đai hoàn chỉnh - chưa vượt được khó khăn để về đích. Truy cập tại website: https://baotainguyenmoitruong.vn/.

ABSTRACT

The current situation and solutions to improve the law on land prices, the mechanism of operation and exploitation of the land price database

Dung Thi Nguyen*, Cong The Nguyen, Mien Xuan Tran
Land Management and Cadastral Technology for Sustainable Development,
Hanoi University of Mining and Geology

First of all, land price is an important basis for the state to exercise the owner's economic rights, because through it, the budget income of land can be buried specifically. For business owners, land price is the basis for determining the input cost, thus determining the production cost and the price of goods sold to the market. Therefore, it is of great significance for the land use right market, especially the real estate market and the whole economic and social life to improve the land mechanism and fiscal policy and determine the land price mechanism according to the spirit of Resolution 18-NQ/TW of the Fifth Session of the 13th Central Executive Committee on June 16, 2022. The content and goal of this paper is to unify the existing legal rules of land price and the land price database. Starting from the requirements of practice, the article analyzes, evaluates and points out the problems that hinder the development of resources and bring difficulties to people and enterprises by adopting appropriate research methods. On this basis, the article puts forward some measures to improve the legislation of land price, among which the measures to build a land price database are emphasized.

Keywords: Land price database, land price, land law.

ENGINEERING SURVEYING FOR SUSTAINABLE DEVERLOPMENT - ESSD2023

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ESSD 2023)

Kinh doanh bất động sản và phương pháp đánh giá hiệu quả đầu tư dự án

Phạm Thị Kim Thoa[1,*], Trần Xuân Miễn[1], Nguyễn Thế Công[1],
Nguyễn Thị Kim Yến[1], Trần Thị Bích Hạnh[2]
[1]*Nhóm nghiên cứu Quản lý đất đai và Công nghệ địa chính phục vụ phát triển bền vững Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Viện công nghệ thông tin và kinh tế số, Trường Đại học Kinh tế quốc dân*

TÓM TẮT

Kinh doanh bất động sản là việc đầu tư vốn để thực hiện hoạt động xây dựng, mua, chuyển nhượng, nhận chuyển nhượng để bán, cho thuê bất động sản và thực hiện các dịch vụ bất động sản. Trong quá trình đầu tư kinh doanh bất động sản, việc đánh giá hiệu quả đầu tư luôn là một là một bước rất quan trọng trong quá trình lựa chọn phương án đầu tư. Xét trên phương diện tâm lý đầu tư thì bất kỳ nhà đầu tư nào cũng phải cân nhắc chọn lựa rất kỹ trước khi đưa ra các quyết định đầu tư. Để có được quyết định tối ưu nhất, các nhà đầu tư thường căn cứ vào các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả dự án được đặt ra từ đầu. Bài báo này giới thiệu một số kiến thức cơ bản trong lĩnh vực kinh doanh bất động sản, nhất là các phương pháp đánh giá hiệu quả dự án đầu tư kinh doanh bất động sản. Trên cơ sở lý thuyết đó, đã thử nghiệm hai phương pháp để đánh giá hiệu quả dự án tại "Dự án Tây Hồ Parkview thuộc phường Phú Thượng, quận Tây Hồ, thành phố Hà Nội". Kết quả đưa ra phương án kinh doanh tối ưu cho dự án.

Từ khóa: Bất động sản, đánh giá hiệu quả dự án, kinh doanh bất động sản.

1. Đặt vấn đề

Bất động sản (BĐS) là một nguồn tài sản lớn của mỗi quốc gia, mỗi nền kinh tế, mỗi gia đình, mỗi cá nhân, là tư liệu sản xuất đặc biệt, là điều kiện cơ bản tối thiểu của đời sống xã hội, đảm bảo cho quá trình tái sản xuất tồn tại và phát triển. Cùng với sự phát triển của nền sản xuất hàng hóa thì bất động sản cũng được mua bán, trở thành hàng hóa được đầu tư và kinh doanh, từ đó hình thành thị trường bất động sản và lĩnh vực đầu tư kinh doanh bất động sản được phát triển.

Theo Hoàng Văn Cường (2006) bất động sản là một thuật ngữ pháp quy để chỉ đến các tài sản bao gồm đất đai và các cải thiện cho đất đai như là nhà ở, công trình xây dựng gắn liền với đất đai, có tính không dịch chuyển và tồn tại lâu dài.

Theo Bộ Luật Dân sự năm 2015 (quy định tại Điều 107) bất động sản bao gồm: Đất đai; nhà, công trình xây dựng gắn liền với đất đai; tài sản khác gắn liền với đất đai, nhà, công trình xây dựng; tài sản khác theo quy định của pháp luật.

Theo Luật Kinh doanh bất động sản năm 2014: "Kinh doanh bất động sản là việc đầu tư vốn để thực hiện hoạt động xây dựng, mua, nhận chuyển nhượng để bán, chuyển nhượng; cho thuê, cho thuê lại, cho thuê mua bất động sản; thực hiện dịch vụ môi giới bất động sản; dịch vụ sàn giao dịch bất động sản; dịch vụ tư vấn bất động sản hoặc quản lý bất động sản nhằm mục đích sinh lợi".

Các loại hình đầu tư kinh doanh bất động sản gồm: Đầu tư kinh doanh đất đai; đầu tư kinh doanh nhà ở; đầu tư kinh doanh Trung tâm mua sắm, thương mại, dịch vụ; đầu tư xây dựng văn phòng cho thuê; đầu tư xây dựng xưởng công nghiệp, kho bãi,...; đầu tư bất động sản vui chơi, giải trí, resort,...; kinh doanh các dịch vụ bất động sản: môi giới, định giá, tư vấn pháp luật, quy hoạch,... (Phạm Văn Bình và Nguyễn Hồ Phi Hà, 2018).

Sự gia tăng những yếu tố như dân số, kinh tế, văn hóa - xã hội "kích thích" thị trường bất động sản ngày càng tăng theo quy mô lớn. Chính vì vậy, bất động sản "bền vững" là sự lựa chọn chiến lược, ưu tiên hàng đầu góp phần phát triển nhanh và bền vững quốc gia.

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamthikimthoa@humg.edu.vn

Hiện cả nước ước tính đã và đang thực hiện trên 5.000 dự án với tổng vốn đầu tư hơn 4,5 triệu tỷ đồng, tăng hơn gấp 3 lần so với năm 2009, có hơn 100.000 doanh nghiệp xây dựng và 15.000 doanh nghiệp kinh doanh bất động sản cùng với hơn 1.000 sàn giao dịch bất động sản được thành lập.

Trong mấy năm trở lại đây, vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI) vào lĩnh vực BĐS chiếm hơn 18 tỷ USD, đứng thứ 2 trong tổng nguồn vốn FDI đăng ký đầu tư vào Việt Nam. Tính đến ngày 20/3/2022, vốn FDI đăng ký cấp mới, điều chỉnh và góp vốn mua cổ phần, mua phần vốn góp của nhà đầu tư nước ngoài lĩnh vực kinh doanh BĐS đứng thứ hai trong số các lĩnh vực thu hút FDI lớn, với tổng vốn đầu tư gần 2,7 tỷ USD, chiếm 30,3 % tổng vốn đầu tư đăng ký, doanh nghiệp thành lập mới tăng mạnh 47,2 %. Tính đến cuối tháng 4/2022, có khoảng 800 sàn giao dịch đã trở lại hoạt động, tăng hơn 400 sàn so với quý IV-2021. Số liệu thống kê cho thấy, quy mô thị trường BĐS ngày càng tăng dần, đây là thị trường được giới đầu tư xem là kênh đầu tư có sức hấp dẫn, dự đoán tương lai sẽ đón nhận số lượng lớn nhà đầu tư mới (Nguyễn Văn Vẹn, 2023).

Để quá trình đầu tư kinh doanh đạt được hiệu quả và hạn chế những rủi ro thì nhà đầu tư phải đặc biệt chú tâm đến việc nghiên cứu thị trường, thị hiếu người dân, xu hướng thị trường, nguồn cung trong tương lai lớn hay nhỏ, thời điểm mở bán,... Ngoài ra, trước khi quyết định đầu tư một dự án nào đấy cần phải đánh giá hiệu quả của dự án để lựa chọn phương án tối ưu, hoặc để xem xét có nên hay không nên đầu tư dự án. Vì vậy, việc nghiên cứu, tìm hiểu phương pháp đánh giá hiệu quả đầu tư bất động sản phục vụ công tác đầu tư kinh doanh bất động sản là hoàn toàn cần thiết, phương pháp này đóng vai trò rất quan trọng trong lĩnh vực đầu tư, kinh doanh và đặc biệt trong việc ra quyết định đầu tư.

Từ tính cấp thiết của thực tế và nhận thấy tầm quan trọng của vấn đề nêu trên, nhóm tác giả đã tìm hiểu về lĩnh vực "Kinh doanh bất động sản và phương pháp đánh giá hiệu quả đầu tư dự án", từ đó ứng dụng vào việc đánh giá một dự án cụ thể.

2. Phương pháp đánh giá hiệu quả dự án đầu tư kinh doanh bất động sản

Xét trên khía cạnh tâm lý đầu tư thì bất kỳ nhà đầu tư nào cũng phải cân nhắc chọn lựa phương án trước khi ra quyết định đầu tư. Để ra quyết định đầu tư, các nhà đầu tư sẽ sử dụng phương pháp đánh giá hiệu quả đầu tư để quyết định. Về cơ bản phương pháp dựa trên đánh giá các tiêu chí với nguyên tắc: suất sinh lợi càng cao càng tốt, thời gian thu hồi vốn càng ngắn càng tốt để đánh giá. Theo Trần Tiến Khai (2014), hiện nay có hai phương pháp đánh giá hiệu quả đầu tư bất động sản phổ biến đó là: *(1) Phương pháp truyền thống và (2) Phương pháp ngân lưu chiết khấu.*

2.1. Đánh giá hiệu quả đầu tư theo phương pháp truyền thống

Phương pháp truyền thống là phương pháp sử dụng 2 tiêu chí: *(1) Thời gian thu hồi vốn và (2) Tỷ suất lợi nhuận để đánh giá hiệu quả kinh tế của dự án.* Phương pháp có ưu điểm là phép tính đơn gian, dễ sử dụng, nhưng có hạn chế lớn là không tính đến đến yếu tố thời gian như: giá trị thời gian của đồng tiền, thời gian của dự án, dòng tiền thu được trong tương lai. Do vậy, kết quả của phương án mang tính tương đối.

(1) Thời gian thu hồi vốn đầu tư

Đối với phương pháp này, sự thay đổi về giá trị của đồng tiền theo thời gian không được tính đến khi xem xét hiệu quả tài chính dự án đầu tư. Do đó, thời gian thu hồi vốn chỉ được tính đơn giản là số năm mà lợi nhuận thu về cân bằng về giá trị số học so với tổng mức đầu tư. Thời gian thu hồi vốn càng ngắn thì hiệu quả dự án càng tốt.

(2). Chỉ tiêu lợi nhuận

Tỷ suất lợi nhuận (PI_{da}) của vốn đầu tư phản ánh số lợi nhuận thu được bình quân năm tính trên 1 đồng vốn đầu tư. Nói cách khác, 1 đồng vốn đầu tư vào dự án 1 năm mang lại bao nhiêu lợi nhuận bình quân. Công thức tính như sau:

$$\mathrm{PI} = \frac{I_{bq}}{\mathrm{V}} \quad (1)$$

trong đó: I_{bq} là lợi nhuận sau thuế bình quân năm, V là tổng vốn đầu tư để thực hiện dự án.

Để đánh giá hiệu quả dự án thì PI_{da} càng cao càng tốt, tuy nhiên để xem xét hiệu quả của từng dự án toàn diện hơn, chúng ta cần phải so sánh với một chuẩn gọi là tỷ suất lợi nhuận định mức (PI_{dm}). Tỷ suất

lợi nhuận định mức là giới hạn tối thiểu về mức lợi nhuận phải thu được hàng năm tính trên 1 đồng vốn đầu tư. Nó được xác định trên cơ sở chi phí cơ hội về sử dụng vốn đầu tư và chính là tỷ suất chiết khấu của dự án. Đối với các dự án độc lập và nguồn vốn không bị giới hạn thì tất cả các dự án có hệ số $PI_{da} > PI_{dm}$ được xem là hiệu quả và có thể chấp nhận.

Trong trường hợp phải lựa chọn giữa các dự án xung khắc (dự án loại trừ lẫn nhau) thì không thể so sánh trực tiếp tỷ suất lợi nhuận để lựa chọn mà phải tính hệ số hiệu quả vốn đầu tư bỏ thêm (hệ số hiệu quả của phần vốn chênh lệch $PI_{i/j}$). Công thức tính như sau:

$$PIi/j = \frac{\Delta I}{\Delta V} = \frac{(I_i - I_j)}{(V_i - V_j)} \quad (2)$$

trong đó:

I_i, I_j: lợi nhuận bình quân năm của các dự án i và j;
V_i, V_j: tổng vốn đầu tư của các dự án i và j;
$PI_{i/j}$: tỷ suất lợi nhuận của phần vốn đầu tư chênh lệch.

Sau khi tính toán các chỉ số, tiến hành đánh giá: Nếu $PI_{i/j} \geq I_{dm}$ thì dự án có vốn đầu tư lớn hơn sẽ được chọn. Ngược lại, nếu $PI_{i/j} < I_{dm}$ thì chọn dự án có vốn đầu tư nhỏ hơn. Trường hợp nếu phải so sánh nhiều dự án để lựa chọn dự án tối ưu nhất thì thực hiện so sánh từng cặp dự án bất kỳ và loại trừ dần cho đến khi còn một dự án tốt nhất.

2.2. Đánh giá hiệu quả phương án theo phương pháp ngân lưu chiết khấu

Phương pháp ngân lưu chiết khấu giúp việc đánh giá hiệu quả của dự án toàn diện hơn so với các phương pháp truyền thống vì loại trừ được yếu tố mất giá của đồng tiền theo thời gian. Phương pháp đánh giá dựa trên các chỉ tiêu tài chính chủ yếu như: chỉ tiêu giá trị hiện tại thuần (NPV - Net Present Value), tỷ suất lợi nhuận, thời gian hoàn vốn và tỷ suất nội hoàn (IRR - Internal Rate of Return). Ưu điểm của phương pháp là phản ánh khá đầy đủ các loại chi phí, thu nhập của dự án, yếu tố về thời gian được xét đến một cách toàn diện và thể hiện bằng một đại lượng tuyệt đối giúp có hình ảnh rõ nét về hiệu quả mà dự án đem lại. Nhược điểm của phương pháp là tính toán, sử dụng phức tạp và yêu cầu xác định được các thông tin về thu chi của dự án.

(1) Giá trị hiện tại thuần (NPV)

$$NPV = \sum_{j=1}^{n} \frac{CF_j}{(1+i)^j} + \frac{V_n}{(1+i)^n} \quad (3)$$

trong đó:

CF: ngân lưu năm thứ j, CF = Lợi nhuận sau thuế + Lãi vay vốn + Khấu hao;
V_n: giá trị thu hồi vốn vào cuối năm thứ n;
i: tỷ suất chiết khấu của dự án;
n: vòng đời của dự án.

Sau khi tính xong chỉ số NPV, tiến hành đánh giá theo các tiêu chí sau:

- Nếu NPV > 0: có hiệu quả, chấp nhận dự án.
- Nếu NPV = 0: lợi nhuận của dự án bằng không.
- Nếu NPV < 0: không có hiệu quả, bác bỏ dự án.

(2) Tỷ suất lợi nhuận

Tỷ suất lợi nhuận càng cao càng tốt, công thức tính:

$$PI = \frac{NPV}{V} \quad (4)$$

trong đó:

NPV: là tổng giá trị hiện tại của dự án;
V: là vốn đầu tư.

Đánh giá chỉ tiêu PI: PI_{da} càng lớn càng tốt, thông thường so với $PI_{đm}$, $PI_{da} > PI_{đm}$ dự án được chọn.

(3) Thời gian hoàn vốn

Thời gian hoàn vốn càng ngắn càng tốt, công thức tính thời gian hoàn vốn cho dự án như sau:

$$DPP = n_1 + \frac{A_1 * 12}{A_1 + A_2} \quad (5)$$

trong đó: A_1, A_2 là trị tuyệt đối của số lũy kế khi NPV chuyển từ âm sang dương.

n_1 là năm mà số lũy kế âm sang dương, hay chính là số năm mà tại đó có giá trị A_1.

(4) Tỷ suất nội hoàn (IRR)

Tỷ suất nội hoàn là tỷ suất chiết khấu nếu sử dụng chúng để tính NPV của dự án sẽ làm cho NPV = 0.

$$NPV = \sum_{j=1}^{n} \frac{CF_j}{(1+IRR)^j} + \frac{V_n}{(1+IRR)^n} = 0 \quad (6)$$

Bản chất của IRR chính là tỷ suất lợi nhuận của vốn đầu tư, khác với i ở chỗ có tính đến yếu tố thời gian một cách đầy đủ nên có thể tính chính xác khả năng sinh lời của vốn đầu tư. Tỷ suất nội hoàn có thể tính theo công thức:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1 * (i_2 - i_1)}{NPV_1 + |NPV_2|} \quad (7)$$

trong đó: NPV_1, NPV_2 là tổng giá trị hiện tại của phương án 1, 2; i_1, i_2 là tỷ suất lợi nhuận của phương án 1, 2.

Đánh giá chỉ tiêu IRR theo các tiêu chí như:

- Trường hợp các dự án độc lập và nguồn vốn đầu tư không bị giới hạn thì tất cả các dự án có IRR ≥ i đều được xem là có hiệu quả và có thể được chấp nhận. Ngược lại, các dự án có IRR < i là không hiệu quả.

- Trường hợp các dự án thay thế nhau, nếu các dự án có tổng vốn đầu tư như nhau thì dự án nào có IRR lớn hơn sẽ được chọn bất kể các yếu tố khác ra sao. Nếu các dự án có vốn đầu tư khác nhau thì không thể căn cứ trực tiếp vào IRR của dự án để lựa chọn được vì dự án có IRR lớn hơn chưa chắc đã tốt hơn.

3. Kết quả đánh giá hiệu quả dự án đầu tư kinh doanh dự án Tây Hồ Parkview

3.1. Khái quát dự án

Dự án Tây Hồ Parkview là dự án đã có kế hoạch triển khai từ 2015 nhưng hiện vẫn đang trong quá trình thực hiện, dự kiến hoàn thành 2024. Với một số thông tin cơ bản về dự án như sau:

- Vị trí: Lạc Long Quân, phường Phú Thượng, quận Tây Hồ, Hà Nội;
- Tổng diện tích dự án: 3224m^2;
- Diện tích xây dựng: 34,410 m^2;
- Mật độ xây dựng: 50 %;
- Quy mô dự án: 1 tòa nhà cao 19 tầng, 3 tầng hầm;
- Loại hình phát triển: căn hộ chung cư xanh, tiện ích cao cấp;
- Trong đó: 3 tầng hầm (B1, B2, B3) là nơi gửi xe máy và bãi đỗ xe thông minh, tầng 1,2,3 là TTTM + Office tel, tầng 4-19 là căn hộ.
- Số lượng căn hộ: 370.

3.2. Kết quả điều tra thu thập thông tin phục vụ đánh giá dự án

Trên cơ sở dữ liệu và thông tin đầu vào (2015) được cung cấp bởi Công ty TNHH một thành viên phát triển khu công nghệ cao đã thực hiện cập nhật, xác định được các dữ liệu, phương án như sau:



Hình 1. Phối cảnh dự án Tây Hồ Parkview
(Nguồn: http:/antt.vn)

a. Về tổng mức đầu tư ban đầu: số liệu như tại Bảng 1.

Bảng 1. Bảng dự kiến tổng mức đầu tư xây dựng

ĐVT: triệu đồng

TT	Nội dung chi phí	Giá trị trước thuế	Thuế VAT	Giá trị sau thuế
I	**Chi phí thuê đất**	**134.441**		**134.441**
II	**Chi phí đợt 1**	**478.170**	**47.817**	**525.987**
1	Chi phí xây dựng	335.323	33.532	368.855
2	Chi phí thiết bị	142.847	14.285	157.132
III	**Chi phí đợt 2**	**203.828**	**7.183**	**211.011**
1	Chi phí sở hữu dự án	120.000		120
2	Chi phí quản lý dự án	6.060	606	612.06
3	Chi tư vấn đầu tư xây dựng	12.812	1.281	14.093
4	Chi phí khác	2.957	296	298.957
5	Chi phí dự phòng	61.999	4.960	66.959
	TỔNG CỘNG (I+II+III)	**816.439**	**55.000**	**871.439**

(Nguồn: tổng hợp từ số liệu điều tra)

b. Chi phí và doanh thu của các phương án kinh doanh

Tại nghiên cứu này chúng tôi đề xuất 2 phương án đầu tư kinh doanh: Phương án 1: Dự án kéo dài trong 5 năm và Phương án 2: Dự án kéo dài trong 7 năm.

**** Phương án 1 (Dự án kéo dài 5 năm):*** Chi phí và doanh thu dự kiến của phương án 1 được tổng hợp tại Bảng 2 và Bảng 3. Một số dữ liệu khác của phương án này như sau:

- Dự kiến xây dựng trong 2 năm và bàn giao công trình để bán năm 2024;
- Dự kiến bán hết căn hộ trong 3 năm sau khi nghiệm thu công trình;
- Dự kiến chuyển nhượng dự án với giá 254.440.800.000 đồng vào cuối năm 2026;
- Biến phí là 2 % doanh thu từ bán căn hộ của mỗi năm trong các năm từ 2024 - 2026;

- Định phí bắt đầu tính từ năm 2024;
- Vốn vay là toàn bộ chi phí xây dựng và thiết bị, lãi vốn vay 10 % mỗi năm;
- Thuế thu nhập doanh nghiệp là 20 % lợi nhuận trước thuế;
- Tỷ suất chiết khấu bằng lãi vốn vay (10%).

Bảng 2. Dự kiến chi phí kinh doanh của dự án theo phương án 1

ĐVT: triệu đồng

STT	Nội dung	Năm			Tổng	GHI CHÚ
		2024	2025	2026		
1	Định phí	2.640	2.160	1.680		Tiền lương, thuê VP
2	Biến phí	17.498	7.251	4.415		Hoa hồng, phát sinh,…
3	Quảng cáo, Marketing	4.375	1.813	1.104		
4	Lãi vốn vay	52.599	52.599	52.599		10 % chi phí xây dựng
TỔNG		**77.112**	**63.822**	**59.797**	**200.731**	

Bảng 3. Doanh thu dự kiến của dự án theo phương án 1

ĐVT: triệu đồng

STT	Loại căn hộ	Giá bán	Số căn bán dự kiến			Thành tiền			TỔNG
			2024 -60 %	2025 -25 %	2026 -15 %	2024	2025	2026	
1	Căn hộ 100 m^2	6.000	48	20	12	288.000	120.000	72.000	480.000
2	Căn hộ 80 m^2	4.000	66	27	17	264.000	108.000	68.000	440.000
3	Căn hộ 65 m^2	2.990	108	45	27	322.920	134.550	80.730	538.200
4	Tầng hầm	2.000	1	1	1	2.000	2.000	2.000	6.000
5	Tầng thương mại	5.000	1	1	1	5.000	5.000	5.000	15.000
6	Giá trị thanh lý	254.441						254.441	254.441
TỔNG			**224**	**94**	**58**	**881.920**	**369.550**	**482.170**	**1.733.641**

**** Phương án 2 (dự án kéo dài 7 năm):*** Chi phí và doanh thu dự kiến của phương án 1 được tổng hợp tại Bảng 4 và Bảng 5. Một số dữ liệu khác của phương án này như sau:

- Dự kiến xây dựng trong 2 năm và bàn giao công trình để bán từ năm 2024;
- Dự kiến bán hết căn hộ trong 5 năm sau khi nghiệm thu công trình và tương ứng với từng năm là 40 %, 25 %, 15 %, 5 %, 5 %;
- Dự kiến chuyển nhượng dự án với giá 254.440.800.000đ vào cuối năm 2028 (Giá chuyển nhượng = chi phí thuê đất + chi phí đợt 2);
- Biến phí là 2 % doanh thu từ bán căn hộ của mỗi năm trong các năm từ 2024-2028;
- Định phí bắt đầu tính từ năm 2024;
- Vốn vay là toàn bộ chi phí xây dựng và thiết bị; lãi vốn vay là 10 % mỗi năm;
- Thuế thu nhập doanh nghiệp là 20 % lợi nhuận trước thuế;
- Tỷ suất chiết khấu bằng lãi vốn vay (10 %).

Bảng 4. Dự kiến chi phí kinh doanh của dự án theo phương án 2

ĐVT: triệu đồng

STT	Nội dung	Năm					Tổng	Ghi chú
		2024	2025	2026	2027	2028		
1	Định phí	2.640	2.160	1.680	1.680	1.200		Tiền lương, thuê văn phòng
2	Biến phí	11.666	7.331	4.335	4.334	1.498		Hoa hồng, phát sinh,…
3	Lãi vốn vay	52.599	52.599	52.599	52.599	52.599		10 % chi phí xây dựng
4	Quảng cáo, Marketing	2.916	1.833	1.084	1.084	375.000		
TỔNG		**69.821**	**63.923**	**59.697**	**59.697**	**55.672**	**308.810**	

Bảng 5. Dự kiến doanh thu của dự án theo phương án 2

Đơn vị: triệu đồng.

STT	Chỉ tiêu	Loại căn hộ					Giá trị thanh lý	Tổng số
		Căn hộ 100 m^2	Căn hộ 80 m^2	Căn hộ 65 m^2	Tầng hầm	Tầng thương mại		
1	Giá bán	6.000	4.000	2.990	4.000	8.000	254.441	
2	Số căn bán dự kiến của các năm							
	Năm 2024	32	44	72	1	1		149
	Năm 2025	20	28	45	1	1		94
	Năm 2026	12	16	27	1	1		56
	Năm 2027	12	16	27				55
	Năm 2028	4	6	9				19
3	Giá trị thu được mỗi năm							
	Năm 2024	192.0000	176.000	215.280	4.000	8.000		595.280
	Năm 2025	120.0000	112.000	134.550	4.000	8.000		378.550
	Năm 2026	72.0000	64.000	80.730	4.000	8.000		228.730
	Năm 2027	72.0000	64.000	80.730				216.730
	Năm 2028	24.0000	24.000	26.910			254.441	329.351
	Tổng số	**480.0000**	**440.0000**	**538.200**	**12.000**	**24.000**	**254.441**	**1.748.641**

3.3. Kết quả đánh giá hiệu quả đầu tư dự án

a. Đánh giá hiệu quả đầu tư theo phương pháp truyền thống

Sử dụng công thức (1) để đánh giá theo phương pháp truyền thống đối với mỗi phương án đầu tư kinh doanh, kết quả thu được như tại Bảng 6.

Bảng 6. Hiệu quả đầu tư theo hai phương pháp

ĐVT: triệu đồng

STT	Chỉ tiêu	Phương án 1	Phương án 2
1	**Tổng vốn đầu tư (V)**	**1.072.170**	**1.180.247**
1.1	Chi phí thuê đất	134.441	134.441
1.2	Chi phí đợt 1	525.988	525.988
1.3	Chi phí đợt 2	210.971	210.971
1.4	Chi phí kinh doanh DA	200.731	308.809
2	**Doanh thu dự kiến**	**1.733.641**	**1.748.641**
3	**Lợi nhuận dự kiến**	**661.471**	**568.394**
4	**Lợi nhuận sau thuế bình quân năm (I)**	**220.490**	**113.679**
5	**Tỷ suất lợi nhuận (PI=I/V)**	**0,206**	**0,096**
6	**Thời gian hoàn vốn**	**5 năm**	**7 năm**

Từ kết quả tính toán tại Bảng 6, cho thấy: nếu sử dụng phương pháp truyền thống (phương án 1) để đánh giá hiệu quả thì có thời gian hoàn vốn (5 năm) ngắn hơn so với phương án 2 (7 năm), đồng thời ở phương án này có tỷ suất lợi nhuận cao hơn (PI = 0,206 > 0,096). Do đó các nhà đầu tư có thể lựa chọn phương án 1 để thực hiện dự án.

b. Đánh giá hiệu quả đầu tư theo phương pháp ngân lưu chiết khấu

Phương pháp đánh giá dựa trên 3 tiêu chí: Giá trị hiện tại (NPV), tỷ suất lợi nhuận (PI) và thời gian hoàn vốn (DPP) để đánh giá. Áp dụng các công thức (3), (4), (5) ở trên để tính toán và cho kết quả như tại Bảng 7 và Bảng 8.

Bảng 7. Đánh giá hiệu quả đầu tư theo phương pháp ngân lưu của phương án 1

ĐVT: triệu đồng

CHỈ TIÊU	**NĂM**					
	2021	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**
	(năm 0)	**(năm 1)**	**(năm 2)**	**(năm 3)**	**(năm 4)**	**(năm 5)**
Chi phí thuê đất	134.441					
Chi phí (đợt 1)		525.988				
Chi phí (đợt 2)			210.971			
Doanh thu				881.920	369.550	482.171
Chi phí kinh doanh dự án				77.112	63.823	59.797
Lợi nhuận trước thuế				804.808	305.728	422.374
Thuế				160.962	61.145.508	84.474.768
(20% lợi nhuận trước thuế)						
CHỈ TIÊU	**NĂM**					
	2021	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**
	(năm 0)	**(năm 1)**	**(năm 2)**	**(năm 3)**	**(năm 4)**	**(năm 5)**
Lợi nhuận sau thuế				643.846.633	244.582	337.899
Lãi vốn vay vốn (10% chi phí xây dựng)				52.598.709	52.598.709	52.598.709
Khấu hao				100	100	100
Ngân lưu	-134.441	-525.987	-210.971	696.545	297.281	390.598
Giá trị hiện tại	-134.441	-478.17	-174.389	523.325	203.047	242.531
Tổng Vốn tại thời điểm hiện tại	-786.999					
Giá trị hiện tại lũy kế		-612.611	-786.999	-263.675	-60.628	181.902
NPV	**181.902**					
Tỷ suất lợi nhuận (PI)	**0,231**					
Thời gian hoàn vốn	**DPP = 4 năm 3 tháng**					

Bảng 8. Đánh giá hiệu quả đầu tư theo phương pháp ngân lưu của phương án 2

ĐVT: triệu đồng

CHỈ TIÊU	NĂM							
	2021 (năm 0)	2022 (năm 1)	2023 (năm 2)	2024 (năm 3)	2025 (năm 4)	2026 (năm 5)	2027 (năm 6)	2028 (năm 7)
Chi phí đất	134.441							
Chi phí (đợt 1)		525.987						
Chi phí (đợt 2)			210.971					
Doanh thu				595.28	378.55	228.73	216.73	329.351
Chi phí kinh doanh dự án				69.821	63.923	59.697	59.697	55.671
Lợi nhuận trước thuế				525.459	314.627	169.033	157.033	273.679
Thuế (20% lợi nhuận trước thuế)				105.092	62.926	33.807	31.407	54.736
Lợi nhuận sau thuế				420.367	251.702	135.226	125.626	218.943
Lãi vốn vay vốn (10% chi phí xây dựng)				52.599	52.599	52.599	52.599	52.599
Khấu hao				100	100	100	100	100
Ngân lưu	134.441	525.987	210.971	473.066	304.401	187.925	178.325	271.642
Giá trị hiện tại	134.441	478.17	174.389	355.422	207.91	116.687	100.66	139.395
Tổng vốn tại thời điểm hiện tại	786.999							
Giá trị hiện tại lũy kế		612.611	786.999	431.578	223.669	106.982	6.322	133.074
CHỈ TIÊU	**NĂM**							
	2021 (năm 0)	**2022 (năm 1)**	**2023 (năm 2)**	**2024 (năm 3)**	**2025 (năm 4)**	**2026 (năm 5)**	**2027 (năm 6)**	**2028 (năm 7)**
NPV	133.074							
Tỷ suất lợi nhuận (PI)	0,169							
Thời gian hoàn vốn	DPP = 6 năm 0,6 tháng							

Theo kết quả tính toán ở trên (Bảng 7 và Bảng 8) nếu sử dụng phương pháp ngân lưu để đánh giá hiệu quả thì phương án 1 là tối ưu hơn vì: có thời gian hoàn vốn ngắn hơn (4 năm, 3 tháng, so với 6 năm 0,6 tháng), có tỷ suất lợi nhuận cao hơn (PI = 0,231 > 0,169) và giá trị hiện tại lũy kế cũng cao hơn (NPV = 181.902.153.969 đồng > 133.073.499.886 đồng). Do vậy các nhà đầu tư căn cứ kết quả trên để so sánh với tỉ suất lợi nhuận kỳ vọng của mình từ đó lựa chọn có đầu tư hay không đầu tư vào dự án.

4. Kết luận

Từ cơ sở lý luận và kiểm nghiệm thực tiễn tại dự án Tây Hồ Parkview thấy: (1) Khi đầu tư kinh doanh các dự án bất động sản nhà đầu tư phải cân nhắc rất kỹ và việc sử dụng các phương pháp đánh giá hiệu quả dự án là một cơ sở để các nhà đầu tư đưa ra quyết định cuối cùng; (2) Dù sử dụng phương pháp nào thì thông thường các nhà đầu tư đều sẽ dựa trên các chỉ tiêu như: Lợi nhuận, tỷ suất lợi nhuận, giá trị hiện tại, tỷ suất nội hoàn, thời gian hoàn vốn để quyết định đầu tư hay không đầu tư.

Tại dự án Tây Hồ Parkview, kết quả đánh giá hiệu quả từ hai phương pháp cho thấy lựa chọn phương án 1 là tối ưu nhất (tối ưu cả về tỷ suất lợi nhuận và thời gian hoàn vốn). Do đó, nhà đầu tư đã dễ dàng lựa chọn được phương án tối ưu để đầu tư và tiến hành thực hiện phương án kinh doanh cho hiệu quả nhất. Đồng thời khuyến cáo nhà đầu tư có thể lựa chọn phương pháp truyền thống để tính sơ bộ trước, sau đó dùng phương pháp ngân lưu để tính chi tiết sau.

Đánh giá về 2 phương pháp truyền thống và ngân lưu chiết khấu:

+ Đối với phương pháp truyền thống: Ưu điểm là dễ sử dụng, dễ tính toán nhưng hạn chế là không tính toán đến thời gian dến sự thay đổi dòng tiền theo thời gian cho nên sẽ xảy ra trường hợp khó lựa chọn được phương án tối ưu vì có thể thời gian dài nhưng lợi nhuận cao, thời gian ngắn lợi nhuận thấp. Do đó không thể chọn được dự án mà thời gian thu hồi vốn càng ngắn càng tốt, lợi nhuận càng cao càng tốt.

+ Đối với phương pháp ngân lưu chiết khấu: Có ưu điểm là: Phản ảnh khá đầy đủ các loại chi phí và thu nhập liên quan đến dự án; yếu tố thời gian được xét đến một cách toàn diện; được thể hiện bằng một đại lượng tuyệt đối giúp ta biết hiệu quả của dự án. Nhược điểm là: Thu thập số liệu cần chi tiết đầy đủ, chính xác và phương pháp tính phức tạp.

Tài liệu tham khảo

Công ty TNHH một thành viên phát triển khu công nghệ cao (2015). Báo cáo tiền khả thi dự án Tây Hồ Parkview.

Hoàng Văn Cường (2006). Thị trường bất động sản (Giáo trình). Đại học Kinh tế quốc dân, NXB Xây dựng.

Nguyễn Văn Vẹn (2023). Phát triển thị trường BĐS bền vững tại Việt Nam. Tạp chí Cộng Sản. https://www.tapchicongsan.org.vn/web/guest/nghien-cu/-/2018/827041/phat-trien-thi-truong-bat-dong-san-ben-vung-tai-viet-nam.aspx#.

Phạm Văn Bình, Nguyễn Hồ Phi Hà (2018). Giáo trình Kinh doanh bất động sản. Học viện Tài chính. NXB Tài chính.

Quốc hội (2014). Luật số 66/2014/QH13. Luật Kinh doanh bất động sản. Thông qua ngày 25 tháng 11 năm 2014.

Quốc hội (2015). Luật số 91/2015/QH13. Bộ Luật Dân sự. Thông qua ngày 24 tháng 11 năm 2015.

Trần Tiến Khai (2014). Nguyên lý bất động sản. Đại học Kinh tế TP. Hồ Chí Minh, NXB Lao động Xã hội.

ABSTRACT

Real estate business and Methods for evaluating project investment efficiency

Pham Thi Kim Thoa[1, *], Tran Xuan Mien[1], Nguyen The Cong[1],
Nguyen Thi Kim Yen[1], Tran Thi Bich Hanh[2]
[1]*Land Management and Cadastral Technology for Sustainable Development, Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Faculty of Informatic Economics, National Economic University*

Real estate business is the investment of capital to carry out activities of construction, purchase, transfer, receipt of transfer for sale, lease of real estate, and implementation of real estate services. In the process of investing in the real estate business, evaluating investment efficiency is always a very important step in the process of choosing an investment plan. In terms of investment psychology, any investor must carefully consider the choice before making investment decisions. Investors often base their on the project efficiency evaluation criteria set from the beginning to get the most optimal decision. This article introduces some basic knowledge in the field of real estate business, especially methods of evaluating the effectiveness of real estate investment projects. The theoretical foundations have been tested at "Tay Ho Parkview Project in Phu Thuong ward, Tay Ho district, Hanoi City".

Keywords: Real estate, evaluate project effectiveness, real estate business.

ENGINEERING SURVEYING FOR SUSTAINABLE DEVERLOPMENT - ESSD2023

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ESSD 2023)

Nghiên cứu thiết kế xây dựng hệ thống quan trắc liên tục công trình cầu lớn dựa trên công nghệ GNSS/CORS

Phạm Công Khải*
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Quan trắc liên tục công trình cầu theo thời gian thực có một ý nghĩa quan trọng trong quá trình vận hành, nó cung cấp các thông tin tức thời về tình trạng của cây cầu tại thời điểm quan sát, giúp cho con người và phương tiện vận tải hoạt động được an toàn. Trong nghiên cứu này, chúng tôi chủ yếu tập trung vào ứng dụng công nghệ GNSS/CORS để thiết kế, xây dựng một hệ thống quan trắc liên tục công trình cầu theo thời gian thực. Hệ thống quan trắc đảm bảo từ việc thu nhận, truyền dẫn, xử lý số liệu diễn ra liên tục và đưa ra cảnh báo một cách tức thời khi có sự cố. Hệ thống quan trắc được thiết kế gồm hai phần chính là hệ thống trạm CORS và hệ thống trạm quan trắc. Sử dụng hệ thống trạm CORS đã được thiết lập dựa trên công nghệ và thiết bị của hãng Leica. Hệ thống trạm quan trắc do chúng tôi tự thiết kế, phát triển dựa trên nền tảng công nghệ và thiết bị của Trimble. Phần mềm điều khiển mọi hoạt động của hệ thống quan trắc cũng đã được nghiên cứu xây dựng. Một thực nghiệm mô phỏng đã được thực hiện nhằm đánh giá độ chính xác và khả năng hoạt động của hệ thống quan trắc. Thực nghiệm quan trắc cầu Thăng Long đã được thực hiện cho thấy hệ thống quan trắc hoạt động liên tục, ổn định, tần suất thu tín hiệu của trạm quan trắc lên đến 20 Hz. Số liệu quan trắc theo định dạng tiêu chuẩn NMEA-0183 được truyền về trung tâm xử lý số liệu theo thời gian thực và được xử lý tức thời nhờ phần mềm tự xây dựng cài đặt tại máy tính chủ của trạm CORS.

Từ khóa: Công nghệ GNSS/CORS, hệ thống quan trắc liên tục, thời gian thực, công trình cầu lớn.

1. Đặt vấn đề

Trong hệ thống giao thông đường bộ, cầu là một loại công trình quan trọng trong mạng lưới cơ sở hạ tầng của mỗi quốc gia, nó phục vụ cho sự phát triển của xã hội. Tuy nhiên, do tải trọng và lưu lượng giao thông ngày càng tăng, việc sử dụng trong thời gian lâu dài là những yếu tố ảnh hưởng đến khả năng khai thác của cầu. Việc phát hiện tức thời về phản ứng của cầu dưới tác động của tải trọng động do phương tiện giao thông gây ra là rất quan trọng, có thể làm giảm nguy cơ tai nạn có thể xảy ra với con người và tránh được thiệt hại về tài chính khi có sự cố xảy ra. Kết quả thu thập được là một bức tranh tổng thể về tình trạng của cầu trong giai đoạn vận hành, là cơ sở quan trọng cho việc đưa ra các đánh giá về khả năng khai thác phục vụ của cầu. Quá trình thực hiện giám sát chuyển dịch của cầu và xác định thiệt hại của nó khi có sự cố xảy ra được gọi là giám sát sức khỏe cấu trúc (Structural Health Monitoring - SHM).

Cho đến nay, biến dạng của cầu theo chuỗi thời gian có thể thu được từ các hệ thống SHM sử dụng gia tốc kế (Moschas et al., 2011; Hwang et al., 2012), máy đo độ nghiêng (Ruijie et al., 2018), máy đo biến dạng (Chen et al., 2019), thiết bị đo đạc quang học. Tuy nhiên, hệ thống quan trắc bằng gia tốc kế, máy đo độ nghiêng, máy đo biến dạng chỉ có khả năng đo phản ứng của cầu. Các phương pháp quan trắc bằng thiết bị đo đạc quang học chỉ được sử dụng để quan trắc biến dạng công trình có tải trọng tĩnh. Có một số phương pháp mới được phát triển để quan trắc biến dạng cầu như sử dụng máy toàn đạc điện tử tự động (Stiros et al., 2012), phương pháp chụp ảnh kết hợp với cảm biến chuyển dịch (Handavani et al., 2012; Zhang et al., 2018). Các phương pháp này có thể bị ảnh hưởng bởi thời tiết, vận hành phức tạp và đặc biệt là không cung cấp dữ liệu theo thời gian thực.

Trong những năm qua, có một số bài báo xác định chuyển dịch động, sử dụng công nghệ GPS/RTK đã được xuất bản, đã xác nhận khả năng ứng dụng của công nghệ GPS để quan trắc chuyển dịch động của cầu với tần số lấy mẫu lên đến 10 Hz và độ dịch chuyển khoảng 10-20 mm Ruijie Xi et al., 2108). Việc ứng dụng công nghệ định vị điểm chính xác (Precise Point Positioning - PPP) dựa trên hệ thống định vị toàn cầu GPS để quan trắc sức khỏe và phát hiện kịp thời những hư hỏng của cầu đã được công bố và xác định được độ chuyển dịch đứng của cầu do tải trọng động của xe với độ chính xác (cm) (Pssimoulis et al., 2008).

* *Tác giả liên hệ*
Email: phamcongkhai@humg.edu.vn

Hiện nay, công nghệ hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu GNSS được sử dụng trong quan trắc biến dạng cầu được đánh giá là một trong những phương pháp tiên tiến. Công nghệ GNSS có nhiều ưu điểm so với các phương pháp truyền thống khác như cung cấp chuyển dịch tuyệt đối trong không gian 3 chiều (3D) theo thời gian thực, hoạt động liên tục dưới mọi điều kiện thời tiết, không cần sự thông hướng giữa các trạm (Yu et al., 2014). Công nghệ GNSS có thể khắc phục một số nhược điểm của phương pháp gia tốc kế, vốn gây khó khăn trong việc quan trắc liên tục các cấu trúc kỹ thuật và theo dõi rung động cấu trúc chậm với tần số nhỏ hơn 0,2 Hz (Ju el al., 2011). Với nhu cầu thực tế hiện nay và với sự phát triển nhanh chóng về công nghệ định vị vệ tinh, ở hầu hết các nước trên thế giới đã xây dựng mạng lưới các trạm tham chiếu hoạt động liên tục (CORS) làm cơ sở hạ tầng không gian quốc gia. Nó sẽ cung cấp được nhiều ứng dụng hơn cho các lĩnh vực trắc địa bản đồ với độ chính xác cao, theo thời gian thực. Việc ứng dụng công nghệ CORS để quan trắc biến dạng công trình nói chung và công trình cầu nói riêng là một hướng nghiên cứu mới. Tuy nhiên để thực hiện quan trắc dựa trên công nghệ CORS theo hướng tự động, liên tục và theo thời gian thực cần phải xây dựng một hệ thống trạm quan trắc phù hợp. Xu hướng tự phát triển các thiết bị định vị vệ tinh GNSS có giá thành thấp sử dụng trong đo đạc thành lập bản đồ đã được công bố trong nhiều bài báo đã được xuất bản (Benedetti et al., 2017). Tuy nhiên việc phát triển thiết bị định vị vệ tinh GNSS phục vụ cho quan trắc cầu chưa có nhiều công bố. Trong bài báo đã được xuất bản (Benedetti et al., 2017) chủ yếu là thực nghiệm, phân tích đánh giá tính khả thi của máy thu GNSS giá rẻ trong quan trắc biến dạng cầu. Các máy thu GNSS chủ yếu được phát triển dựa trên công nghệ của bo mạch chủ của u-blox ZED-F9P kết hợp với ăng ten giá thành thấp u-blox ANN-MB-00, cho nên độ chính xác của máy thu khá thấp, chỉ đạt ở mức sai số ±2 cm, vì vậy những máy thu này không đủ điều kiện để quan trắc biến dạng cầu.

Quan trắc biến dạng cầu sử dụng công nghệ GNSS có xu hướng trở thành lựa chọn tốt nhất và đã được sử dụng rộng rãi trong quan trắc sức khỏe kết cấu của cầu. Nội dung chính của bài báo này là thiết kế phát triển một hệ thống quan trắc liên tục chuyển dịch cầu theo thời gian thực dựa trên công nghệ GNSS/CORS.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên lý chung của quan trắc chuyển dịch công trình

Nguyên lý quan trắc chuyển dịch biến dạng cầu theo thời gian thực là xác định sự thay đổi vị trí của điểm quan trắc có gắn hệ thống máy thu GNSS trong một khoảng thời gian nào đó. Phương trình tính toán chuyển dịch của công trình xây dựng được biểu diễn theo công thức sau (Handavani et al., 2015).

$$Qp = R'p - Rp = Qp(Xp, Yp, Hp, t) \quad (1)$$

trong đó:

Rp - Vị trí của điểm P ở thời điểm t = 0 (trước khi chuyển dịch);

R'p - Vị trí của điểm P ở thời điểm t > 0 (sau khi chuyển dịch).

Đại lượng chuyển dịch biến dạng trong công thức (1) được xác định trong không gian 4 chiều, gồm 3 chiều theo thành phần tọa độ X, Y, H và chiều thứ tư là thời gian t.

Chuyển dịch theo các trục tọa độ được xác định theo công thức sau:

- Chuyển dịch theo trục X: $Qx = X_i(t+1) - X_i(t)$ (2)
- Chuyển dịch theo trục Y: $Qy = Y_i(t+1) - Y_i(t)$ (3)
- Dịch chuyển toàn phần: $Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}$ (4)
- Chuyển dịch đứng (độ lún): $S_i = H_i(t+1) - H_i(t)$ (5)

trong đó: $X_i(t)$, $Y_i(t)$, $H_i(t)$ là tọa độ của điểm i ở thời điểm t (trước khi chuyển dịch).

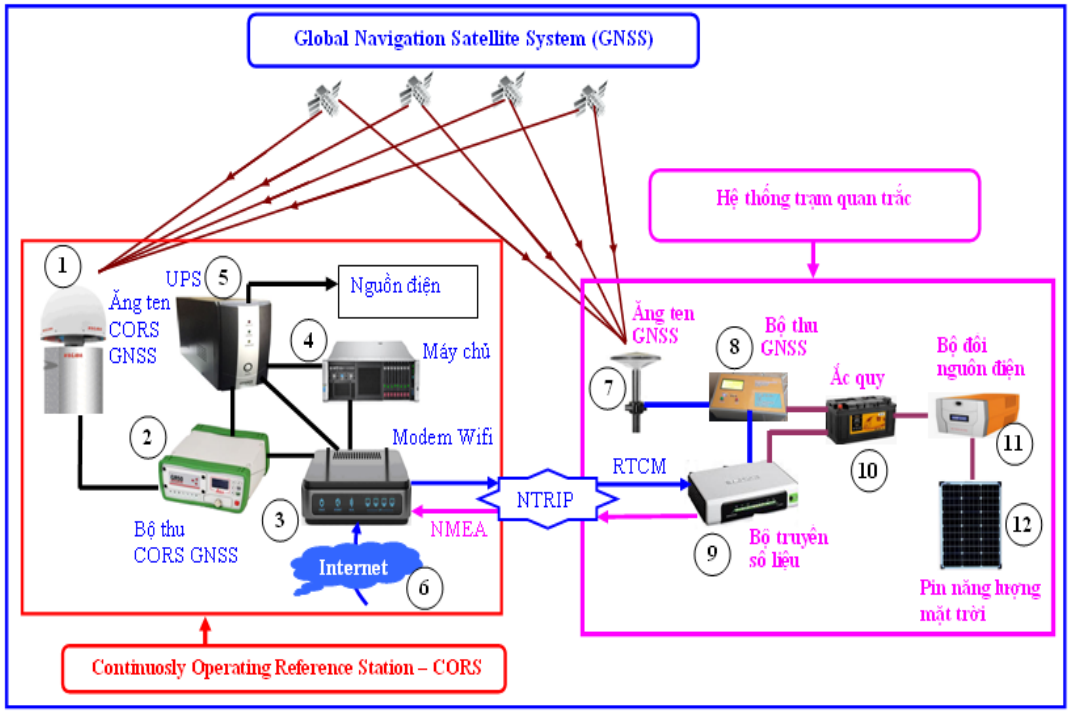
$X_i(t+1)$, $Y_i(t+1)$, $H_i(t+1)$ là tọa độ của điểm i ở thời điểm (t+1) (sau khi chuyển dịch).

Như vậy, bản chất của việc quan trắc liên tục chuyển dịch công trình nói chung và công trình cầu nói riêng dựa trên công nghệ GNSS là thông qua việc xác định tọa độ tức thời của các điểm quan trắc gắn với công trình ở những thời điểm khác nhau. Tọa độ của các điểm này được xác định, theo phương thức đo động xử lý tức thời RTK dựa trên công nghệ GNSS/CORS.

2.2. Thiết kế hệ thống quan trắc chuyển dịch cầu theo thời gian thực

Hệ thống quan trắc biến dạng cầu theo thời gian thực sử dụng công nghệ GNSS/CORS được thiết kế sao cho nó hoạt động được liên tục, ổn định, thu nhận và truyền dẫn số liệu từ trạm quan trắc về máy chủ

của trạm tham chiếu một cách tức thời. Hệ thống quan trắc có thể ứng dụng công nghệ trạm tham chiếu đơn hoặc sử dụng công nghệ mạng lưới các trạm tham chiếu. Trong nghiên cứu này một hệ thống quan trắc cầu sử dụng công nghệ GNSS với trạm tham chiếu đơn đã được thiết kế, xây dựng. Hệ thống quan trắc này gồm có hai phần chính. Phần thứ nhất là hệ thống trạm tham chiếu hoạt động liên tục CORS và phần thứ hai là hệ thống trạm quan trắc. Sơ đồ hệ thống quan trắc cầu được thiết kế, xây dựng thể hiện như ở Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống quan trắc liên tục chuyển dịch công trình cầu bằng công nghệ GNSS/CORS

Hệ thống trạm CORS được thiết lập bao gồm hai phần cơ bản đó là phần cứng và phần mềm. Phần cứng gồm có ăng ten CORS GNSS (1), bộ thu CORS GNSS (2), modem wifi (3) kết nối đường truyền internet (6) và máy tính chủ (4) được cấp nguồn điện ổn định với bộ lưu điện UPS (5). Bộ phần mềm xử lý dữ liệu trạm CORS gồm có phần mềm quản lý trạm (NRS-Station) và phần mềm quản lý người sử dụng (NRS-Server).

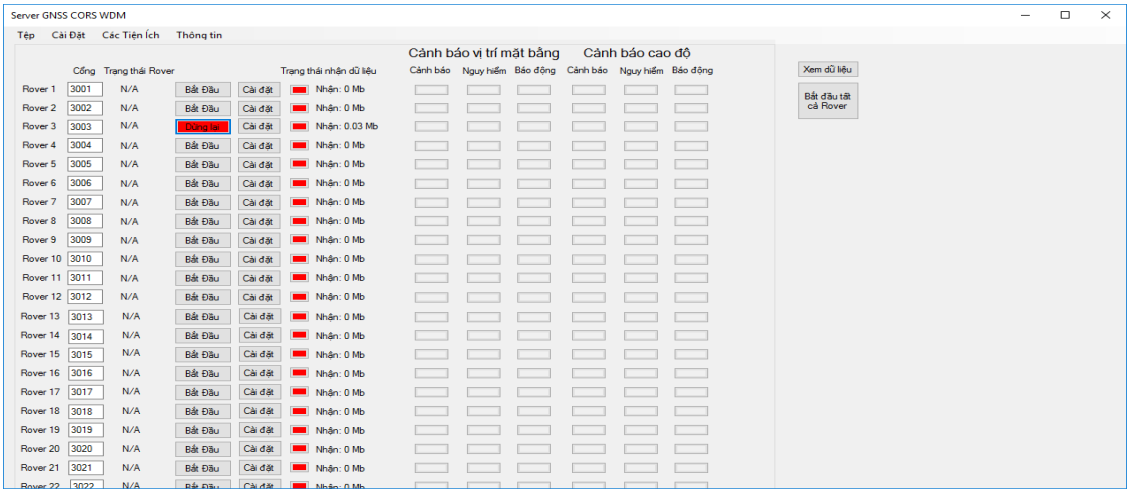
Hệ thống trạm quan trắc đặt ở công trình được thiết kế bao gồm, một ăng ten GNSS (7), một bộ thu GNSS (8), một bộ truyền dữ liệu trực tuyến (9), ắc quy (10), bộ chuyển đổi nguồn điện (11), tấm panel năng lượng mặt trời (12). Trong hệ thống máy thu GNSS có bộ thu GNSS và bộ truyền dữ liệu trực tuyến là hai bộ phận chính được thiết kế phát triển trong nghiên cứu này.

Nguyên lý hoạt động của hệ thống quan trắc biến dạng cầu theo thời gian thực được xây dựa trên nguyên lý định vị GNSS/CORS/RTK. Tín hiệu vệ tinh GNSS được ăng ten (1) ở trạm CORS thu nhận và truyền về bộ thu CORS GNSS thông qua một dây cáp chuyên dụng, tại đây tín hiệu vệ tinh được giải mã và đi qua modem (3) về máy tính chủ (4). Ở máy tính chủ được cài đặt một phần mềm chuyên dụng, có thể phân cấp quản lý tùy theo từng đối tượng người sử dụng, cung cấp thông tin định vị vi phân cho điểm đo di động, xử lý số liệu của mạng lưới đo động RTK, đồng thời hiệu chỉnh các số nguyên đa trị của toàn mạng, thiết lập mô hình cải chính (gồm cải chính sai số tầng đối lưu, tầng điện ly, quỹ đạo vệ tinh).

Số hiệu chỉnh của trạm CORS cho các trạm quan trắc theo chuẩn định dạng của RTCM được truyền trên nền mạng IP qua giao thức NTRIP. Giao thức NTRIP được thiết kế để hỗ trợ truy cập internet không dây thông qua mạng lưới truyền thông 4G hoặc 5G. Việc truyền trực tuyến dữ liệu từ các trạm quan trắc tới máy tính chủ được thực hiện bởi bộ truyền số liệu do chúng tôi tự nhiên cứu, phát triển.

Cơ chế truyền dẫn số liệu cải chính theo định dạng RTCM và dữ liệu quan trắc theo định dạng NMEA được thực hiện trên nền mạng IP qua giao thức NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet

Protocol). Để quản lý và điều khiển hoạt động cho hệ thống quan trắc liên tục chuyển dịch công trình theo thời gian thực, một phần mềm đã được nghiên cứu phát triển có tên gọi là Server GNSS CORS WDM như Hình 2.



Hình 2. Giao diện của phần mềm quản lý, điều khiển hoạt động hệ thống trạm quan trắc

Phần mềm được xây dựng dựa trên phần mềm lập trình Visual Studio 2019 và được cài đặt trên máy tính chủ của trạm CORS. Phần mềm được thiết kế hỗ trợ quản lý hoạt động được 50 trạm quan trắc cùng một lúc, hỗ trợ truyền số liệu quan trắc qua giao thức NTRIP, hỗ trợ thiết lập hệ thống kết nối với trạm CORS, cài đặt chu kỳ 0 cho trạm quan trắc, hiển thị thông tin quan trắc như vị trí tức thời kinh độ, vĩ độ, cao độ, khoảng chuyển dịch, phương chuyển dịch, sai số vị trí trạm quan trắc, hiển thị biểu đồ chuyển dịch ngang, chuyển dịch đứng theo thời gian thực.

3. Dữ liệu quan trắc và phương pháp xử lý

3.1. Định dạng cấu trúc dữ liệu quan trắc

Có nhiều định dạng dữ liệu được phát triển trong định vị vệ tinh cho các mục đích khác nhau, chẳng hạn như để truyền vị trí định vị GPS giữa các thiết bị điện tử hoặc giữa các máy thu GNSS, truyền số hiệu chỉnh vị trí từ trạm tham chiếu đến các máy thu Rover. Hiện nay, Hiệp hội Điện tử Hàng hải Quốc gia của Mỹ (National Marine Electronics Association - NMEA) có đề xuất một tiêu chuẩn lấy tên là NMEA để định dạng thông tin hệ thống định vị toàn cầu GPS (Global Positioning System) hoặc hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu GNSS (Global Navigation Satellite System). Tiêu chuẩn NMEA có nhiều phiên bản khác nhau nhưng tiêu chuẩn NMEA-0183 được sử dụng rộng rãi nhất. NMEA sử dụng mã tiêu chuẩn ASCII, mỗi đoạn mã theo chuẩn định dạng NMEA bắt đầu với một ký tự "$" trên một hàng nối tiếp và không thể lớn hơn 80 ký tự. Dữ liệu được chứa đựng bên trên một hàng với những kiểu khác nhau và được cách nhau bởi dấu phẩy (,), sau dấu phẩy có ký tự khoảng trống, sau đó đến thông tin về thời gian, tọa độ, trạng thái, độ cao. Tiêu chuẩn NMEA gồm có nhiều tin nhắn, chẳng hạn như GNGGA, GPGST, GNGLL GNGSA, GNGSV, GNRMC, GNVTG, GNZDA,… Một số tin nhắn NMEA có thể chứa các trường dữ liệu giống nhau hoặc có thể chứa dữ liệu thông báo khác nhưng có kích thước nhỏ hơn. Trong các loại tin nhắn theo tiêu chuẩn NMEA, có hai tin nhắn quan trọng nhất khi định vị đó là GGA và GST.

Tin nhắn GGA là tin nhắn được sử dụng phổ biến nhất, nó bao gồm các thông tin về thời gian UTC (1), vĩ độ (2), bắc hoặc nam (3), kinh độ (4), đông hoặc tây (5), chỉ số chất lượng định vị (6), số lượng vệ tinh được sử dụng (7), độ suy giảm độ chính xác mặt bằng (8), cao độ ăng ten so với mặt Geoid (9), đơn vị độ cao ăng ten (10), khoảng cách giữa mặt ellipsoid Trái đất WGS-84 và mặt Geoid (11), đơn vị khoảng cách (12), tổng kiểm tra (13). Cấu trúc của tin nhắn GGA và các thông tin chi tiết của nó được thể hiện như ở Bảng 1.

Bảng 1. Cấu trúc của tin nhắn trị đo GGA và các thông tin chi tiết của nó

GGA-Global Positioning System Fix Data. Time, Position and fix related data for a GPS receiver
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 $GNGGA,hhmmss.ss,llll.ll,a,yyyyy.yy,a,x,xx,x.x,x.x,M,x.x,M*hh
$GNGGA,094616.00,2103.33415041,N,10547.84535284,E,4,10,1.0,9.009,M,-28.235,M*40 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

Tin nhắn GST chứa các thông tin về thời gian hiệu chỉnh vị trí (1), phần dư của khoảng cách giả (2), giá trị bán trục lớn của ellip sai số (3), giá trị bán trục nhỏ của ellip sai số (4), góc định hướng của bán trục lớn của ellip sai số (5), giá trị sai số theo trục Y (6), giá trị sai số theo trục X (7), sai số độ cao (8), tổng kiểm tra (9). Cấu trúc của tin nhắn GST và các thông tin chi tiết của nó được thể hiện như ở Bảng 2.

Bảng 2. Cấu trúc của tin nhắn trị đo GST và các thông tin chi tiết của nó

GST - Position error statistics
1 2 3 4 5 6 7 8 9 $GNGST,hhmmss.ss,a.a,b.b,c.c,d.d,e.e,f.f,g.g*hh
$GNGST,094614.00,0.084,0.010,0.009,56.9,0.010,0.010,0.026*7D 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Chỉ số chất lượng định vị RTK theo công nghệ CORS có 6 mức độ khác nhau từ mức 0 đến mức 5. Khi định vị theo phương thức CORS/RTK nếu chỉ số này là 4 thì có nghĩa là trị đo này đã được hiệu chỉnh từ trạm CORS và người đo sẽ lấy giá trị tọa độ này trong chuỗi trị đo GGA. Kết hợp với sai số định vị thể hiện trong chuỗi tin nhắn GST, sẽ chọn được những tọa độ định vị tốt nhất.

3.2. Phương pháp xử lý dữ liệu quan trắc theo định dạng tiêu chuẩn NMEA-0183

Tất cả các thông tin trị đo theo định dạng tiêu chuẩn NMEA, cần được xử lý để nhận được những trị đo có chất lượng tốt nhất nhằm nâng cao độ chính xác của kết quả quan trắc. Đặc biệt chú ý đến hai loại tin nhắn GGA và GST. Dòng tin nhắn GGA cho biết những trị đo nào đã được cải chính vị trí từ trạm CORS và đạt yêu cầu độ chính xác (trị đo Fixed), còn dòng tin nhắn GST cho biết sai số vị trí điểm đo đã được cải chính nhưng có giá trị nhỏ nhất. Tất cả những trị đo đạt yêu cầu độ chính xác được lưu trữ trong một tệp theo từng ngày và tên tệp số liệu tạo thành bởi tên thiết bị quan trắc kết hợp với ngày tháng năm (ví dụ: Data-Rover04-09122021.txt).

Quá trình xử lý dữ liệu quan trắc chuyển dịch theo chuẩn định dạng NMEA được tiến hành qua các bước sau:

Bước 1: Kiểm tra tính toàn vẹn (tính đầy đủ) của các thông tin trong chuỗi tin nhắn trị đo

Sử dụng Checksum trong chuỗi tin nhắn trị đo đã gửi kèm để so sánh với Checksum tính toán được, nếu trong chuỗi tin nhắn trị đo có một thay đổi nhỏ cũng sẽ tạo ra tổng Checksum khác nhau rất lớn. Nếu dòng tin nhắn trị đo không thay đổi tức là Checksum gửi đến và Checksum tính toán được giống nhau, có nghĩa là dòng tin nhắn gửi đi được bảo toàn, không bị thay đổi và nó được người sử dụng chấp nhận.

Bước 2: Lọc ra những tin nhắn có tọa độ đã được hiệu chỉnh vị trí (Fixed).

Trong chuỗi tin nhắn GGA có chỉ số báo chất lượng phép đo GPS (GNSS), các chỉ số báo chất lượng này có 6 mức khác nhau đánh số từ 0 đến 5, khi chỉ số báo chất lượng là 4 thì trị đo này đã được cải chính vị trí và cho chất lượng tốt nhất và giá trị này được chọn.

Bước 3: Lọc những tin nhắn có tọa độ đã được hiệu chỉnh vị trí nhưng có sai số vị trí nhỏ nhất.

Việc lọc ra tọa độ có sai số nhỏ được thực hiện bằng cách phân tích chuỗi tin nhắn GST dựa trên sai số vị trí định vị mà tin nhắn này nhận được.

Bước 4: Tính đổi tọa độ

1. Tính đổi giữa hệ tọa độ trắc địa và hệ tọa độ vuông góc không gian

Công thức tính đổi từ (B,L,H) sang (X,Y,Z) (Hoàng Ngọc Nhà, 2020)

$$\left.\begin{aligned} X &= (N+H)\cos B.\cos L \\ Y &= (N+H)\cos B.\sin L \\ Z &= [N(1-e^2)+H].\sin B \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

trong đó: B là vĩ độ trắc địa; L là kinh độ trắc địa; H là độ cao trắc địa. N là bán kính vòng thẳng đứng thứ nhất tại điểm xét. e là tâm sai thứ nhất của ellipsoid.

2. Thuật toán chuyển đổi giữa các hệ tọa độ

a).Tính chuyển đổi hệ tọa độ WGS- 84 sang VN2000

Tọa độ của các trạm quan trắc được xác định trong hệ tọa độ WGS-84, sau đó được tính chuyển sang hệ tọa độ VN-2000 theo công thức (7).

$$\left.\begin{aligned} X &= \Delta X_o + k.(X' + \varepsilon_o.Y' - \psi_o.Z') \\ Y &= \Delta Y_o + k.(-\varepsilon_o.X' + Y' + \omega_o.Z') \\ Z &= \Delta Z_o + k.(\psi_o.X' - \omega_o.Y' + Z') \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

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).

ΔX_o, ΔY_o, ΔZ_o là các tham số dịch chuyển gốc tọa độ (m).

ω_o, ψ_o, ε_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 chuyển tọa độ từ hệ WGS-84 sang hệ tọa độ VN-2000 do Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố.

Bước 5: Đánh giá độ chính xác kết quả đo

Dựa vào tọa độ mặt bằng và độ cao xác định được, đánh giá độ chính xác của các thành phần tọa độ theo các công thức sau:

$$m_x = \sqrt{\frac{[v_x v_x]}{n-1}};\ m_y = \sqrt{\frac{[v_y v_y]}{n-1}};\ m_h = \sqrt{\frac{[v_h v_h]}{n-1}};$$

trong đó:

$$v_{xi} = \overline{X} - X_i;\ \overline{X} = \frac{1}{n}\sum_1^n X_i;\ \ v_{yi} = \overline{Y} - Y_i;\ \overline{Y} = \frac{1}{n}\sum_1^n Y_i;\ \ v_{hi} = \overline{H} - H_i;\ \overline{H} = \frac{1}{n}\sum_1^n H_i$$

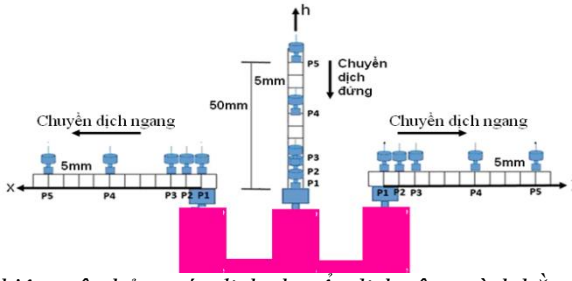
Bước 6: Xác định các đại lượng chuyển dịch

Dựa vào các thành phần tọa độ của điểm quan trắc, khi đó đại lượng chuyển dịch theo các trục tọa độ được xác định theo các công thức (2), (3), (4) và (5) như đã trình bày ở phần trên.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Kết quả thực nghiệm mô phỏng

Để kiểm chứng, đánh giá độ chính xác của phương pháp quan trắc chuyển dịch công trình bằng công nghệ GNSS/CORS, một thực nghiệm mô phỏng đã được tiến hành. Nguyên lý của thực nghiệm mô phỏng dựa trên sự thay đổi vị trí của ăng ten GNSS theo phương ngang và phương thẳng đứng (Hình 3).



Hình 3. Nguyên lý thực nghiệm mô phỏng xác định chuyển dịch công trình bằng công nghệ GNSS/CORS

Để tiến hành thực nghiệm mô phỏng 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 GNSS, bộ truyền số liệu, ắc quy, tấm pin năng lượng mặt trời và các phụ kiện kèm theo. Hệ thống quan trắc thực nghiệm mô phỏng thể hiện như Hình 4.



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

Hình 4. Hệ thống quan trắc thực nghiệm mô phỏng chuyển dịch công trình

Hệ thống trạm quan trắc được kết nối đến trạm CORS thông qua địa chỉ IP và cổng kết nối (118.70.171.179:5005). Ở trạm quan trắc, thiết lập đầu ra để nhận các tin nhắn trị đo NMEA bằng cách đăng nhập vào bộ thu GNSS của trạm quan trắc. Kết nối wifi máy tính với bộ truyền số liệu ở trạm quan trắc, rồi vào trình duyệt web sau đó nhập vào địa chỉ 192.168.0.100 để đăng nhập vào trình quản lý bộ thu GNSS rồi chọn loại tin nhắn NMEA mà người sử dụng cần đến.

Sau khi thiết lập các thông số cho trạm CORS và trạm quan trắc, số liệu quan trắc được tự động truyền về máy tính chủ của trạm CORS theo từng chu kỳ. Việc quan trắc thực nghiệm mô phỏng thực hiện với 5 chu kỳ, mỗi chu kỳ với thời gian thu tín hiệu vệ tinh khoảng từ 45 phút đến 60 phút. Ở Bảng 3 là một đoạn số liệu số quan trắc thực nghiệm mô phỏng theo định dạng tiêu chuẩn NMEA-0183.

Bảng 3. Một đoạn số liệu quan trắc thực nghiệm mô phỏng theo định dạng tiêu chuẩn NMEA-0183

```
$GNGGA,072022.00,2103.33309003,N,10547.84433528,E,4,22,0.6,11.288,M,-28.235,M,1.0,0000*43
$GNGST,072022.00,0.054,0.006,0.005,100.9,0.005,0.006,0.015*41
$GPGSV,10,1,35,32,44,105,48,16,49,215,47,3,28,306,41,22,40,281,43*78
$GPGSV,10,2,35,31,42,022,46,29,11,059,37,27,10,182,30,26,84,342,49*45
$GPGSV,10,3,35,40,29,254,36,42,40,114,,41,54,229,48*73
$GLGSV,10,4,35,79,12,239,36,77,38,009,36,66,43,146,49,78,50,283,52*5C
$GLGSV,10,5,35,68,25,334,47,67,78,354,51*51
$GBGSV,10,6,35,104,25,105,40,103,63,168,44,102,55,228,42,101,40,115,42*5A
$GBGSV,10,7,35,116,56,036,47,113,15,203,34,110,55,198,45,109,53,357,45*56
$GBGSV,10,8,35,107,68,182,47,106,57,017,45,129,14,143,37,126,11,253,39*50
$GBGSV,10,9,35,122,78,257,51,121,30,319,46,119,37,156,46*5A
$GQGSV,10,10,35,193,47,131,44,194,54,051,46,195,21,130,35*74
$GNGSA,A,3,104,103,102,101,116,113,110,109,106,107,,,1.1,0.6,0.9*2B
……
```

Việc xử lý số liệu quan trắc được thực hiện qua sáu bước như đã nêu ở trên và bằng một module của phần mềm Server GNSS CORS WDM. Kết quả xử lý số liệu xác định được chuyển dịch ngang và chuyển dịch đứng như ở Bảng 4.

Bảng 4. Kết quả quan trắc thực nghiệm mô phỏng chuyển dịch công trình

Chu kỳ quan trắc	Tọa độ mặt bằng (m)			Chuyển dịch ngang quan trắc (mm)	Chuyển dịch ngang đo trực tiếp (mm)	Chuyển dịch đứng quan trắc (mm)	Chuyển dịch đứng đo trực tiếp (mm)	Chênh lệch chuyển dịch ngang (mm)	Chênh lệch chuyển dịch đứng (mm)
	X	Y	H						
1	2330395.293	580217.848	6.883						
				7	5	-10	-7	2	3
2	2330395.287	580217.845	6.873						
				13	15	-13	-10	2	3
3	2330395.275	580217.841	6.860						
				34	37	-24	-20	3	4
4	2330395.245	580217.824	6.836						
				48	51	-26	-30	3	4
5	2330395.202	580217.803	6.810						

4.2. Kết quả quan trắc với số liệu thực tế

Vit quả quan trắc với số liệu thực tế mô phỏng chuyển dịch công trình trên và bằng một moSông Hồng uả quan tHà Nội. Đây là muan tHà Nộii số liệu thực tế mô phỏng chuyển dịch công trình trên và bằng một module của phần mềm Server GNSS CORS WDM. Kết quả xử lý số liệu xác định được chuyển dịch ngang và chuyển dịch đứng như ở quan tr

Trên mặt cầu tầng 2 ở làn dành cho người đi bộ phía Đông của cầu bố trí 4 trạm có số hiệu là N-01, N-02, N-03, N-04 (Hình 5). Sử dụng trạm CORS được thiết lập ở Trường Đại học Mỏ - Địa chất có số hiệu CORS-N001 cách trung tâm của cầu khoảng 2,5 km.



Hình 5. Sơ đồ bố trí các trạm quan trắc trên cầu Thăng Long

Hệ thống thiết bị ở mỗi trạm quan trắc gồm có ăng ten GNSS, bộ thu, bộ truyền số liệu GNSS, ắc quy, tấm pin năng lượng mặt trời. Ăng ten GNSS được lắp vào phần trên của mốc quan trắc và kết nối với bộ thu GNSS. Hệ thống trạm quan trắc sau khi được lắp đặt, được kết nối với trạm CORS đặt ở Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Dữ liệu quan trắc theo định dạng tiêu chuẩn NMEA-0183 được truyền về máy chủ trung tâm trạm CORS theo thời gian thực. Số liệu được tự động lưu vào file có tên mặc định là “Data”+ “Rover”+ “dd-mm-yy”.txt. Mỗi ngày sẽ có một file số liệu. Ví dụ file số liệu quan trắc ở ngày 18 tháng 10 năm 2022 có tên “Data-Rover-18102022.txt”. Ở Bảng 5 là một đoạn số liệu số quan trắc thực nghiệm cầu Thăng Long.

Bảng 5. Một đoạn số liệu quan trắc chuyển dịch công trình cầu Thăng Long

```
$GNGGA,072013.00,2103.33471115,N,10547.84479478,E,1,29,0.6,7.321,M,-28.235,M,,*51
$GNGST,072013.00,1.452,0.594,0.487,70.4,0.500,0.583,1.189*76
$GPGSV,10,1,33,32,44,105,47,16,49,215,46,3,28,306,40,22,40,281,41*73
$GPGSV,10,2,33,31,42,022,46,29,11,059,36,27,10,182,36,26,84,342,49*44
$GPGSV,10,3,33,40,29,254,34,42,40,114,,41,54,229,48*77
$GLGSV,10,4,33,79,12,239,39,77,39,009,36,66,43,146,51,78,50,283,52*5D
$GLGSV,10,5,33,68,25,334,48,67,78,354,52*5B
$GBGSV,10,6,33,104,25,105,39,103,63,168,44,102,55,228,42,101,40,115,43*53
$GBGSV,10,7,33,116,56,036,47,110,55,198,45,109,53,357,45,107,68,182,46*50
$GBGSV,10,8,33,106,57,017,45,129,14,143,40,122,78,258,51,121,30,319,45*53
$GBGSV,10,9,33,119,37,156,46*5E
$GQGSV,10,10,33,193,47,131,43,194,54,051,45,195,21,130,36*75
$GNGSA,A,3,32,16,3,31,29,27,26,,,,,,1.0,0.6,0.8*1E
$GNGSA,A,3,79,77,66,78,68,67,,,,,,,1.0,0.6,0.8*2D
$GNGSA,A,3,104,103,102,101,116,110,109,107,106,129,122,121,1.0,0.6,0.8*21
$GNGSA,A,3,119,,,,,,,,,,,,1.0,0.6,0.8*1A
$GNGSA,A,3,193,194,195,,,,,,,,,1.0,0.6,0.8*19
……
```

Việc xử lý dữ liệu quan trắc được thực hiện qua sáu bước như đã trình bày Mục 3.2 bằng phần mềm chuyên dụng đã được xây dựng. Kết quả xử lý một đoạn số liệu được thể liệu như ở Bảng 6.

Bảng 6. Kết quả xử lý số liệu quan trắc cầu Thăng Long

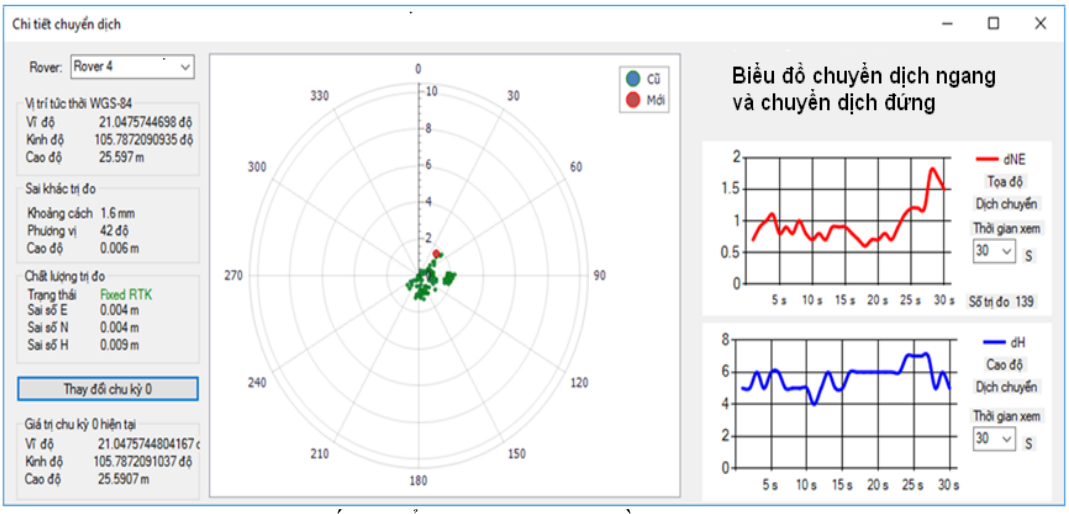
No	B o ′ ″	L o ′ ″	h (m)	X (m)	Y (m)	H (m)
1	21 04 18.32372	105 46 24.51197	0.7284	2330983.5709	580373.8585	23.7284
2	21 04 18.32398	105 46 24.51175	0.7276	2330983.5772	580373.8520	23.7276
3	21 04 18.32383	105 46 24.51241	0.7237	2330983.5758	580373.8525	23.7237
4	21 04 18.32376	105 46 24.51263	0.7212	2330983.5780	580373.8520	23.7212
5	21 04 18.3243	105 46 24.51217	0.7263	2330983.5779	580373.8578	23.7263
6	21 04 18.32332	105 46 24.51256	0.7214	2330983.5745	580373.8566	23.7214
7	21 04 18.32376	105 46 24.51193	0.7208	2330983.5691	580373.8512	23.7208
8	21 04 18.3238	105 46 24.51171	0.7248	2330983.5718	580373.8587	23.7248
9	21 04 18.32403	105 46 24.51203	0.722	2330983.5689	580373.8529	23.722
10	21 04 18.32358	105 46 24.51265	0.7247	2330983.5694	580373.8507	23.7247
11	21 04 18.32422	105 46 24.51177	0.7224	2330983.5768	580373.8536	23.7224
12	21 04 18.3237	105 46 24.51245	0.7219	2330983.5753	580373.8566	23.7219
13	21 04 18.32343	105 46 24.51176	0.7247	2330983.5695	580373.8580	23.7247
14	21 04 18.32431	105 46 24.51197	0.7222	2330983.5781	580373.8532	23.7222
15	21 04 18.3241	105 46 24.51247	0.7228	2330983.5739	580373.8505	23.7228
…	……	……..	…..	……..	……..	……

Từ kết quả xử lý dữ liệu quan trắc như ở Bảng 6 sẽ xác định được độ chuyển dịch cầu theo thời gian thực như ở Bảng 7.

Bảng 7. Kết quả tính chuyển dịch cầu Thăng Long

Thời gian quan trắc	X (m)	Y (m)	H (m)	Q_x (mm)	Q_y (mm)	Q (mm)	S (mm)
03g51p00s	2330873.189	580572.484	23.445				
				-2,0	3,0	3,6	40
03g52p00s	2330873.191	580572.487	23.485				
				4,0	2,0	-4,5	-44
03g53p00s	2330873.195	580572.489	23.441				
				-2,0	-4,0	4,5	41
03g54p00s	2330873.193	580572.485	23.482				
				4,0	3,0	5,0	-42
03g55p00s	2330873.189	580572.488	23.440				
				-1,0	-4,0	4,1	45
03g56p00s	2330873.190	580572.484	23.485				
				5,0	-4,0	6,4	-43
03g57p00s	2330873.185	580572.480	23.442				
				3,0	4,0	5,0	48
03g58p00s	2330873.187	580572.484	23.490				
				1,0	-3,0	3,2	-42
03g59p00s	2330873.186	580572.481	23.448				
				-5,0	4,0	6,4	44
04g00p00s	2330873.191	580572.488	23.492				
……	……	……	……	……	……	…….	……

Kết quả chuyển dịch cầu Thăng Long được hiển thị trên màn hình máy chủ nhờ một module phần mềm tự thiết kế xây dựng như Hình 6.



Hình 6. Thông tin chi tiết chuyển dịch công trình cầu Thăng Long theo thời gian thực

5. Kết luận

Nghiên cứu này dựa trên công nghệ GNSS/CORS để xây dựng hệ thống quan trắc liên tục công trình cầu lớn. Từ các kết quả nghiên cứu, thực nghiệm, có thể rút ra một số kết luận sau:

Hệ thống quan trắc liên tục công trình cầu lớn được thiết kế xây dựng dựa trên công nghệ GNSS/CORS với hai thành phần chính là bộ thu GNSS và bộ truyền số liệu qua giao thức NTRIP được thiết kế phát triển đáp ứng được yêu cầu về kỹ thuật trong công tác quan trắc liên tục chuyển dịch công trình cầu với tần suất thu dữ liệu lên tới 20 Hz.

Với phần mềm chuyên dụng đã được thiết kế phát triển có thể quản lý hoạt động được 50 trạm quan trắc cùng một lúc, hỗ trợ truyền số liệu quan trắc qua giao thức NTRIP, hỗ trợ thiết lập hệ thống kết nối với trạm CORS, cài đặt chu kỳ 0 cho trạm quan trắc, hiển thị thông tin quan trắc như vị trí tức thời kinh độ, vĩ độ, cao độ, khoảng chuyển dịch, phương chuyển dịch, sai số vị trí trạm quan trắc, hiển thị biểu đồ chuyển dịch ngang, chuyển dịch đứng theo thời gian thực.

Qua thực nghiệm mô phỏng cho thấy hệ thống quan trắc có thể xác định được chuyển dịch ngang đến 3 mm và chuyển dịch đứng đến 5 mm. Hệ thống quan trắc đã được áp dụng để quan trắc thực nghiệm cho công trình cầu Thăng Long sử dụng trạm CORS đơn lắp đặt ở Trường Đại học Mỏ - Địa chất, cho thấy hệ thống quan trắc hoạt động ổn định, dữ liệu được thu nhận liên tục và truyền dẫn tức thời về máy chủ của trạm CORS và được xử lý tức thời để cung cấp cho người sử dụng biết tình trạng tức thời của công trình cầu.

Tài liệu tham khảo

Moschas F, Stiros S, 2011. Measurement of the dynamic displacements and of the modal frequencies of a short-span pedestrian bridge using GPS and an accelerometer. Eng Struct 2011, 33:10-7.

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 2012, 12, 1014-1034.

Ruijie Xi, Qiyi He, Xiaolin Meng, 2021. Bridge monitoring using multi-GNSS observations with high cutoff elevations: A case study. Measurement Volume 168, 15 January 2021, 108303.

Shi-Zhi Chen, Gang Wu, De-Cheng Feng, 2019. Damage detection of highway bridges based on long-gauge strain response under stochastic traffic flow. Mechanical Systems and Signal Processing Volume 127, 15 July 2019, pages 551-572.

Stiros SC, Psimoulis PA, 2012. Response of a historical short-span railway bridge to passing trains: 3D deflections and dominant frequencies derived from Robotic Total Station (RTS) measurements. Eng Struct 2012, 45:362-71.

Hepi Hapsari Handayani, Yuwono, Taufik M, 2015. Preliminary study of bridge deformation monitoring using GPS and CRP (case study: Suramadu Bridge).

Bochen Zhang, Xiaoli Ding, Charles Werner, Kai Tan, Bin Zhang, Mi Jiang, Jingwen Zhao Youlin Xu, 2018. Dynamic displacement monitoring of long-span bridges with a microwave radar interferometer. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.

Ruijie Xi, Weiping Jiang, Xiaolin Meng, Hua Chen, Qusen Chen, 2018. Bridge monitoring using BDS-RTK and GPS-RTK techniques. Measurement 120 (2018) 128-139.

P.A. Psimoulis, S.C. Stiros, 2008. Experimental assessment of the accuracy of GPS and RTK for the determination of the parameters of oscillation of major structures. Comput. -Aided Civ. Infrastruct. Eng. 23 (5) (2008) 389-403.

Jiayong Yu, Xiaolin Meng, Xudong Shao, Banfu Yan, Lei Yang, 2012. Identification of dynamic displacements and modal frequencies of a medium-span suspension bridge using multimode GNSS processing. Engineering Structures 81 (2014) 432-443.

Boxiao Ju, Weiping Jiang, Jun Tao, Junliang Hu, Ruijie Xi, Jun Ma, Jingnan Liu. Performance evaluation of GNSS kinematic PPP and PPP-IAR in structural health monitoring of bridge: Case studies. Measurement Vol 203, 15 November 2022, 112011.

Elisa Benedetti, Athanasios Dermanis, Mattia Crespi, 2017. On the feasibility to integrate low-cost MEMS accelerometers and GNSS receivers.

Elisa Benedetti, Athanasios Dermanis, Mattia Crespi. On the feasibility to integrate low-cost MEMS accelerometers and GNSS receivers. Advances in Space Research Volume 59, Issue 11, 1 June 2017, pages 2764-2778. https://doi.org/10.1016/j.asr.2017.02.005

Hepi Hapsari Handayani, Yuwono, Taufik M, 2015. Preliminary study of bridge deformation monitoring using GPS and CRP (case study: Suramadu Bridge). Procedia Environmental Sciences 24 (2015) 266-276.

Hoàng Ngọc Nhà (2020). Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS/GNSS. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

ABSTRACT

Investigation on designing and build of continuous monitoring system for large bridges based on GNSS/CORS technology

Pham Cong Khai*

Hanoi University of Mining and Geology

Continuously monitoring of the bridge in real time has an important meaning in the operation process, it provides instant information about the condition of the bridge at the time of observation, helping people and vehicles in safety transportation. In this study, we mainly focus on applying GNSS/CORS technology to design and build a real-time continuous monitoring system for bridge works. The monitoring system ensured the data collection, transmission and data processing takes place continuously and gives immediate warnings when incident. The monitoring designed system consist of main parts: CORS station system and monitoring station system. CORS station system based established on Leica technology and equipments. The monitoring station system is designed by ourselves and developed based on Trimble's technology and equipment. The software to control all activities of the monitoring system has also been investigated and built. A simulation experiment was performed to evaluate the accuracy and operability of the monitoring system. Experimental monitoring of Thang Long bridge has been carried out, showing that the monitoring system can continuously and stably operate, the signal reception frequency of the monitoring station is up to 20 Hz. Monitoring data in standard format NMEA-0183 is transmitted to the data processing center in real time and processed immediately by self-built software installed at the server computer of CORS station.

Keywords: GNSS/CORS technology, continuous monitoring system, real-time, large bridges.

Nghiên cứu xây dựng một số module chương trình xử lý số liệu trong khảo sát địa hình dưới nước

Lê Đức Tình[1, *], Tạ Thị Thu Hường[1], Nguyễn Thị Kim Thanh[1], Hoàng Ngọc Thê[2]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Công ty CP TVXD&TM Sơn Hà*

TÓM TẮT

Bài báo có nội dung nghiên cứu các giải pháp và xây dựng thuật toán, thành lập các module chương trình trên máy tính để có thể đồng thời xử lý kết hợp được nhiều định dạng số liệu đo đạc khác nhau trong khảo sát địa hình dưới nước như: số liệu đo sâu, dữ liệu đo mức nước, số liệu thời gian và những số liệu thông tin phi tuyến khác, trong đó công tác xử lý được tích hợp thêm cho các nguồn (dạng) số liệu khác nhau đồng thời đảm bảo kết quả đo và độ chính xác của dữ liệu đo, đẩy nhanh tiến độ thực hiện và phù hợp với điều kiện trong thực tế sản xuất ở Việt Nam. Công tác tính toán và xử lý số liệu tốt sẽ đáp ứng được yêu cầu tiến độ, chất lượng. Từ đó, giúp đẩy nhanh tiến độ của các bước khác có liên quan trong quá trình khảo sát địa hình dưới nước, góp phần nâng cao hiệu quả về mặt kinh tế, thời gian và chất lượng của công tác khảo sát địa hình dưới nước. Tính đúng đắn của các module chương trình tính toán đã được kiểm chứng so với phần mềm NavEdit của hãng Trimble thông qua ví dụ thực nghiệm đạt được như sau: chênh lệch độ cao với sai số trung phương m=0,180 mm số liệu đo mực nước bằng máy đo tự động, chênh lệch độ cao với sai số trung phương m = 2,399 mm số liệu đo mực nước bằng phương pháp RTK.

Từ khóa: Đo sâu hồi âm đơn tia, khảo sát địa hình dưới nước, xử lý dữ liệu đo sâu.

1. Đặt vấn đề

Công tác khảo sát địa hình dưới nước các tuyến luồng hàng hải, các tuyến sông/kênh có vai trò và đóng góp một phần không nhỏ vào việc thu thập dữ liệu để phục vụ cho các công tác đảm bảo an toàn giao thông đường thủy. Đặc điểm của công tác khảo sát địa hình dưới nước là các đối tượng đo vẽ không nhìn thấy được, môi trường đo vẽ khắc nghiệt, chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố ngoại cảnh tác động như: Sóng, gió, lưu lượng và tốc độ dòng chảy, mật độ các phương tiện tham gia giao thông đường thủy. Mặt khác, các số liệu khảo sát địa hình dưới nước lại bao gồm nhiều loại như: số liệu tọa độ (định vị điểm), số liệu đo độ sâu, số liệu quan trắc thủy triều, số liệu hiệu chỉnh do biên độ sóng, số liệu thông tin phi tuyến khác,… do đó khi xử lý các số liệu khảo sát địa hình dưới nước được thu thập theo các phương pháp truyền thống thường phải nội suy các điểm đo độ sâu theo phương pháp tuyến tính giữa các điểm được định vị do đó dẫn đến việc tại những điểm nội suy thể hiện trên bản đồ có độ cao không đúng thậm chí khác nhiều so với thực tế. Việc sử dụng các thiết bị hiện đại và ứng dụng công nghệ phần mềm tiên tiến cho phép triển khai thực hiện công tác đo đạc nhanh và hiệu quả nhưng quá trình chuẩn bị cũng có những yêu cầu cứng nhắc về khuôn dạng dữ liệu và do vậy thường phải xử lý qua những bước trung gian.

Quá trình xử lý các số liệu khảo sát địa hình dưới nước được thu thập theo phương pháp đo sâu hồi âm đơn tia hoặc đa tia có số lượng điểm chi tiết rất lớn, kết quả đo đạc được lưu trữ dưới dạng đóng, công tác xử lý số liệu không thể thực hiện bằng phương pháp tính toán thủ công mà phải sử dụng các module chuyên dùng của các hãng sản xuất thiết bị, quá trình xử lý số liệu đo đạc thường yêu cầu chuẩn tắc một số định dạng dữ liệu, kết quả sau khi xử lý bằng các phần mềm này chỉ xuất ra một số các số liệu với cấu trúc nhất định, không có tính năng ghép nối với các thông tin phi tuyến khác, chi phí mua bản quyền của phần mềm cao do đó chưa thực sự phù hợp với điều kiện sử dụng tại Việt Nam.

Sự phát triển của ngành kỹ thuật điện tử và công nghệ thông tin đã cho ra đời các máy móc thiết bị cùng với các phần mềm phục vụ công tác thu thập dữ liệu rất tốt nhưng công tác xử lý số liệu đã thu thập thường được sử dụng bằng các phần mềm thương mại của các hãng sản xuất và cung cấp thiết bị theo khuôn dạng số liệu nhất định nên có nhiều bị động.

* *Tác giả liên hệ*
Email: leductinh@humg.edu.vn

Hơn nữa, thực tế không phải thời điểm nào và ở đâu cũng có thể sử dụng đồng bộ các thiết bị đo đạc hiện đại và công nghệ mới, các số liệu khảo sát dưới nước không đơn thuần chỉ là số liệu đo độ sâu mà phải xử lý kết hợp với nhiều khuôn dạng số liệu quan trắc khác.

Như vậy, để có thể đồng thời kết hợp được nhiều định dạng số liệu đo đạc khác cần phải xây dựng các module hỗ trợ để thuận tiện trong quá trình tính toán xử lý số liệu, trong đó công tác xử lý được tích hợp thêm cho các nguồn (dạng) số liệu khác nhau đồng thời đảm bảo kết quả đo và độ chính xác nhằm nâng cao hiệu quả, đẩy nhanh tiến độ thực hiện và phù hợp với điều kiện trong thực tế sản xuất ở Việt Nam. Công tác tính toán và xử lý số liệu tốt sẽ đáp ứng được yêu cầu tiến độ, chất lượng. Ở nước ta cũng đã có một số đề tài nghiên cứu về lĩnh vực này như: (Đặng Nam Chinh, 2010), (Dương Quốc Lương, 2008), (Đào Xuân Quang, 2007), (Trần Viết Tuấn, Phạm Văn Quang, Hoàng Ngọc Thê, 2015) nhìn chung các nghiên cứu này chỉ ứng dụng công nghệ đo sâu để thành lập bản đồ địa hình đáy sông, đáy biển sử dụng phần mềm thương mại để tính toán xử lý số liệu đo sâu chưa có nghiên cứu nào xây dựng được các modle chương trình để xử lý số liệu khảo sát địa hình dưới nước.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Một số phần mềm đo sâu được sử dụng nhiều ở Việt Nam

Nghiên cứu một số phần mềm đo sâu thương mại do các hãng của nước ngoài xây dựng như: GPSNavX, Fugawi Marine ENC Software, SeaClear, ScanNav, Tiki Navigator, HyPack và HydroPRO. Quá trình thu thập dữ liệu đều lưu trữ những kiểu dữ liệu và thông tin chung, đa số trong những phần mềm trên cùng lưu trữ dữ liệu dưới dạng Database.

Trong ngành đo đạc hàng hải và đường thủy nội địa ở Việt Nam hiện đang phổ biến sử dụng các phần mềm HyPack của hãng HYPACK Inc. và HydroPRO của hãng Trimble - Hoa Kỳ.

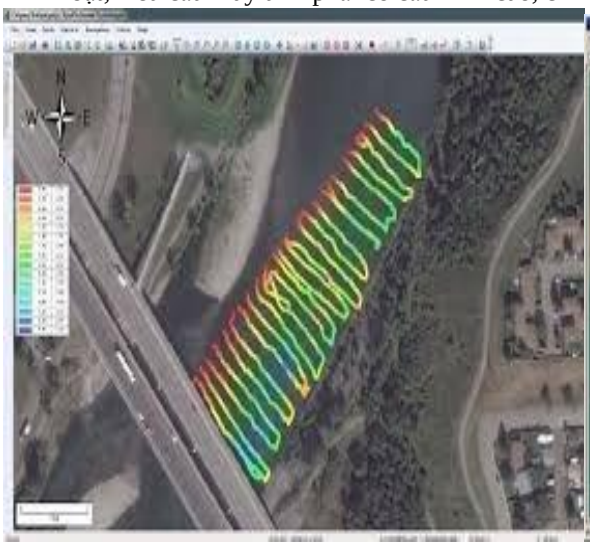
2.1.1. HyPack: được phát triển bởi tập đoàn HYPACK Inc - Hoa Kỳ

+ *Chức năng:* Dẫn đường trong đo đạc và xử lý số liệu;

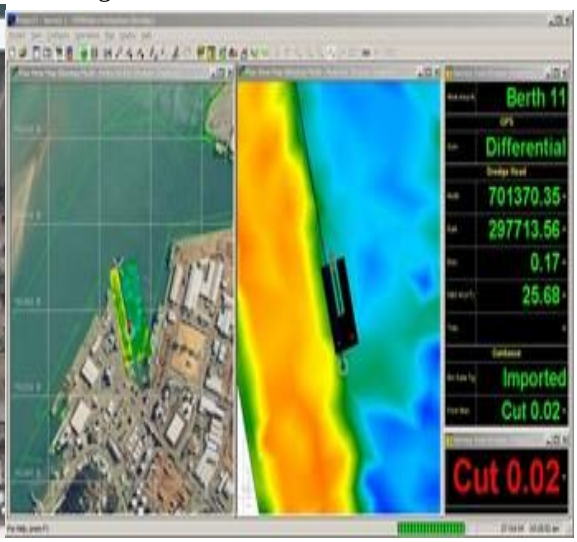
+ *Ưu điểm:* Dễ cài đặt và sử dụng, tốc độ tính toán, xử lý nhanh; Cấu trúc dữ liệu rõ ràng, kết nối tương thích với nhiều kiểu thiết bị.

+ *Nhược điểm:*

Không có tính năng cập nhật thông tin khi đo đạc, khả năng kết nối với các kiểu dữ liệu khác không linh hoạt; Yêu cầu máy tính phải có cấu hình cao, chỉ hoạt động tốt trên hệ điều hành Windows 32bit.



Hình 1. Giao diện phần mềm HyPack



Hình 2. Giao diện phần mềm HydroPRO

2.1.2. HydroPRO: được phát triển bởi hãng Trimble - Hoa Kỳ

+ *Chức năng:* Dẫn đường trong đo đạc và xử lý số liệu;

+ *Ưu điểm:* Dễ cài đặt và sử dụng, tốc độ tính toán, xử lý nhanh; Cấu trúc dữ liệu rõ ràng, kết nối tương thích với nhiều kiểu thiết bị, cho phép cập nhật và quản lý nhiều thông tin trong quá trình đo đạc; Không yêu cầu máy tính phải có cấu hình cao, hoạt động ổn định và tương thích với tất cả các phiên bản của hệ điều hành Micrsoft Windows.

+ *Nhược điểm:* Mặc dù cho phép cập nhật thông tin khi đo đạc nhưng không cung cấp những tính năng truy xuất.

Để nâng cao hiệu quả của công tác xử lý số liệu khảo sát địa hình dưới nước, căn cứ các quy phạm về đo vẽ bản đồ địa hình dưới nước để xây dựng các module hỗ trợ trên nguyên tắc xử lý cơ bản như những tính năng của phần mềm thương mại đồng thời bổ sung thêm một số chức năng tính toán, hiệu chỉnh khác. Module sẽ được hoàn thành khối chức năng như sau:

Sử dụng các ngôn ngữ lập trình Visual C#, Borland Delphi hoặc Visual Basic chạy trên nền Microsoft Windows để xây dựng module xử lý các dữ liệu, nội dung bao gồm: Tổ chức các số liệu đã thu thập; Quy đổi hệ thống thời gian để đồng bộ các dữ liệu đo; Tính toán và ghép độ cao mực nước; Tính toán và hiệu chỉnh các sai số ảnh hưởng đến giá trị đo độ sâu; Ghép các thông tin phi tuyến khác; Lọc mật độ các điểm chi tiết theo tuyến đo.

2.2. Xây dựng thuật toán xử lý số liệu đo sâu

Đối tượng công tác đo sâu chỉ là các điểm chi tiết và đặc trưng của phương pháp đo sâu là đo động nên công tác tính toán được thực hiện trực tiếp từ các kết quả đo để thành lập bản đồ mà không cần phải tính bình sai, đánh giá độ chính xác.

Các số liệu được thu thập bằng nhiều thiết bị khác nhau do đó công tác tính toán xử lý số liệu đo sâu chỉ được thực hiện sau khi các dữ liệu đã được đồng bộ thời gian.

Để xử lý số liệu và thành lập bản đồ địa hình dưới nước cần phải có đầy đủ các dữ liệu đo đạc, các dữ liệu này phải được tổ chức và sắp xếp hợp lý trước khi tính toán. Kết quả của việc tính toán phải đảm bảo đáp ứng đúng yêu cầu độ chính xác của công tác thành lập bản đồ địa hình dưới nước hoặc với những yêu cầu cụ thể đặt ra theo mục đích sử dụng bản đồ.

2.2.1. Phương pháp qui đổi thời gian

Giá trị thời gian được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu của Project đo sâu là giờ địa phương được lưu trữ dạng số thực tính đến phần trăm giây với dấu mốc "0" thời gian được tính từ thời điểm 0:00:00 AM ngày 01/01/1900. Trước khi truy xuất các kết quả phải quy đổi thống nhất sang định dạng ngày giờ tương ứng với dấu mốc "0" thời gian mới (theo Tiêu chuẩn quốc tế ISO 8601: 1970-01-01T00: 00: 00Z), giá trị chênh lệch giữa mốc "0" thời gian mới này so với mốc "0" thời điểm 0:00:00 AM ngày 01/01/1900 được xác định là 315,594,000 giây.

Sử dụng hàm DateSerial trong ngôn ngữ Visual Basic hoặc hàm EncodeDate trong Borland Delphi để qui đổi thời gian theo cấu trúc như sau [18]:

DateSerial(1970,1,1)+(TimeOfData-315594000)/86400

EncodeDate(1970,1,1)+(TimeOfData-315594000)/86400

kết quả trả về là chuỗi thời gian.

Ví dụ: TimeOfData = 364,176,427 => kết quả: 7/17/1971 7:07:07 AM

2.2.2. Tính toán, hiệu chỉnh độ cao mực nước

Để xác định được độ cao của điểm đo sâu phải tính thông qua trung gian cao độ mực nước và độ sâu đo được ở từng thời điểm. Khi đã đồng bộ được về thời gian giữa các đại lượng trên thì độ cao của điểm đo được tính theo công thức:

$$h^{(t)} = h_{mn}^{(t)} - d^{(t)} \quad (1)$$

với $h^{(t)}$, $h_{mn}^{(t)}$ và $d^{(t)}$ lần lượt là độ cao, cao độ mặt nước và độ sâu của điểm i tại thời điểm (t).

Trường hợp vị trí khu đo cách xa với điểm quan trắc mực nước thì ảnh hưởng của sai số đo độ cao mặt nước đến kết quả đo là khá lớn, khi đó có thể sử dụng phương pháp tính cao độ mực nước dựa vào các giá trị của độ cao trắc địa và dị thường độ cao tại các điểm mốc như sau:

Giả sử khu vực đo vẽ đã có ít nhất 3 điểm lưới khống chế được xây dựng không thẳng hàng và mọi điểm đều đã xác định được độ cao trắc địa bằng công nghệ đo GPS và độ cao thủy chuẩn bằng phương pháp đo cao hình học, khi đó các giá trị dị thường độ cao của các điểm khống chế tương ứng tính theo công thức:

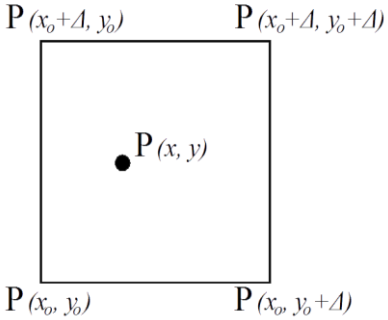
$$\xi_i = H_i - h_i \quad (2)$$

** Độ cao trắc địa của các điểm chi tiết trong đo sâu là độ cao điểm tâm antena của máy thu GPS nên độ cao mặt nước trong trường hợp này phải tính đến chiều cao từ tâm anten của máy thu GPS xuống đến mặt nước, giá trị này là một hằng số được xác định trong quá trình đo đạc.*

Trong trường hợp không có độ cao trắc địa của điểm khống chế, có thể sử dụng kết quả dị thường nội suy từ mô hình EGM2008_(1'x1' grid), tùy theo yêu cầu độ chính xác có thể sử dụng các phương pháp nội suy như sau:

+ Phương pháp nội suy gần đúng:

Giá trị dị thường độ cao tại điểm P(x,y) trong lưới (Hình 3) được xác định theo dị thường của điểm gần với điểm P nhất, nếu chọn kích thước lưới của mô hình EGM08 là 1'x1' thì khoảng cách nội suy lớn nhất theo phương pháp này sẽ là 0,71'.



Hình 3. Sơ đồ lưới nội suy

+ Phương pháp nội suy song tuyến:

Giá trị dị thường độ cao tại điểm P(x,y) trong lưới (Hình 3) được xác định bởi dị thường độ cao của 4 điểm nút theo công thức nội suy song tuyến tính:

$$P(x,y) = (1-v).[(1-u).P(x_0, y_0) + u.P(x_0 + \Delta, y_0)] + v.[(1-u).P(x_0, y_0 + \Delta) + u.P(x_0 + \Delta, y_0 + \Delta)] \quad (3)$$

Trong đó:

$$u = (x - x_o)/\Delta \qquad (x_o \le x \le x_o + \Delta$$
$$v = (y - y_o)/\Delta \qquad (y_o \le y \le y_o + \Delta)$$
$$0 \le u, v \le 1$$

Sau khi đã xác định được dị thường độ cao của các điểm song trùng có thể tính toán được giá trị dị thường độ cao của tất cả các điểm theo hàm tuyến tính theo tọa độ B, L như sau:

$$\xi_i = a_0 + a_1B_i + a_2L_i \quad (4)$$

hoặc hàm song tuyến tính: $\xi_i = a_0 + a_1B_i + a_2L_i + a_3 B_i L_i$ (5)

Trong đó: B_i, L_i - là tọa độ trắc địa điểm mắt lưới nội suy tính theo đơn vị radian.

Các tham số a_i được xác định theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất từ hệ phương trình số hiệu chỉnh khi số lượng điểm song trùng tương ứng của lưới lớn hơn hoặc bằng 3 và 4:

$$V_i = a_0 + a_1B_i + a_2L_i - \xi_i \quad (6)$$

hoặc $V_i = a_0 + a_1B_i + a_2L_i + a_3B_iL_i - \xi_i$ (7)

Khi đã tính được các hệ số a_i có thể xác định được dị thường độ cao của một điểm đo chi tiết theo công thức (6) hoặc (7) đồng thời căn cứ vào độ cao trắc địa của điểm đo chi tiết hoàn toàn tính được độ cao thủy chuẩn của mặt nước tại vị trí điểm đo theo công thức (2).

Giá trị độ cao thủy chuẩn tính được ở trên chính là độ cao thủy chuẩn của điểm tâm pha anten của máy thu, độ cao thủy chuẩn của mặt nước sẽ là:

$$h_{mn} = h_A - \ell \quad (8)$$

với h_A và ℓ tương ứng là độ cao thủy chuẩn tại tâm anten và khoảng cách từ tâm anten xuống mặt nước.

2.2.3. Hiệu chỉnh sai số đo độ sâu do độ chìm của tầu đo

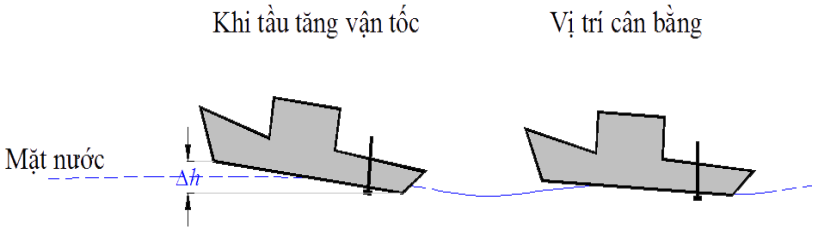
Khi tiến hành đo độ sâu do không có tầu đo chuyên dụng nên thường sử dụng nên phương tiện nổi phục vụ đo sâu thường sử dụng tùy tiện, mặt khác cần phát biển của máy đo sâu không được lắp đặt tại vị trí cân bằng (tâm vận tốc tức thời) của tầu và thường được lắp đặt ở bên mạn tầu, khi tầu đo di chuyển với vận tốc thay đổi tăng lên thì phần đuôi của tầu có xu hướng chìm xuống. Điều đó dẫn đến trong quá trình đo tầu không ở trạng thái cân bằng như tại thời điểm kiểm nghiệm trước khi tiến hành đo.

Trường hợp khi đo sâu không được lắp đặt đồng thời với thiết bị bù dao động thì trước khi đo sâu phải đo đạc kiểm nghiệm [1] để xác định độ chìm của tầu đo. Căn cứ các kết quả kiểm nghiệm để xác định độ chìm tầu, làm cơ sở để hiệu chỉnh vào các giá trị độ sâu đo được theo công thức:

$$D^{(t)} = d^{(t)} + \Delta h^{(t)}_{v} \quad (9)$$

Trong đó: - $D^{(t)}$ là độ sâu sau khi hiệu chỉnh ở thời điểm (t);

- $d^{(t)}$ là độ sâu đo được, $\Delta h^{(t)}_{v}$ là độ chìm tầu tương ứng với vận tốc v ở thời điểm (t).



Hình 4. Sai số ảnh hưởng đến độ sâu theo vận tốc của tầu đo

Bảng 1. Quy định về tốc độ giới hạn của phương tiện khảo sát [11]

STT	***Tỷ lệ bản đồ***	***Tốc độ tối đa (hải lý)***
1	Từ 1/200 đến 1/500	2,0 - 3,0
2	Từ 1/1.000 đến 1/2.000	3,0 - 4,0
3	Từ 1/5.000 đến 1/10.000	4,0 - 5,0

2.2.4. Ghép các thông tin phi tuyến

Trong quá trình đo sâu, người đo liên tục phải cập nhật rất nhiều những thông tin phi tuyến khác, do phải hoạt động và làm việc trên tầu nên việc ghi chép rất khó khăn và khó đảm bảo sự an toàn để lưu trữ các thông tin, lưu trữ thông tin trên sổ sách không tức thời nên không đủ cơ sở cho việc tính toán ghép nối khi xử lý. Vì vậy phải tiến hành cập nhật các thông tin trực tiếp vào Project đo sâu trên máy tính. Khi xử lý, các thông tin này được xuất ra tệp tin với định dạng ASCII với nội dung gắn liền với các giá trị thời gian. Kết quả này được dùng để đồng bộ với cơ sở dữ liệu khác trong Project.

2.2.5. Lọc mật độ điểm theo tuyến đo

Căn cứ vào tỷ lệ bản đồ cần thành lập hoặc yêu cầu kỹ thuật chi tiết để xác định khoảng cách giữa các điểm trên tuyến đo.

Chọn điểm đầu tiên của tuyến đo làm gốc, lần lượt tính khoảng cách đến các điểm liền sau theo thứ tự, nếu điều kiện này thỏa mãn thì lưu lại giá trị và thay đổi điểm gốc khởi tính đồng thời tiếp tục lặp lại đến khi hoàn thành.

Bảng 2. Quy định về khoảng cách giữa các điểm trên tuyến đo [11]

Tỷ lệ bản đồ	***Khoảng cách giữa các điểm độ sâu trên 1 tuyến đo (m)***	
	Độ sâu ⩽ 10 m	Độ sâu >10 m
1/200	2,0	3,0
1/500	5,0	5,0
1/1.000	5,0	8,0
1/2.000	10,0	15,0
1/5.000	25,0	35,0
1/10.000	50,0	80,0

2.3. Lựa chọn ngôn ngữ lập trình và lập trình các module chương trình

2.3.1. Ngôn ngữ lập trình

Ngày nay, với sự phát triển vượt bậc của ngành công nghệ thông tin nên có rất nhiều công cụ và ngôn ngữ lập trình mạnh như Java, Objective-C, C++, C#, VBScript/ASP, Borland Delphi, Visual Basic, … Tuy nhiên, để giải quyết các bài toán không quá phức tạp theo những nội dung của đề tài này, tác giả đã cố gắng tìm hiểu, lựa chọn những phương án giải quyết và tìm thuật toán phù hợp để có thể sử dụng những ngôn ngữ lập trình cấp thấp, đơn giản nhất. Với mỗi bài toán cụ thể sẽ lựa chọn ngôn ngữ lập trình phù hợp để xử lý. Trong bài báo này đề cập và sử dụng kết hợp các ngôn ngữ lập trình hướng đối tượng và ngôn ngữ phát triển trong ứng dụng gồm: Visual C#, Visual Basic, Borland Delphi và AutoLisp.

Những ngôn ngữ này được cung cấp sẵn các công cụ trợ giúp xây dựng chương trình dễ dàng, mang tính trực quan và tiết kiệm thời gian, tận dụng được những thế mạnh của các phần mềm khác tạo sự dễ dàng và linh hoạt hơn, có thể nhìn thấy kết quả của từng thao tác và giao diện chương trình khi thực hiện, do đó hoàn toàn phù hợp với yêu cầu đề tài.

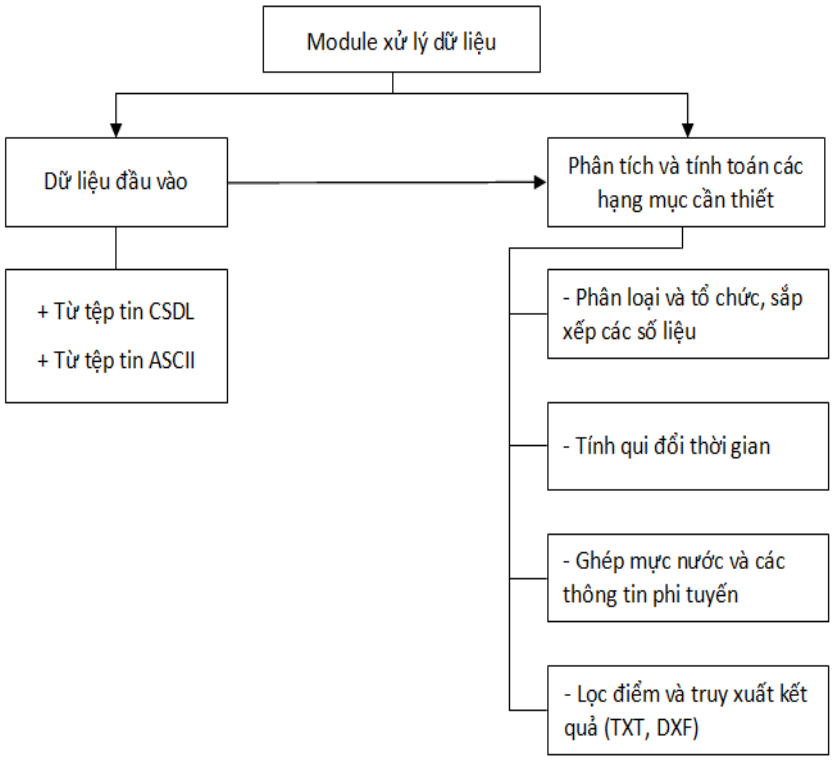
2.3.2. Môi trường thực thi của Module

Các module khối biên tập được viết bằng các ngôn ngữ lập trình: C#, VB và Borland Delphi hoạt động trên nền Microsoft Windows.

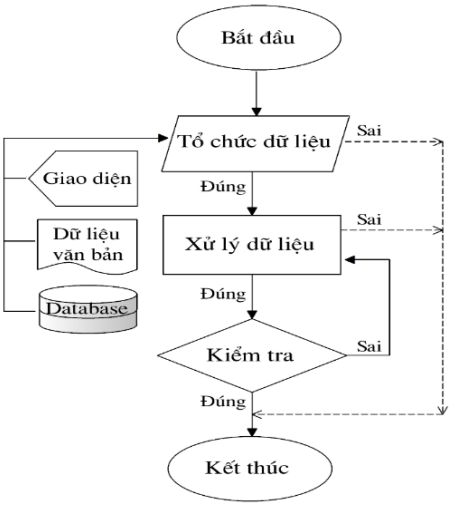
Ngôn ngữ lập trình AutoLisp hoạt động trong môi trường đồ họa AutoCAD, có khả năng tận dụng những tính năng sẵn có trong thư viện của AutoCAD.

2.3.3. Thiết kế tổng quan các module chương trình

Phân tích thiết kế hệ thống để xây thiết kế và xây dựng các module chương trình, tuy nhiên với từng bài toán cụ thể mà việc phân tích sẽ ở những mức độ khác nhau. Các bài toán đặt ra trong các module chương trình không thiên về việc xử lý các dữ liệu đầu vào mà chủ yếu là sử dụng những phương pháp và thuật toán phù hợp để giải quyết các vấn đề khi đã có các kết quả của số liệu đầu vào theo quy định.



Hình 5. Sơ đồ chức năng của module xử lý dữ liệu



Hình 6. Sơ đồ khối thuật toán xử lý dữ liệu

3. Thực nghiệm

Mục đích của công tác thực nghiệm nhằm thu thập dữ liệu khách quan, sử dụng số liệu thực nghiệm làm cơ sở kiểm chứng và đánh giá tính hiệu quả của công tác thực hiện. Trong phạm vi nghiên cứu của này, chúng tôi đã sử dụng phần mềm HydroPRO của hãng Trimble để đo đạc và xử lý dữ liệu.

Các máy móc, thiết bị phục vụ đo đạc thực nghiệm bao gồm:

+ Máy định vị GPS Trimble 5700; Máy đo sâu hồi âm đơn tia, 1 tần số HydroTrac; Máy quan trắc mực nước tự động Valeport M740; Máy đo dao động Motion Senso MRU; Máy tính chuyên dụng Panasonic CF-29; Mia thủy chí; Tầu khảo sát 33 CV; Phần mềm bản quyền HydroPRO v2.10 dẫn đường và thu thập số liệu.

Số liệu thực nghiệm được thu thập theo phương pháp đo sâu hiện đại, sử dụng máy đo sâu hồi âm và thiết bị định vị DGPS tại vị trí thuộc hạ lưu cầu Thăng Long trên Sông Hồng trong phạm vi diện tích ~38 ha (850 m x 450 m), thời gian thực nghiệm từ 8:35 AM đến 11:20 AM ngày 26/4/2016.

Trình tự các công tác thực hiện như sau:

3.1. Kết quả của công tác thực nghiệm

Sau khi hoàn thành công tác thực nghiệm tại hiện trường, toàn bộ các số liệu đã thu thập được kiểm tra đầy đủ trước khi tiến hành xử lý.

Số liệu quan trắc mực nước được thu thập bằng 2 phương pháp: đo mực nước bằng RTK và bằng máy đo mực nước tự động.

Kết quả đo đạc dùng để tính toán thực nghiệm bao gồm: Tọa độ và độ cao sau bình sai của các điểm khống chế; Project cơ sở dữ liệu đo sâu; Số liệu quan trắc mực nước bằng máy triều ký tự động ValePort; Chiều cao từ tâm anten của máy thu GPS (trạm động) xuống mặt nước; Băng giấy ghi giá trị độ sâu từ máy đo sâu;

3.2. Chạy chương trình Module xử lý số liệu

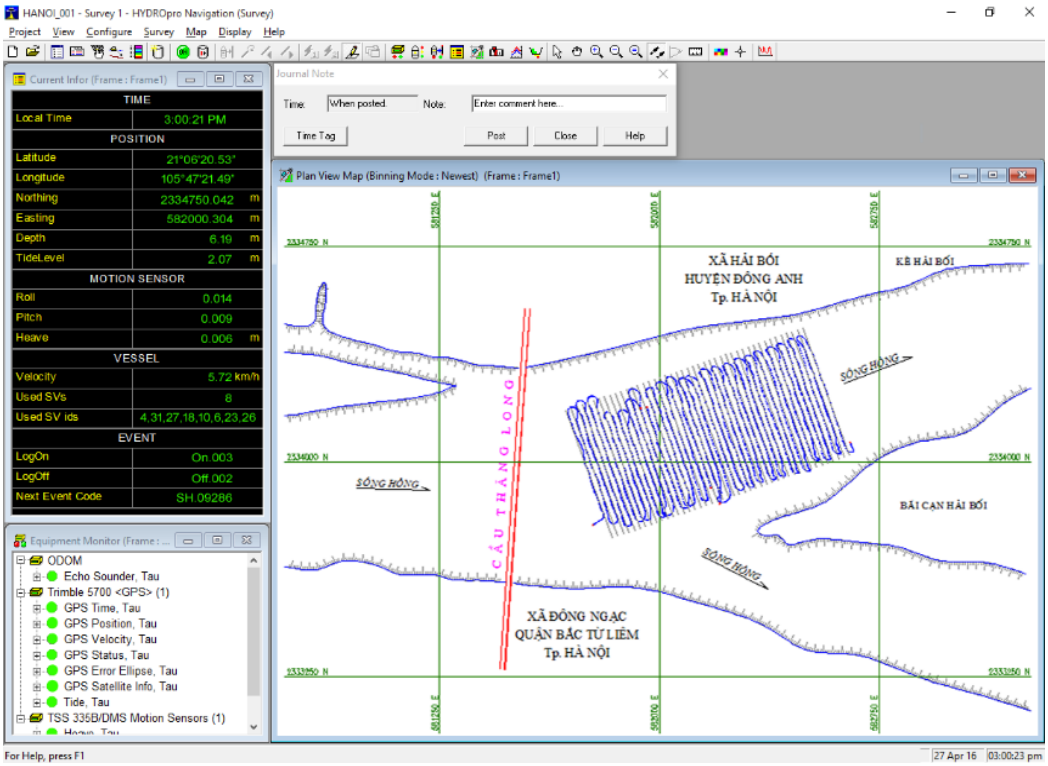
Kết quả chạy thử nghiệm module xử lý dữ liệu được thể hiện bằng những hình ảnh và số liệu như sau:

Bảng 3. Số liệu tọa độ và độ cao các điểm khống chế

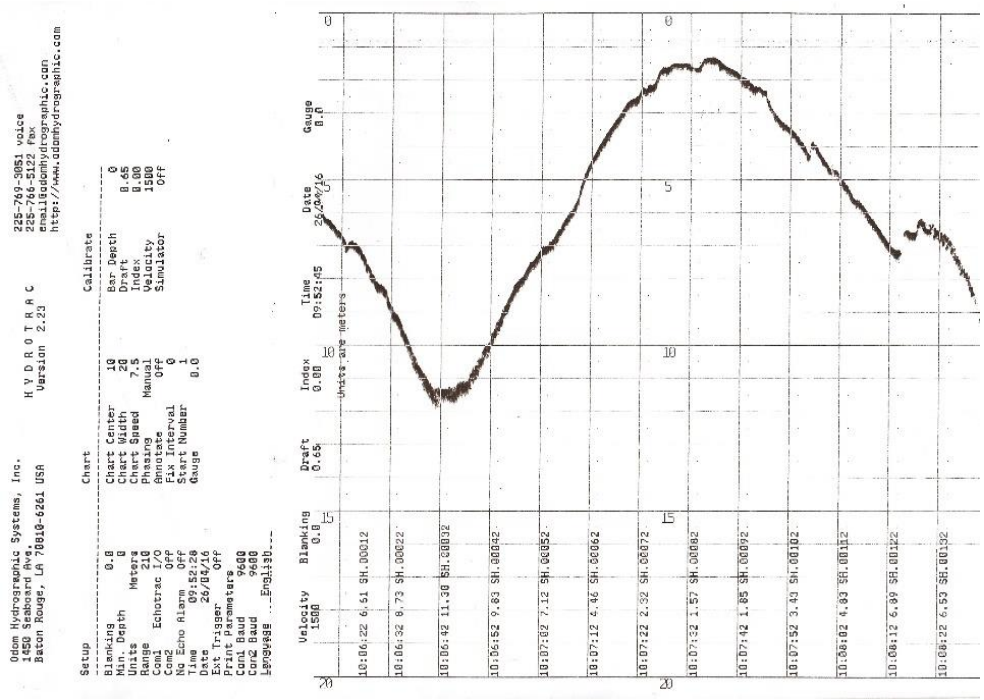
STT	Tên điểm	Tọa độ		Độ cao	
		X (m)	Y (m)	h (Thủy chuẩn)	H (Trắc địa)
1	TX-01	2334671.215	582884.200	8.904	-19.513
2	TX-02	2334754.693	583190.570	10.790	-17.622
3	TX-03	2334830.051	583445.054	10.317	-18.091
4	TX-04	2334874.994	583602.565	10.500	-17.905
5	TX-05	2334677.601	583885.797	10.743	-17.654

(Hệ tọa độ VN2000, kinh tuyến trục $105^o00'$, múi chiếu 3^o)

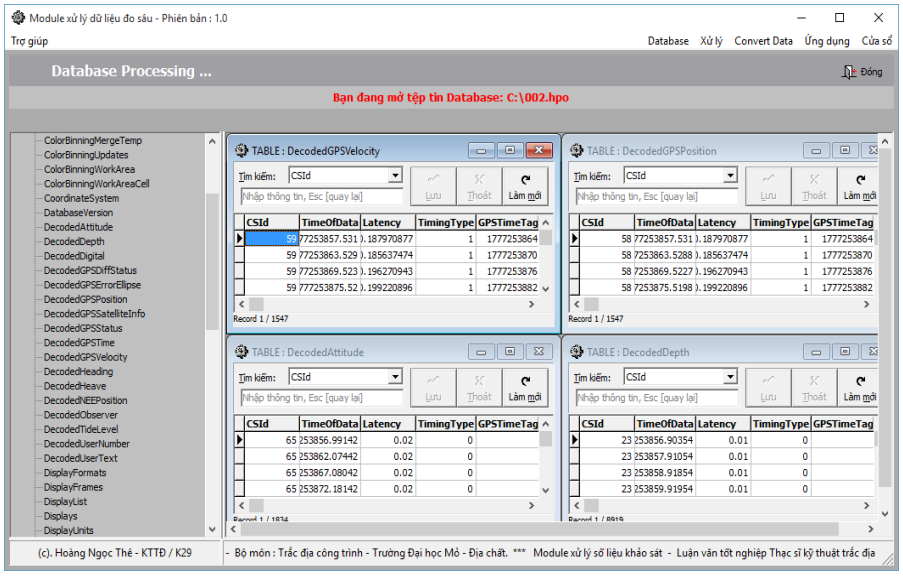
**** Tệp tin dữ liệu độ cao mặt nước đo bằng máy triều ký tự động:***



Hình 7. Giao diện phần mềm HydroPRO khi đo thực nghiệm

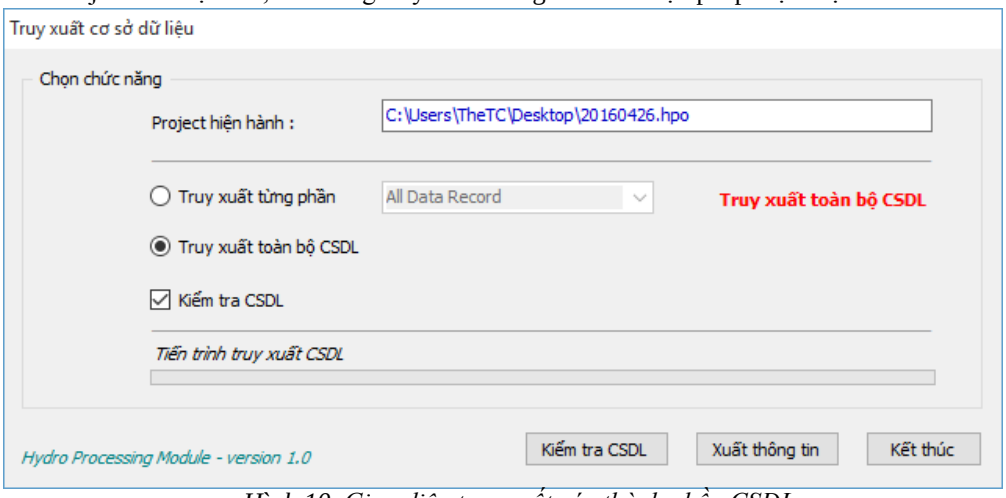


Hình 8. Băng ghi kết quả độ sâu đo thực nghiệm in từ máy ODOM



Hình 9. Giao diện chương trình khi mở tệp tin CSDL

Chỉ khi Project đã được mở, tính năng truy xuất thông tin mới được phép thực hiện.



Hình 10. Giao diện truy xuất các thành phần CSDL

**** Các kết quả truy xuất thông tin CSDL như sau:***

+ Attitude / các record số hiệu chỉnh do chuyển động của tầu theo phương ngang, dọc;

Cấu trúc: [Ngày, giờ, chuyển động quay của tàu quanh trục dọc và ngang]

Date	Time	Pitch	Roll
4/26/2016	08:37:36	-0.03560472	-0.07888889
4/26/2016	08:37:42	-0.03857177	-0.07958701
4/26/2016	08:37:47	-0.06178465	-0.08412487

+ Depth / các record số liệu độ sâu;

Cấu trúc: [Ngày, giờ, độ sâu đo được bởi các kênh với tần số khác nhau]

Date	Time	DepthHighHz	DepthLowHz
4/26/2016	08:37:36	5.06	0
4/26/2016	08:37:37	5.53	0
4/26/2016	08:37:38	5.53	0
4/26/2016	08:37:39	5.73	0

+ GPSPosition / các record tọa độ, độ cao và độ chính xác của các điểm đo trên hệ tọa độ WGS84;

Cấu trúc: [Ngày, giờ, vĩ độ (rad), kinh độ (rad), độ cao trắc địa và độ chính xác vị trí điểm trên hệ tọa độ WGS84]

Date	Time	Latitude	Longitude	Altitude	Accuracy
4/26/2016	08:37:37	0.368194	1.846366	-25.721989	0.001950
4/26/2016	08:37:43	0.368195	1.846368	-25.755902	0.001941
4/26/2016	08:37:49	0.368196	1.846370	-25.513075	0.002013

+ GPSVelocity / các record tốc độ dịch chuyển của tầu đo;

Cấu trúc: [Ngày, giờ địa phương, ngày, giờ GPS, vận tốc (knot), vận tốc (km/h)]

Local (Date/Time)	GPSTimeTag	(Knot)	(Km/h)
4/26/2016 08:37:37	4/26/2016 8:37:44	3.120	5.778
4/26/2016 08:37:43	4/26/2016 8:37:50	2.826	5.234
4/26/2016 08:37:49	4/26/2016 8:37:56	3.003	5.561

+ Heave / các record số hiệu chỉnh dao động của tầu đo theo phương đứng;

Cấu trúc: [Ngày, giờ, chuyển động lên, xuống của tàu]

Date	Time	Heave
4/26/2016	08:37:36	0.01
4/26/2016	08:37:42	0.06
4/26/2016	08:37:47	0.01

+ TideLevel / các record số liệu độ cao RTK;

Cấu trúc: [Ngày, giờ, độ cao]

Date	Time	TideLevel
4/26/2016	08:37:36	4.38273878
4/26/2016	08:37:42	4.33307827
4/26/2016	08:37:48	4.25234175
4/26/2016	08:37:54	4.44356941
4/26/2016	08:38:00	4.40326249
4/26/2016	08:38:06	4.17300923
4/26/2016	08:38:12	4.01349115
4/26/2016	08:38:18	4.45244669

+ Journal / các record thông tin ghi chú;

Cấu trúc: [Ngày, giờ, nội dung thông tin]

TimeOfEntry	Message
07:59:24 26 Apr 16	: ***** LOGGING ON *****
08:01:28 26 Apr 16	: chay tu giua luong
08:06:15 26 Apr 16	: Dang lam thuc nghiem LV
08:16:38 26 Apr 16	: Dau bai can tl
08:21:46 26 Apr 16	: gan het bai can
08:22:14 26 Apr 16	: can ve phia bao hieu
08:22:29 26 Apr 16	: ngang bao hieu 162 bta
08:26:57 26 Apr 16	: dau bo lo
08:26:59 26 Apr 16	: gan moc tx-03
08:37:36 26 Apr 16	: test ghi chu xem
09:21:52 26 Apr 16	: bai vlxd
09:23:27 26 Apr 16	: tau nnv cty anh tung
09:23:29 26 Apr 16	: khe tram bom bo huu
09:23:37 26 Apr 16	: dau ke bo huu
09:45:23 26 Apr 16	: do ngang qua bai giua
11:20:00 26 Apr 16	: ***** LOGGING OFF *****

+ SurveyEventData / các record tọa độ phẳng;

Cấu trúc: [Ngày, giờ, mã điểm, tọa độ Northing / Easting]

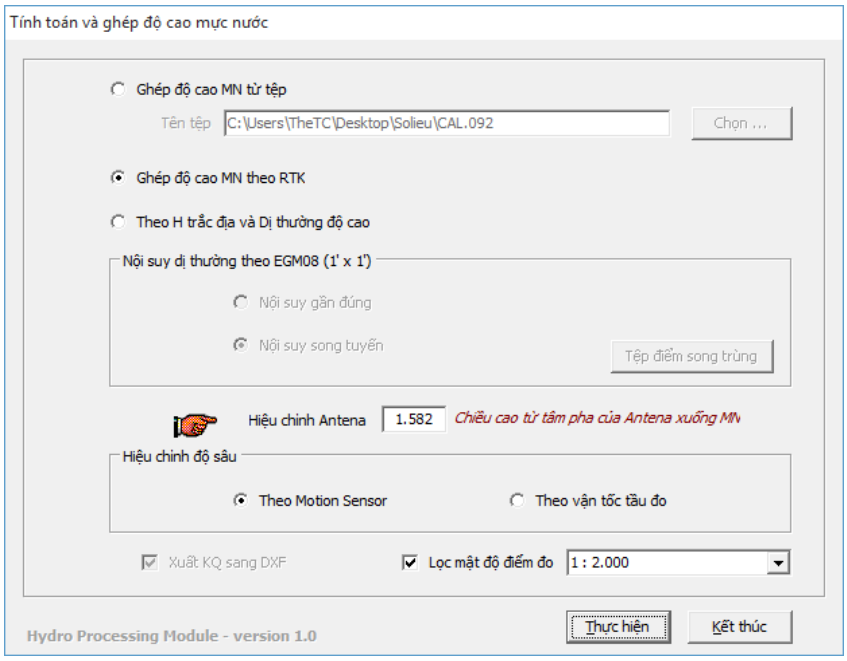
Date	Time	Event	Northing	Easting
4/26/2016	08:37:36	On.1	2333779.926282	581773.382430

4/26/2016 08:37:37	P.1	2333781.279515	581775.461621
4/26/2016 08:37:38	P.2	2333782.558626	581777.548642

Sau khi các dữ liệu được truy xuất thành công, ứng dụng ghép mực nước sẽ cho phép được hoạt động.

Quá trình xử lý thực nghiệm sử dụng 3 phương pháp tính toán độ cao mặt nước là:

+ Ghép độ cao mặt nước từ số liệu đo RTK;
+ Ghép độ cao mặt nước từ số liệu đo bằng máy triều ký tự động;
+ Tính toán và ghép độ cao mặt nước theo giá trị nội suy của dị thường độ cao.



Hình 11. Giao diện tính toán và ghép độ cao mặt nước

** Thành quả cuối cùng sau khi tính toán, hiệu chỉnh và ghép độ cao mặt nước:*

Cấu trúc: [Ngày, giờ, tọa độ Northing / Easting, độ sâu thô, cao độ mặt nước, chuyển động lên, xuống của tàu, mã điểm, độ cao của điểm đo sâu]

Date	Time	Northing	Easting	Raw	W.Level	Heave	Code	Elev.
4/26/2016	08:37:38	2333781.273	581775.451	5.53	2.728	0.02	On.1	-2.78
4/26/2016	08:37:39	2333782.563	581777.555	5.53	2.728	0.03	P.2	-2.77
4/26/2016	08:37:40	2333783.963	581779.659	5.73	2.728	0.04	P.3	-2.96
4/26/2016	08:37:41	2333785.283	581781.663	5.90	2.728	0.05	P.4	-3.12

3.3. So sánh các kết quả tính toán

** So sánh kết quả tính độ cao (theo số liệu mực nước đo bằng máy đo mực nước tự động - Valeport M740) với kết quả tính bằng phần mềm NavEdit của hãng Trimble:* Bảng 4. So sánh kết quả tính toán độ cao

Trong Bảng 4:

Cột (5) : D_i - Độ sâu của điểm đo;
Cột (6) : W^1_i - Cao độ mặt nước so với mức "0" lục địa tính bằng module;
Cột (7) : W^2_i - Cao độ mặt nước so với mức "0" lục địa tính bằng NavEdit;
Cột (8) : h^M_i - Số hiệu chỉnh bù sóng;
Cột (9) : h^A_i - Chiều cao antean thu GPS của trạm động;
Cột (10) : h^1_i - Độ cao so với mức "0" lục địa tính bằng module;

$$h^1_i = W^1_i - D_i - h^M_i - h^A_i$$

Cột (11) : h^2_i - Độ cao so với mức "0" lục địa tính bằng NavEdit;

$$h^2_i = W^2_i - D_i - h^M_i - h^A_i$$

Cột (12) : d_i - Chênh lệch độ cao giữa 2 phương pháp tính;

$$d_i = h^1_i - h^2_i$$

Bảng 4. So sánh kết quả tính toán độ cao

TT	t_i	X_i	Y_i	D_i	W^1_i	W^2_i	h^M_i	h^A_i	h^1_i	h^2_i	d_i
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	8:37:38	2333781.27	581775.45	5.53	4.28521	4.28540	0.06	1.582	-2.887	-2.887	0.000
2	8:37:39	2333782.56	581777.56	5.53	4.28521	4.28535	0.06	1.582	-2.887	-2.887	0.000
3	8:37:40	2333783.96	581779.66	5.73	4.28521	4.28531	0.06	1.582	-3.087	-3.087	0.000
4	8:37:41	2333785.28	581781.66	5.90	4.28521	4.28526	0.06	1.582	-3.257	-3.257	0.000
5	8:37:42	2333786.63	581783.74	6.07	4.32628	4.32556	0.01	1.582	-3.336	-3.336	0.001
6	8:37:43	2333787.91	581785.68	5.85	4.32628	4.32568	0.01	1.582	-3.116	-3.116	0.001
7	8:37:44	2333789.26	581787.82	5.60	4.32628	4.32580	0.01	1.582	-2.866	-2.866	0.000
8	8:37:45	2333790.37	581789.83	5.62	4.32628	4.32592	0.01	1.582	-2.886	-2.886	0.000
9	8:37:46	2333791.45	581791.97	4.94	4.32628	4.32605	0.01	1.582	-2.206	-2.206	0.000
10	8:37:47	2333792.59	581794.21	4.94	4.32628	4.32617	-0.07	1.582	-2.126	-2.126	0.000
.....											
8899	11:19:30	2334043.63	582662.24	6.17	4.19500	4.19500	0.12	1.582	-3.677	-3.677	0.000
8900	11:19:31	2334044.48	582661.68	6.20	4.19500	4.19500	0.12	1.582	-3.707	-3.707	0.000
8901	11:19:32	2334045.58	582661.47	5.92	4.19500	4.19500	0.12	1.582	-3.427	-3.427	0.000
8902	11:19:33	2334046.71	582660.85	6.22	4.21600	4.21600	-0.25	1.582	-3.336	-3.336	0.000
8903	11:19:34	2334047.76	582660.05	6.36	4.21600	4.21600	-0.25	1.582	-3.476	-3.476	0.000
8904	11:19:35	2334048.83	582659.50	6.19	4.21600	4.21600	-0.25	1.582	-3.306	-3.306	0.000
8905	11:19:36	2334050.08	582659.05	5.58	4.21600	4.21600	-0.25	1.582	-2.696	-2.696	0.000
8906	11:19:37	2334051.19	582658.58	6.30	4.21600	4.21600	-0.25	1.582	-3.416	-3.416	0.000
8907	11:19:38	2334052.17	582657.68	6.03	4.21600	4.21600	-0.41	1.582	-2.986	-2.986	0.000
8908	11:19:39	2334053.40	582657.27	5.94	4.19300	4.19300	-0.41	1.582	-2.919	-2.919	0.000
8909	11:19:40	2334054.64	582656.82	5.85	4.19300	4.19300	-0.41	1.582	-2.829	-2.829	0.000
8910	11:19:41	2334056.09	582656.22	5.70	4.19300	4.19300	-0.41	1.582	-2.679	-2.679	0.000
8911	11:19:42	2334057.41	582655.65	6.15	4.19300	4.19300	-0.41	1.582	-3.129	-3.129	0.000
8912	11:19:44	2334060.11	582654.66	5.71	4.19300	4.19300	0.32	1.582	-3.419	-3.419	0.000

n = 8912, [dd] = 0.000580

Đánh giá độ chính xác giữa 2 phương pháp tính theo công thức: $m = 1000x\sqrt{\frac{[dd]}{2n}} = 0.180\ mm$

** So sánh kết quả tính độ cao (theo số liệu mực nước đo bằng RTK) với kết quả tính bằng phần mềm NavEdit của hãng Trimble:*

Trong Bảng 5:

Cột (5) : D_i - Độ sâu của điểm đo;

Cột (6) : W^1_i - Cao độ mặt nước so với mức "0" lục địa tính bằng module;

Cột (7) : W^2_i - Cao độ mặt nước so với mức "0" lục địa tính bằng NavEdit;

Cột (8) : h^M_i - Số hiệu chỉnh bù sóng;

Cột (9) : h^1_i - Độ cao so với mức "0" lục địa tính bằng module;

$$h^1_i = W^1_i - D_i - h^M_i$$

Cột (10) : h^2_i - Độ cao so với mức "0" lục địa tính bằng NavEdit;

$$h^2_i = W^2_i - D_i - h^M_i$$

Cột (11) : d_i - Chênh lệch độ cao giữa 2 phương pháp tính;

$$d_i = h^1_i - h^2_i$$

Kết quả so sánh, đánh giá độ chính xác cho thấy các giá trị độ cao được tính bằng module và phần mềm NavEdit của hãng Trimble trên cùng một số liệu đo cho kết quả như nhau.

Bảng 5. So sánh kết quả tính toán độ cao

TT	t_i	X_i	Y_i	D_i	W^1_i	W^2_i	h^M_i	h^1_i	h^2_i	d_i
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	8:37:38	2333781.27	581775.45	5.53	2.728	2.728	0.06	-2.862	-2.862	0.000
2	8:37:39	2333782.56	581777.56	5.53	2.728	2.728	0.06	-2.862	-2.862	0.000
3	8:37:40	2333783.96	581779.66	5.73	2.728	2.728	0.06	-3.062	-3.062	0.000
4	8:37:41	2333785.28	581781.66	5.90	2.728	2.728	0.06	-3.232	-3.232	0.000
5	8:37:42	2333786.63	581783.74	6.07	2.728	2.728	0.01	-3.352	-3.352	0.000
6	8:37:43	2333787.91	581785.68	5.85	2.728	2.728	0.01	-3.132	-3.132	0.000
7	8:37:44	2333789.26	581787.82	5.60	2.728	2.728	0.01	-2.882	-2.882	0.000
8	8:37:45	2333790.37	581789.83	5.62	2.728	2.728	0.01	-2.902	-2.902	0.000
9	8:37:46	2333791.45	581791.97	4.94	2.728	2.728	0.01	-2.222	-2.222	0.000
10	8:37:47	2333792.59	581794.21	4.94	2.728	2.728	-0.07	-2.142	-2.142	0.000
...										
8899	11:19:30	2334043.63	582662.24	6.17	2.657	2.662	0.12	-3.633	-3.628	-0.005
8900	11:19:31	2334044.48	582661.68	6.20	2.657	2.662	0.12	-3.663	-3.658	-0.005
8901	11:19:32	2334045.58	582661.47	5.92	2.657	2.661	0.12	-3.383	-3.379	-0.004
8902	11:19:33	2334046.71	582660.85	6.22	2.657	2.661	-0.25	-3.313	-3.309	-0.004
8903	11:19:34	2334047.76	582660.05	6.36	2.657	2.661	-0.25	-3.453	-3.449	-0.004
8904	11:19:35	2334048.83	582659.50	6.19	2.657	2.661	-0.25	-3.283	-3.279	-0.004
8905	11:19:36	2334050.08	582659.05	5.58	2.657	2.661	-0.25	-2.673	-2.669	-0.004
8906	11:19:37	2334051.19	582658.58	6.30	2.657	2.661	-0.25	-3.393	-3.389	-0.004
8907	11:19:38	2334052.17	582657.68	6.03	2.657	2.660	-0.41	-2.963	-2.960	-0.003
8908	11:19:39	2334053.40	582657.27	5.94	2.657	2.660	-0.41	-2.873	-2.870	-0.003
8909	11:19:40	2334054.64	582656.82	5.85	2.657	2.660	-0.41	-2.783	-2.780	-0.003
8910	11:19:41	2334056.09	582656.22	5.70	2.657	2.660	-0.41	-2.633	-2.630	-0.003
8911	11:19:42	2334057.41	582655.65	6.15	2.657	2.660	-0.41	-3.083	-3.080	-0.003
8912	11:19:44	2334060.11	582654.66	5.71	2.657	2.659	0.32	-3.373	-3.371	-0.002

n = 8912, [dd] = 0.102610

Đánh giá độ chính xác giữa 2 phương pháp tính theo công thức: $m = 1000x\sqrt{\frac{[dd]}{2n}} = 2.399\ mm$

3.4. Thảo luận

Từ kết quả nghiên cứu và công tác thực nghiệm trên, rút ra một số nhận xét sau đây:

- Số liệu đo sâu bằng phương pháp đo hiện đại đo được tính toán bằng module xử lý hoàn toàn tương tự với kết quả được xử lý bằng phần mềm thương mại của hãng Trimble cụ thể; ở Bảng 4 chênh lệch độ cao với sai số trung phương m = 0,180 mm, bảng 5 chênh lệch độ cao với sai số trung phương m = 2,399 mm.

- Phương pháp xử lý đơn giản và nhanh chóng, module hoạt động tốt trên cả hai bản của hệ điều hành Micrsoft Windows.

- Các module này có độ chính xác cao, đáp ứng các yêu cầu trong công tác xử lý số liệu đo sâu và sử dụng tốt trong thực tế sản xuất.

4. Kết luận

4.1. Kết luận

Sau thời gian nghiên cứu cơ sở lý thuyết và thành lập thử nghiệm một số module chuyên dụng hỗ trợ công tác xử lý số liệu khảo sát địa hình dưới nước. Trên cơ sở đó chúng tôi có những kết luận như sau:

- Ngày nay, việc sử dụng phương pháp đo sâu hiện đại để thành lập bản đồ đã được sử dụng phổ biến tại Việt Nam. Vì vậy, việc nghiên cứu xây dựng các module hỗ trợ trong công tác xử lý số liệu là hoàn toàn cần thiết.

- Từ kết quả nghiên cứu lý thuyết đã xây dựng được thuật toán và thành lập một số module ứng dụng phù hợp với việc xử lý số liệu, thực sự mang lại hiệu quả cao về mặt kỹ thuật và kinh tế, tránh được những phụ thuộc không cần thiết khi sử dụng các phần mềm thương mại.

- Các module chương trình đã được kiểm chứng qua số liệu thực tế trong phần thực nghiệm, kết quả cho thấy hoàn toàn phù hợp với các phần mềm thương mại và các kết quả đo đạc thực nghiệm trên hiện trường. Điều đó đã chứng tỏ được tính đúng đắn của thuật toán trong các module vừa thành lập, đáp ứng đúng với yêu cầu và mục đích nghiên cứu của đề tài và thực tế sản xuất.

4.2. Kiến nghị

- Đặc điểm của công tác đo sâu là sự kết hợp của nhiều loại thiết bị và công nghệ tiên tiến, do đó để nâng cao hiệu quả và độ chính xác của công tác khảo sát địa hình dưới nước cần phải tiếp tục nghiên cứu và hoàn thiện công nghệ đo đạc và xử lý số liệu.

- Cần tiếp tục xây dựng các chỉ tiêu kỹ thuật tương xứng với sự tiến bộ của khoa học công nghệ, bổ sung các văn bản pháp lý cho phép vận dụng công nghệ đo đạc tiên tiến vào công tác khảo sát và thành lập bản đồ dưới nước.

Lời cảm ơn

Các kết quả nghiên cứu của bài báo này là sản phẩm của đề tài cấp bộ "Nghiên cứu giải pháp kết hợp công nghệ đo sâu hồi âm và các công nghệ địa không gian hiện đại thành lập bản đồ địa hình đáy sông/kênh phục vụ công tác đảm bảo an toàn giao thông đường thủy" mã số: B2022-MDA-09. Các tác giả xin gửi lời cảm ơn đến Bộ Giáo dục và Đào tạo, Trường Đại học Mỏ - Địa chất đã hỗ trợ chúng tôi trong các nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

Bộ Tài nguyên và Môi trường (2011), Thông tư số 27/2011/TT-BTNMT, Quy định về kiểm nghiệm và hiệu chỉnh một số thiết bị đo đạc bản đồ biển.

Đặng Nam Chinh, Phạm Hoàng Lân (2003), Bài giảng trắc địa biển, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

Đặng Nam Chinh (2010), "Nghiên cứu hoàn thiện các chỉ tiêu kỹ thuật và quy trình công nghệ đo đạc biển ở Việt Nam", Báo cáo tổng kết đề tài KH&CN cấp bộ (Bộ Giáo dục và Đào tạo). Mã số: B-2007-02-35, 8/2010.

Đặng Nam Chinh, Đặng Minh Tuấn, "Một số phương pháp xác định mật độ điểm đo sâu hợp lý trong đo vẽ thành lập bản đồ đáy biển sử dụng máy đo sâu đơn tia", Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất – số 29/01-2010.

Hướng dẫn sử dụng tham số tính chuyển từ hệ tọa độ quốc tế WGS-84 sang hệ tọa độ quốc gia VN-2000…, Số 1123/ĐĐBĐ-CNTĐ, Cục Đo đạc và Bản đồ (2007)

Phạm Hoàng Lân (1998), Cơ sở Trắc địa biển, Bài giảng cho học viên cao học Trắc địa, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

Đỗ Xuân Lôi (2004), Cấu trúc dữ liệu và giải thuật, NXB Đại học Quốc gia, Hà Nội.

Dương Quốc Lương, "Ứng dụng công nghệ mới trong đo đạc và thành lập bản đồ địa hình đáy biển", Tạp chí Trắc địa - Bản đồ, Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam - số 1-2008.

Đào Xuân Quang (2007), Công nghệ khảo sát trong các dự án công trình biển, (EGS Việt Nam, Hà Nội).

Quy định kỹ thuật về việc khảo sát lập bình đồ độ sâu, Tổng Công ty Bảo đảm an toàn Hàng hải miền Bắc.

Quy định cơ sở toán học, độ chính xác nội dung và ký hiệu bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ 1:10000. Tổng cục Địa chính - 1998.

Nguyễn Quang Thắng, Trần Viết Tuấn (2009), Trắc địa công trình biển, Bài giảng cho học viên cao học Trắc địa, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

Trần Viết Tuấn, Phạm Văn Quang, Hoàng Ngọc Thê (2015), "Nghiên cứu ứng dụng công nghệ RTK thành lập bản đồ địa hình đáy biển ven bờ tỷ lệ lớn", Tạp chí Tài nguyên và Môi trường, Kỳ 1 – tháng 11/2015.

Jamie MacMahan, Hydrographic surveying from personal watercraft, Journal of Surveying Engineering, February 2001.

ABSTRACT

Research on building a number of data processing program modules in underwater topographic survey

Le Duc Tinh[1, *], Ta Thi Thu Huong[1], Nguyen Thi Kim Thanh[1], Hoang Ngoc The[2]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Son Ha TCC; JSC*

The article has the content of researching solutions and building algorithms, setting up a computer program to build application modules, so that it can simultaneously process many different formats of measurement data needed, in which the processing is further integrated for different data sources (forms) while ensuring results and accuracy, speeding up the implementation schedule and suitable for actual production conditions in Vietnam. Vietnam. Good calculation and data processing will meet the progress and quality requirements. Thereby helping to speed up the progress of other related steps in the project, contributing to improving economic efficiency in construction works. The correctness of the problems raised has been verified through experimental examples.

Keyword: Single-beam echo depth measurement; underwater terrain survey; Processing depth measurement data.

Ứng dụng máy quét lazer mặt đất đánh giá độ phẳng bề mặt công trình

Phạm Trung Dũng[1, *], Nguyễn Như Tuấn Anh[2]

[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Công ty Topcon Singapore Positioning Pte Ltd*

TÓM TẮT

Máy quét lazer mặt đất (Terrestrial Laser Scanner - TLS) với nhiều ưu điểm vượt trội như khả năng tự động hóa cao, độ chính xác, mật độ điểm đo lớn cùng với tốc độ thu cao trong thu thập dữ liệu đã nhanh chóng trở thành công cụ đầy hứa hẹn cho các công tác kiểm tra chất lượng công trình. Tuy nhiên ở nước ta hiện nay vẫn còn thiếu quy định quy phạm cho TLS trong kiểm tra độ phẳng bề mặt công trình. Bài báo này đưa ra các bước để kiểm tra độ phẳng bề mặt công trình sử dụng TLS dựa theo tiêu chuẩn ASTM E1155. Thực nghiệm tiến hành kiểm tra độ phẳng bề mặt sàn của một nhà máy ở Việt Nam bằng thiết bị TLS GLS 2200. Từ quá trình đo đạc thực địa, lấy mẫu, tính toán và phân tích các tham số độ phẳng cho thấy các bước được đưa ra hoàn toàn có thể áp dụng cho công tác trắc địa trong kiểm tra độ phẳng bề mặt công trình. Ngoài ra, đây cũng là nghiên cứu bước đầu một cách có hệ thống từ phân tích lý thuyết, thành lập quy trình và thực nghiệm với công trình thực tế ở nước ta. Do đó, có thể sử dụng bài báo như một chỉ dẫn kỹ thuật và tài liệu tham khảo cho kỹ sư trắc địa cũng như các cơ quan quản lý nhà nước trong việc xây quy trình quy phạm sử dụng TLS cho đánh giá độ phẳng bề mặt công trình.

Từ khóa: Độ phẳng bề mặt, máy quét lazer mặt đất (TLS), phương pháp số F, tiêu chuẩn ASTM E1155.

1. Đặt vấn đề

Trong kiểm tra độ phẳng bề mặt công trình bằng phương pháp truyền thống cần phải tiếp cận trực tiếp đối tượng, số lượng điểm đo ít và chỉ kiểm tra khi bề mặt (bê tông) đã đông cứng (Bosché and Guenet, 2014) dẫn tới việc khắc phục sai sót trong quá trình thi công gặp nhiều khó khăn. Máy quét lazer mặt đất sử dụng tia lazer theo nguyên lý đo không gương cho phép đo gián tiếp, tốc độ thu dữ liệu nhanh và chính xác, đặc biệt cho phép kiểm tra bề mặt bê tông khi còn chưa đông cứng. Vì vậy, TLS là một giải pháp thay thế phù hợp cho công tác kiểm tra chất lượng bề mặt công trình. Liên quan đến sử dụng TLS cho kiểm tra chất lượng công trình, Talebi và Koskela et al. (2018) đã sử dụng thiết bị này để thu thập dữ liệu và phân tích độ lệch để phát triển một phương pháp tổng thể có tên là phép đo tuân thủ dung sai (Tolerance Compliance Measurement). Để đánh giá độ phẳng trong quá trình xây dựng, Valero and Bosché (2016) ứng dụng TLS vì nó cho phép tốc độ thu thập dữ liệu nhanh chóng, do đó bảo đảm cho công tác kiểm tra công trình trong quá trình thi công. Thêm vào đó, Zaczek-Peplinska, Kowalska et al. (2023) cũng sử dụng thiết bị này để trích xuất các tham số của mặt phẳng. Puri và Valero et al. (2018) đánh giá độ phẳng theo phương pháp sóng biến đổi liên tục (continuous wavelet transform) từ dữ liệu TLS. Có thể thấy rằng ưu điểm lớn nhất của TLS trong đánh giá độ phẳng của mặt sàn bê tông là cho phép kiểm tra nhanh chóng (báo cáo kết quả chỉ sau vài giờ đồng hồ) khi bề mặt bê tông chưa đông kết (Bosché and Guenet, 2014). Do đó phương pháp này cho phép phát hiện sớm để khắc phục kịp thời mà các phương pháp truyền thống không thể thực hiện được. Tuy nhiên, ở Việt Nam hiện nay, kiểm tra độ phẳng bề mặt công trình bằng TLS theo tiêu chuẩn quy phạm nào vẫn chưa được đề cập tới. Ngoài ra, còn thiếu các nghiên cứu một cách có hệ thống về ứng dụng TLS trong kiểm soát chất lượng bề mặt công trình. Một câu hỏi đặt ra là tiêu chuẩn nào phù hợp để áp dụng TLS kiểm tra độ phẳng bề mặt công trình. Để trả lời cho câu hỏi này, bài báo giới thiệu một số phương pháp phổ biến hiện nay trong công tác kiểm tra độ phẳng bề mặt công trình và bước đầu đề xuất các bước cho phép áp dụng TLS để kiểm tra độ phẳng bề mặt công trình.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Độ phẳng của bề mặt công trình là một yếu tố rất cần thiết để bảo đảm mặt sàn đáp ứng các yêu cầu sử dụng của nó như thiết kế.

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

Độ phẳng bề mặt ảnh hưởng tới độ an toàn, năng suất và chi phí bảo trì và nó được định nghĩa bởi hai chỉ số là độ phẳng F_F (flatness) và độ phẳng bề mặt F_L (levelness). Chỉ số độ phẳng F_F là để thể hiện tính chất phẳng trong phạm vị hẹp (0,6 m) còn độ phẳng bề mặt F_L là thể hiện tính chất phẳng trong phạm vi rộng (3 m) (TR34 2003).

Thông số kỹ thuật cùng với tiêu chuẩn về độ phẳng được xây dựng và pháp triển cùng với sự ra đời của các thiết bị công nghệ mới theo thời gian. Nhiều phương pháp đã tồn tại cho phép kiểm tra độ phẳng bề mặt như phương pháp dùng thước thẳng (straightedge), phương pháp số F, phương pháp TR34, (TR34 2003), phương pháp hệ số Waviness. Tuy nhiên hai phương pháp phổ biến nhất để ứng dụng trong thực tế hiện nay là phương pháp sử dụng thước thẳng và phương pháp số F, nội dung của hai phương pháp này sẽ được trình bày trong các phần tiếp theo của bài báo này.

2.1. Phương pháp thước thẳng

Thước thẳng (straightedge) là phương pháp đơn giản sử dụng một thước thép có chiều dài 3 m hoặc 2 m theo tiêu chuẩn của Hoa Kỳ hoặc Tây Âu, tương ứng. Độ gồ ghề của bề mặt là sự chênh lệch giữa mặt nền và bề mặt thước thép được đo tại một số vị trí khác nhau dọc theo thước thép được miêu tả trong Hình 1. Từ giá trị chênh lệch đo được sẽ so sánh với dung sai theo tiêu chuẩn hiện hành để đánh giá về tham số độ phẳng. Tham số độ phẳng tổng thể và cục bộ được đo bởi thước thẳng dài 3 m và 0,3 m (theo tiêu chuẩn của Hoa Kỳ) hoặc 2 m và 0,2 m (theo tiêu chuẩn của Tây Âu). Độ phẳng tổng thể phản ánh biến dạng ở phạm vị lớn giống như vặn xoắn trong khi độ phẳng cục bộ chỉ xác định mức độ gồ ghề trong phạm vi hẹp của sàn. Những giá trị độ phẳng này được biết đến là tham số độ phẳng và độ phẳng bề mặt và được ký hiệu là F_L và F_F, tương ứng theo tiêu chuẩn của Hoa Kỳ (ACI-117-06 2006). Phần tiếp theo sẽ giới thiệu một vài nét tiêu biểu của một số tiêu chuẩn quốc tế và Việt Nam được xây dựng dựa theo nguyên lý của thước thẳng.

Ở Hoa Kỳ, ACI 117 kiến nghị rằng phương pháp thước thẳng nên được đo một cách ngẫu nhiên trên bề mặt và ít nhất 100 ft^2 (10 m^2) có một trị đo và các điểm lấy mẫu cần phải lấy song song hoặc vuông góc hoặc tạo ra góc 45^o so với trục dài của công trình (American Concrete Institute (ACI) 2006).

Tại Pháp, theo tiêu chuẩn NF P11-213 (tiêu chuẩn cho thiết kế và xây dựng nền bê tông) yêu cầu ít nhất 10 trị đo cần phải được thực hiện tại mỗi một sàn nền nhưng không cung cấp thêm bất kỳ thông tin nào về vị trí của phép đo (Afnor, 2007). Ngoài ra, các trị đo cần thực hiện theo dạng lưới ô vuông với mắt lưới là 1 m (CSTB 2011).

Tại Anh, theo tiêu chuẩn ((BSI) 2009) số lượng trị đo để kiểm tra mức độ phẳng của bề mặt cần thỏa thuận giữa các bên dựa theo tiêu chuẩn hiện có trên hai tiêu chí về thời gian và kinh phí, trong đó bề mặt đo cần phải dựa theo một bề mặt chuẩn.

Tiêu chuẩn New Zealand NZS 3114: 1987 “Thông số kỹ thuật cho bề mặt bê tông hoàn thiện” (NZS-3114 1987) and NZS 3109:1997 “Công trình bê tông” (NZS-3101 1997), dung sai cho 11 loại bề mặt hoàn thiện được đặt tên U1-U11 được giới thiệu. Trong những tiêu chuẩn này, hai loại dung sai là sự thay đổi dần dần và thay đổi đột xuất được đo bằng thước thẳng 3 m và thước 0,2 m tương ứng giá trị cho các độ lệch này là 5 và 3 mm.

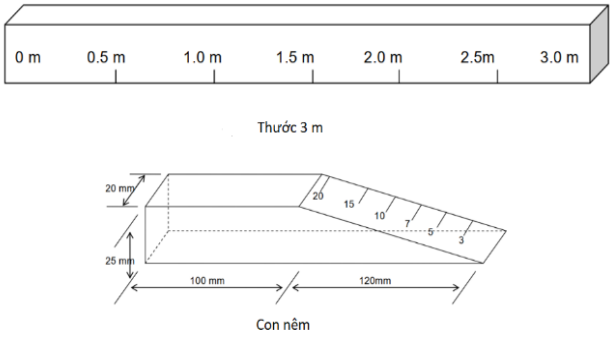
Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN-8864 2011) dựa trên phương pháp thước thẳng để kiểm tra bề mặt phẳng của đường. Theo tiêu chuẩn này, chỉ có độ phẳng tổng thể được đo bởi thước thẳng 3 m. Nguyên lý của phương pháp này là độ lệch giữa thước và bề mặt sàn được đo ngẫu nhiên bởi con nêm như

Hình *1*. Giá trị độ lệch được so sánh với các giá trị dung sai ghi trong tiêu chuẩn TCVN 8864: 2011.

Theo tiêu chuẩn TCVN 8864: 2011, đối với sàn bê tông nếu 70 % giá trị độ lệch trong phạm vi ± 3 mm và 30 % giá trị độ lệch trong phạm vi ± 5 mm thì mặt sàn đạt chất lượng rất cao hoặc rất phẳng. Nếu 50 % giá trị độ lệch trong phạm vi ± 3 mm và 50 % giá trị độ lệch trong phạm vi ± 5 mm thì mặt sàn đạt chất lượng cao hoặc nền phẳng. 100 % giá trị độ lệch trong phạm vi ± 5 mm thì nền tương đối phẳng.

Ưu điểm của phương pháp thước thẳng trong kiểm tra độ phẳng đơn giản và không yêu cầu các công cụ đắt tiền. Tuy nhiên, áp dụng phương pháp này mất thời gian, tiềm ẩn sai số đo và giới hạn về phạm vi đo (trong chiều dài 3 m của thước). Ngoài ra, nó còn khó để kiểm tra độ phẳng đối với khu vực lớn,

không thể tái thiết lập kết quả và thước không được cân bằng khi đo. Trong tiêu chuẩn này không yêu cầu thước đo phải cân bằng đo đó kết quả đo độ phẳng không phản ánh độ phẳng bề mặt F_L của mặt sàn. Thời gian và vị trí đo trên mặt sàn cũng như số lượng điểm đo không được đề cập trong các tiêu chuẩn trên (ACI-117-06 2006). Do đó, cần có các tiêu chuẩn, quy phạm thay thế các tiêu chuẩn hiện có được thông qua để phù hợp với công nghệ mới như máy quét lazer.



Hình 1. Thước thẳng dài 3 m và con nêm sử dụng đo độ phẳng bề mặt công trình

2.2. Phương pháp số F

Hệ thống đo số F là một trong những thang đo phổ biến cho đo độ phẳng được phát triển bởi Viện Nghiên cứu bê tông của Hoa Kỳ (ACI) và sử dụng trong tiêu chuẩn ASTM E1155. Số F là phương pháp thống kê để đánh giá độ phẳng thông qua hai chỉ số là độ phẳng (F_F) và độ phẳng bề mặt (F_L). Số F là giá trị độ phẳng được tính từ các mẫu đo rời rạc trên một mặt phẳng trong phạm vi 12 inch (hoặc 0,3 m) theo bề mặt cong. Trong kiến trúc và công trình, số F thường được sử dụng để đánh giá theo các chỉ số độ phẳng (F_F), độ phẳng bề mặt (F_L) (Henry and Ingham, 2010). Cả F_F và F_L đều thể hiện chất lượng mặt phẳng và không có đơn vị. Giá trị của F_F và F_L càng lớn thể hiện chất lượng bề mặt càng phẳng. F_F ảnh hưởng quá trình hoàn thiện mặt sàn trong khi F_L ảnh hưởng chính bởi quá trình thi công. F_F được xác định bởi tốc độ thay đổi độ cao của mặt sàn bê tông trong khoảng 0,3 m trong đó tốc độ thay đổi độ cao là q. Giá trị của q âm nếu mặt sàn lồi lên và giá trị của nó là dương nếu mặt sàn bị lõm xuống. Giá trị F_F trong tiêu chuẩn ASTM E1155 được tính theo công thức (ASTM 2001):

$$F_F = \frac{0{,}1161}{(3S_q + |q|)} \quad (1)$$

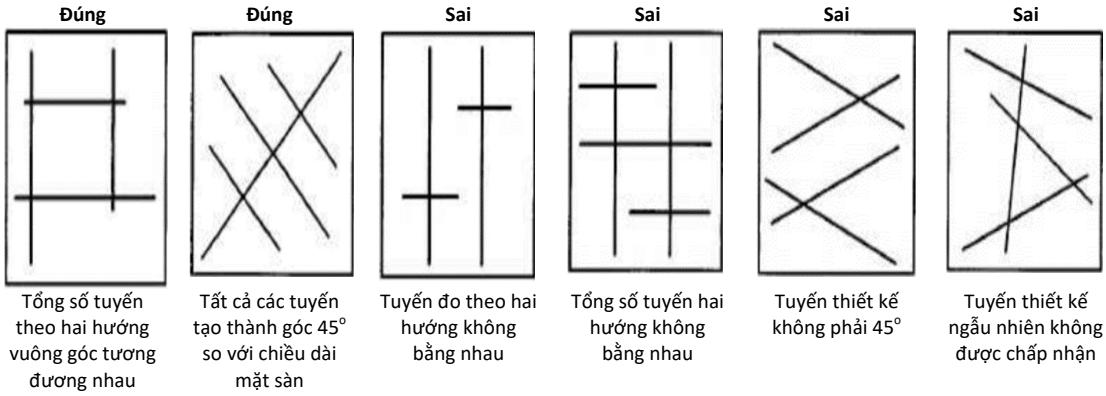
trong đó: S_q là giá trị độ lệch chuẩn của q và |q| là giá trị tuyệt đối của trị trung bình của q. Chú ý rằng trong công thức (1) S_q và q được tính bằng m.

F_L là giá trị đo độ phẳng bề mặt để thể hiện độ dốc của mặt sàn trong phạm vi 10 ft hoặc 3 m. Sự khác biệt về mặt độ cao giữa hai điểm ở khoảng cách 3 m và được tính theo công thức (ASTM 2001):

$$F_L = \frac{0{,}3175}{(3S_z + |z|)} \quad (2)$$

trong đó: S_z là độ lệch chuẩn của z và |z| là trị tuyệt đối của giá trị trung bình của z.

Số lượng, độ dài và vị trí của tuyến đo kiểm tra độ phẳng của bề mặt trong tiêu chuẩn ACI (ASTM 2001) được miêu tả trong Hình . Những đường thẳng này cần song song và vuông góc với nhau theo chiều dài của giới hạn mặt sàn. Kích thước mắt lưới được quy định không vượt quá 1,2 m và khoảng cách lấy mẫu trên mỗi tuyến đo là 0,3 m. Hầu hết các loại thiết bị như máy thủy chuẩn, toàn đạc điện tử đều thỏa mãn để áp dụng cho quy trình trên, tuy nhiên máy quét lazer mặt đất là thiết bị ưu việt hơn cả khi áp dụng cho tiêu chuẩn này (Bosché and Guenet, 2014). Để đánh giá chất lượng của bề mặt dựa trên phương pháp số F, các dung sai của chỉ số F_F và F_L được quy định theo tiêu chuẩn ACI-302.1 and ACI 117 và được liệt kê trongBảng và Bảng , tương ứng. Chú ý rằng F_L chỉ áp dụng để tính cho độ phẳng trên lớp mặt.



Hình 2. Số lượng và chiều dài tuyến kiểm tra

Bảng 1. Dung sai của F_F và F_L quy định cho 5 loại mặt sàn khác nhau (ACI-302.1R-96 1997)

Mục đích sử dụng mặt sàn	Độ phẳng FF	Độ phẳng bề mặt FL
Không gian không quan trọng, phòng cơ khí, bãi đậu xe, khu vực có gạch ốp lát	FF 20	FL 15
Văn phòng, khu công nghiệp nhẹ, nền trải thảm	FF 25	FL 20
Sàn kho, kho tiếp nhận hàng, phòng thí nghiệm	FF 30-35	FL 20-25
Kho hàng không, sân trượt băng	FF 45	FL 35
Sàn phim truyền hình	FF > 50	FL > 50

Bảng 2. Mối quan hệ giữa dung sai của phương pháp số F và phương pháp thước thẳng

Loại mặt sàn	Phương pháp số F (FF)	Phương pháp thước thẳng (mm)
Truyền thống	20	13
Tương đối phẳng	25	10
Phẳng	35	6
Rất phẳng	45	5
Siêu phẳng	60	3

2.3. Đánh giá độ phẳng bề mặt bằng TLS

Máy quét lazer mặt đất cho kiểm soát chất lượng mặt phẳng đã được khảo sát qua nhiều nghiên cứu. Các nghiên cứu về lĩnh vực này có thể được chia thành hai nhóm: (1) Nhóm sử dụng số F và (2) Nhóm trực quan hóa qua số liệu và hình ảnh mà không theo quy phạm. Talebi, Koskela et al. (2018) dựa theo phương pháp trực quan hóa đã phát triển quy trình bốn bước cho TLS trong đánh giá độ phẳng bề mặt, các bước chính bao gồm (i) thu thập dữ liệu 3D, (ii) định hướng dữ liệu đám mây điểm; (iii) phân tích độ lệch; (iv) thể thiện giá trị độ lệch. Ngoài ra, quy trình đánh giá độ phẳng bề mặt theo phương pháp Continuous Wavelet Transform được đề xuất bởi Valero and Bosché (2016) cũng gồm 4 bước. Quy trình đánh giá độ phẳng bề mặt bằng phương pháp F được phát triển trực tiếp từ phương pháp đo bằng thước (straightedge) vốn đã quen thuộc nên nó có thể dễ dàng áp dụng trong thực tế. Từ quy trình ba bước trong nghiên cứu của Bosché and Guenet (2014) tác giả đã phát triển thêm một bước và được miêu tả chi tiết như sau:

Bước 1: Thu thập dữ liệu mặt sàn bằng TLS

Để thu thập dữ liệu đám mây điểm của mặt sàn cần đánh giá độ phẳng cần thành lập các điểm khống chế mặt đất (GCP). Các điểm khống chế mặt đất nên được thành lập trong hệ tọa độ công trình hoặc hệ tọa độ quốc gia. Việc thành lập khống chế mặt đất có thể được thực hiện bởi các thiết bị khảo sát truyền thống như máy toàn đạc điện tử. Cần tối thiểu 3 đến 4 điểm khống chế cho toàn bộ khu vực khảo sát để làm cơ sở tính chuyển tọa độ. Tiếp theo, các tham số của TLS cần được cài đặt phù hợp cho đối tượng trước khi quét. Trong đó có hai tham số quan trọng nhất là độ phân giải (resolution) thể hiện số lượng điểm đo trên một diện tích và chất lượng quét (quality) thể hiện độ chính xác của trị đo. Theo Talebi, Koskela et al. (2018), độ phân giải được cài đặt lớn (1/4) và trung bình (1/8) khi quét cho khu vực lớn với

đối tượng là nội thất hoặc không phải nội thất, tương ứng. Độ phân giải thấp (1/10) được đề xuất cho khu vực hẹp. Chất lượng quét tùy thuộc vào chất liệu mặt sàn, đối với vật liệu không phản xạ (bê tông) nên đặt mức 2X còn bề mặt có tính phản xạ cao thì nên đặt mức 3X hoặc 4X.

Sau khi thu dữ liệu, đám mây điểm cần được ghép nối (hoặc định hướng tương đối registration) từ các trạm máy riêng lẻ. Quá trình ghép trạm có thể được thực hiện bởi một trong các phương pháp gồm: phương pháp ghép nối dựa theo điểm, phương pháp ghép nối theo đường thẳng và phương pháp ghép nối theo mặt phẳng. Đám mây điểm sau khi được ghép từ nhiều trạm máy sẽ được định vị trong hệ tọa độ công trình hoặc hệ tọa độ nhà nước bằng việc định hướng tuyệt đối (geo-referencing) dựa trên các điểm GCP. Chú ý rằng, trường hợp tọa độ của đám mây điểm đã được xác định trong hệ tọa độ công trình (hoặc hệ tọa độ nhà nước) khi sử dụng các loại máy quét có bộ định tâm và ống ngắm định hướng thì thủ tục định hướng tương đối và định hướng tuyệt đối có thể được bỏ qua. Cuối cùng, đám mây điểm cần được lọc bỏ nhiễu và lựa chọn phần cần đánh giá độ phẳng để thực hiện ở các bước tiếp theo.

Bước 2: Thiết kế tuyến lấy mẫu kiểm tra

Thiết kế tuyến lấy mẫu cần tuân thủ các quy định trong tiêu chuẩn ASTM (ASTM 2001):

- Tuyến lấy mẫu kiểm tra được thiết kế theo hai hướng vuông góc nhau. Nếu chiều rộng của mặt sàn lớn hơn 7,5 m, tuyến lấy mẫu được thiết kế dọc theo chiều dài của mặt sàn. Ngược lại, nếu chiều rộng mặt sàn nhỏ hơn 7,5 m thì tuyến lấy mẫu thiết kế lệch một góc 45^o.

- Tuyến lấy mẫu song song cách nhau một khoảng không quá 1,2 m và các điểm lấy mẫu trên tuyến cách nhau một khoảng 0,3 m; Các điểm đo ở ngoài phạm vi của mặt sàn hoặc bên trong mặt sàn nhưng không nhỏ hơn 0,6 m tính từ ranh giới của mặt sàn cần được loại bỏ.

- Đường đo lấy mẫu cần tránh đi qua mối nối thi công hoặc sự gián đoạn tương tự của mặt sàn.

Bước 3: Tính hệ số F

Tính toán các hệ số F_F và F_L được thực hiện theo công thức (1) và (2) trong trường hợp thỏa mãn số lượng điểm lấy mẫu (độ cao z) trên một mặt cắt không nhỏ hơn hoặc bằng giá trị N_{Min} (ASTM 2001):

$$N_{Min} = \begin{cases} 6.56\sqrt{A} \ (30 \le A \le 150) \\ \dfrac{A}{30} (A > 150) \end{cases} \quad (3)$$

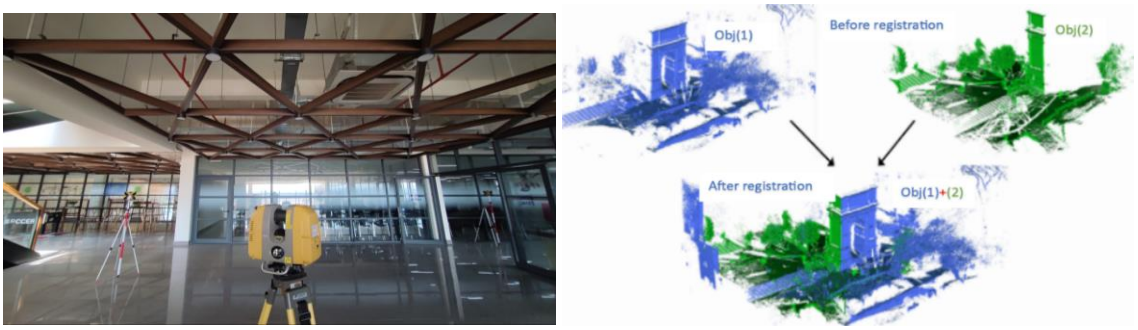
trong đó: A là diện tích của mặt kiểm tra được tính bằng m^2. Chú ý nếu diện tích mặt sàn nhỏ hơn 30 m^2 thì không thực hiện đánh giá độ phẳng theo phương pháp này.

Bước 4: Đánh giá mức độ phẳng của mặt sàn

Tiến hành so sánh giá trị F_F và F_L với các tiêu chuẩn trong Bảng 1 và Bảng 2 để đánh giá chất lượng của mặt sàn. Đánh giá độ phẳng của bề mặt sàn theo phương pháp số F có thể dựa vào vật liệu mặt sàn đối với 5 loại bề mặt khác như như Bảng 1. Trong đó cả hệ số độ phẳng F_F và độ phẳng bề mặt F_L được so sánh với các giá trị dung sai theo tiêu chuẩn ASTM. Ngoài ra, mức độ phẳng của bề mặt sàn có thể phân loại theo 5 mức độ phẳng như quy định trong Bảng 2. Chú ý rằng đối với mức độ phẳng của bề mặt chỉ có thể đánh giá theo hệ số F_F trong quy định này.

3. Kết quả và thảo luận

Thực nghiệm được thực hiện tại hiện trường một nhà máy ở Việt Nam (xem Hình (a)) bằng máy quét lazer mặt đất GLS 2200. Mạng lưới khống chế mặt đất được xây dựng gồm 4 điểm trên mặt sàn của nhà máy. Các thông số chính được thiết lập cho công tác quét của máy GLS 2200 gồm độ phân giải ở mức 9 mm tại khoảng cách 10 m, chất lượng quét ở mức 2X do bề mặt sàn có mức độ phản xạ thấp, trường nhìn cho góc ngang là 360^o và góc đứng là 270^o. Khoảng cách giữa hai trạm máy không cách xa quá 15 m và tọa độ trạm máy được xác định theo phương pháp giao hội nghịch. Độ chính xác giao hội nghịch RMS theo cả ba thành phần tọa độ X, Y, H đều trong phạm vi 3 mm.



(a) (b)

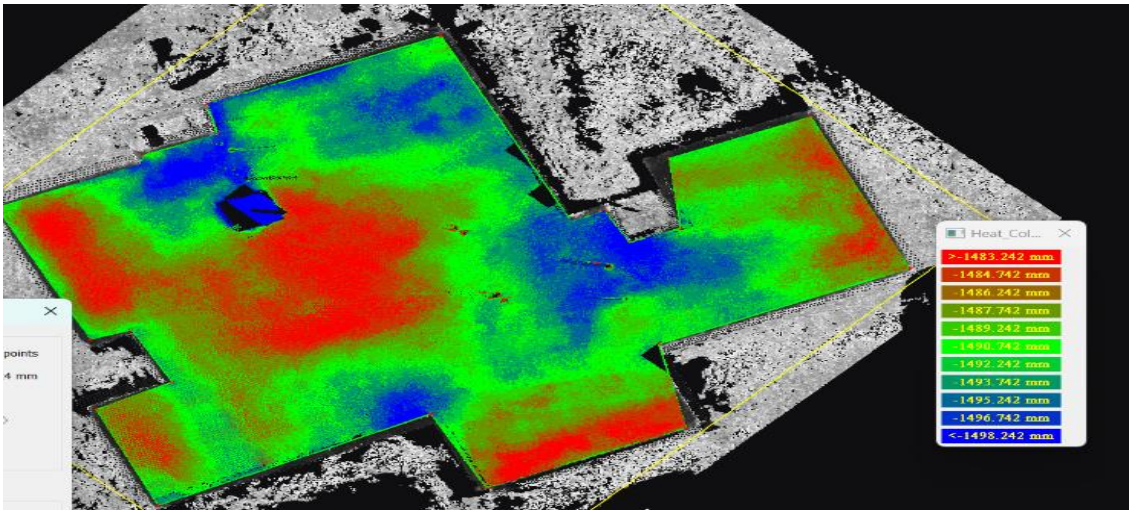
Hình 3. Máy quét và gương phản xạ thực hiện giao hội nghịch (a) ghép nối các đám mây điểm (b)

Bảng 3 thể hiện sai số của phương pháp giao hội nghịch được ví dụ tại một trạm máy Y_1 và định hướng về điểm Y_2. Các trạm quét được thiết kế tạo thành một đường chuyền khép kín để giảm sai số tích lũy. Các đám mây điểm từ các trạm quét được ghép nối tự động (xem Hình (b)) vì tọa độ trạm máy được xác định trong cùng hệ tọa độ thống nhất theo phương pháp giao hội nghịch thông qua các điểm khống chế mặt đất. Độ chính xác xác định vị trí trạm máy phụ thuộc vào các yếu tố như đồ hình và độ chính xác vị trí điểm khống chế (Breach, 1994).

Trước khi tạo tuyến lấy mẫu và tính các tham số độ phẳng, bề mặt đối tượng quét cần được kiểm tra trước trên bản đồ nhiệt (heat-map) như trong Hình 4. Bản đồ này thể hiện độ cao mặt sàn từ 1483 mm đến 1498 mm với giá trị trung bình là 1490 mm. Nhìn trên bản đồ nhiệt có thể nắm được một số thông tin sơ bộ về khu vực bị lõm xuống (màu đỏ) hoặc lồi lên (màu xanh da trời). Bên cạnh đó, màu xanh lam biểu thị độ cao trung bình của mặt sàn và đây cũng là màu sắc chủ đạo của mặt sàn, điều này thể hiện một cách trực quan rằng mặt sàn tương đối phẳng. Tuy nhiên cần phải đánh giá độ phẳng thông qua các tham số định lượng theo phương pháp số F sẽ được trình bày ở phần sau.

Bảng 3. Sai số giao hội nghịch tại trạm máy Y_1 và định hướng Y_2

Tên điểm	Độ lệch X(m)	Độ lệch Y(m)	Độ lệch Z(m)
Y2	0,000	0,000	-0,002
Thống kê	X (m)	Y (m)	Z (m)
RMS	0,000	0,000	0,002
MAX	0,000	0,000	-0,002

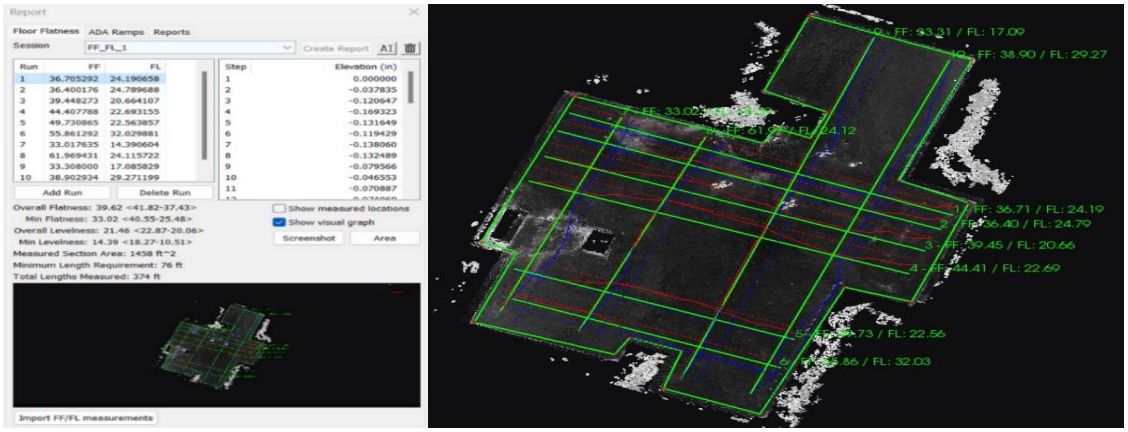


Hình 4. Bản đồ nhiệt (heat-map) thể hiện sự khác nhau độ cao bởi màu sắc tương ứng

Quá trình đánh giá độ phẳng của bề mặt theo tiêu chuẩn ASTM E1155 được thực hiện thông qua phần mềm RITHM. Vì diện tích của mặt sàn đủ lớn 30 m^2 nên các tuyến được thiết kế theo hai hướng vuông góc nhau và hướng theo trục chính của công trình; các tuyến được thiết kế cách nhau lớn hơn 1,2 m; không có tuyến nào được đi qua mối nối thi công; và các tuyến đều cách ranh giới sàn lớn hơn 0,6 m. Trong thực nghiệm này, 10 tuyến đo được thiết kế theo hai hướng vuông góc với nhau như Hình 5. Các tuyến 1, 2, 3, 4, 5, và 6 là các tuyến vuông góc với trục chính được đánh số từ trên xuống dưới. Các tuyến 7, 8, 9 và 10 là các tuyến song song với trục chính công trình và được đánh số từ trái qua phải.

Bảng 4 thống kê các giá trị tính toán các tham số tổng thể độ phẳng F_F và độ phẳng bề mặt F_L. Từ kết quả tính toán cho thấy cả giá trị tổng thể và giá trị nhỏ nhất cục bộ của độ phẳng và đô phẳng bề mặt tổng thể đều đạt yêu cầu (Pass) khi so với dung sai (SOF_F = 25 và SOF_L = 20) và (MLF_F = 15 và MLF_L = 12), tương ứng trong Bảng 2. Chú ý giá trị dung sai nhỏ nhất cục bộ được lấy bằng 60% giá trị dung sai tổng thể tương ứng (Mark 2011). Bề mặt của sàn kiểm tra có thể đạt tiêu chuẩn của "văn phòng, khu công nghiệp nhẹ, nền trải thảm" được quy định trong Bảng 1.

Bảng 5 thể hiện giá trị độ phẳng F_F và độ phẳng bề mặt F_L của 10 tuyến kiểm tra. Kết quả cho thấy giá trị độ phẳng của các tuyến 1, 2, 3, 7, 9, 10 tương đối đồng đều (F_F > 33 tương đương với mức độ "rất phẳng"), riêng tuyến 8 có độ phẳng tốt nhất F_F= 62. Giá trị độ phẳng bề mặt F_L cũng tương đối đồng đều (F_L >21) tương đương với mức "rất phẳng"), riêng chỉ có tuyến 7 và 9 là có độ phẳng tương đối nhỏ tuy nhiên vẫn đạt mức F_L> 12 tương đương với mức độ "tương đối phẳng" như quy định trong Bảng 2. Kết quả này là phù hợp với bản đồ nhiệt ở Hình 4 trong đó tuyến kiểm tra 7 và 9 là có sự thay đổi về độ cao đáng kể. Kết quả này cũng được thể hiện chi tiết theo mặt cắt của các tuyến như ở Hình 6, trong đó tuyến 7 và 9 có biên độ biến đổi lớn nhất về thành phần độ cao (theo trục tung).



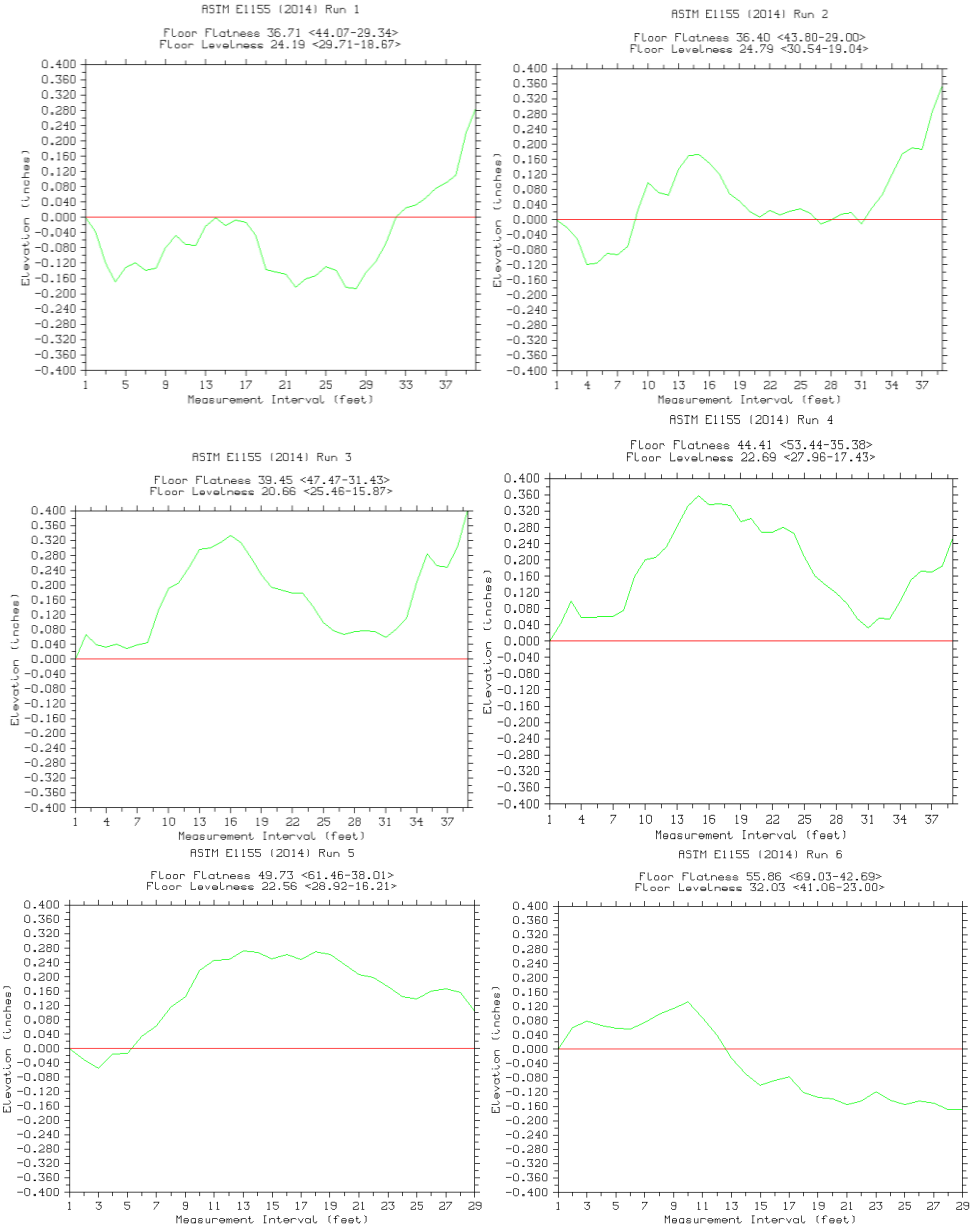
Hình 5. Số lượng và vị trí các tuyết kiểm tra và kết quả tính hệ số F

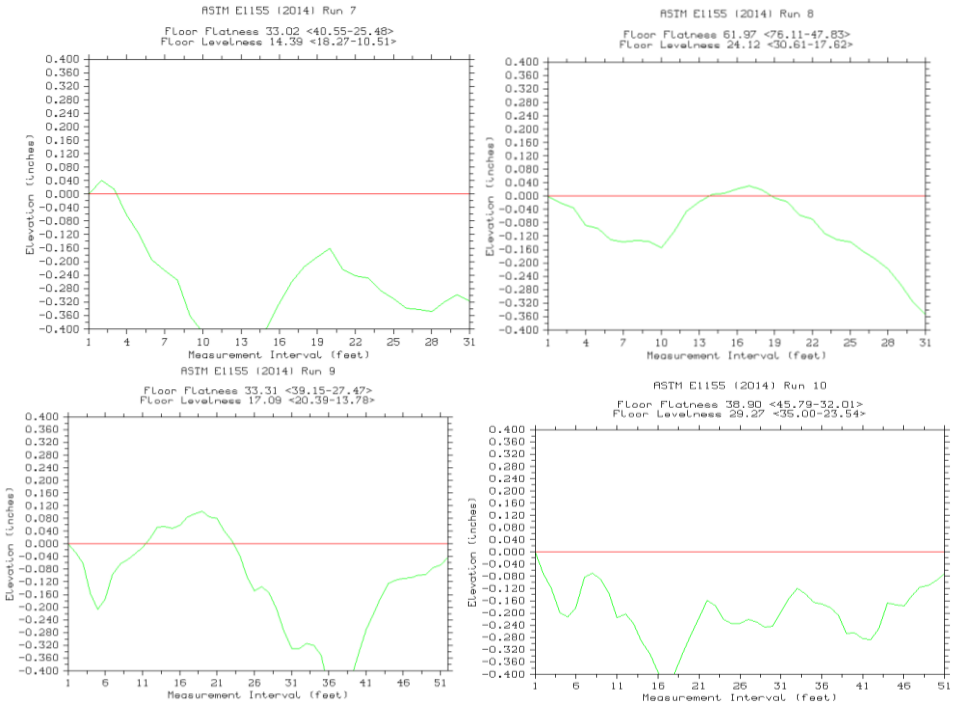
Bảng 4. Giá trị độ phẳng và độ phẳng bề mặt tổng thể tính từ kết quả đo

Tham số độ phẳng	Giá trị	Tham số độ phẳng bề mặt	Giá trị
Độ phẳng đo (FF)	39.622	Độ phẳng bề mặt đo (FL)	21.464
FF Xác suất 90%	37.427- 41.816	FL Xác suất 90 %	20.059 - 22.869
Độ phẳng kiểm tra	PASS	Độ phẳng bề mặt kiểm tra	PASS
Giá trị độ phẳng nhỏ nhất (FFmin)	33.018	Giá trị độ phẳng bề mặt nhỏ nhất (FLmin)	14.391
Xác suất 90 % FF_min	25.484- 40.551	Xác suất 90 % FL_min	10.514 - 18.267
Độ phẳng kiểm tra nhỏ nhất	PASS	Giá trị độ phẳng bề mặt nhỏ nhất	PASS
Diện tích bề mặt	1458 ft2	Tổng chiều dài tuyến đo	374 ft
Chiều dài tuyến kiểm tra yêu cầu	76 ft	Chiều dài tuyến kiểm tra	PASS

Bảng 5. Giá trị độ phẳng và độ phẳng bề mặt của 10 tuyến đo kiểm tra

Run#	Độ phẳng (FF)	Xác suất 90 %	Độ phẳng bề mặt (FL)	Xác suất 90 %
1	36.705	29.336 - 44.075	24.191	18.671 - 29.710
2	36.400	28.998 - 43.803	24.790	19.041 - 30.538
3	39.448	31.426 - 47.471	20.664	15.872 - 25.456
4	44.408	35.377 - 53.439	22.693	17.431 - 27.955
5	49.731	38.006 - 61.456	22.564	16.206 - 28.922
6	55.861	42.691 - 69.032	32.030	23.004 - 41.056
7	33.018	25.484 - 40.551	14.391	10.514 - 18.267
8	61.969	47.830 - 76.108	24.116	17.619 - 30.612
9	33.308	27.469 - 39.147	17.086	13.780 - 20.392
10	38.903	32.014 - 45.792	29.271	23.539 - 35.003





Hình 6. Biểu đồ thể hiện độ chênh lệch độ cao theo 10 tuyến đo của mặt sàn. Trong đó đường màu xanh là thể hiện giá trị độ cao của mặt sàn, đường màu đỏ là độ cao trung bình "0" của mặt sàn

4. Kết luận

Máy quét lazer mặt đất là một trong những công cụ mới cho phép nâng cao năng suất và rút ngắn thời gian trong đánh giá độ phẳng của bề mặt công trình. Ở nước ta hiện nay thiếu quy định quy phạm và các hướng dẫn công nghệ được coi là một trở ngại lớn để ứng dụng thiết bị này vào công tác kiểm tra chất lượng công trình. Bài báo đã đề giới thiệu cách ứng dụng TLS cho kiểm tra độ phẳng bề mặt thông qua bốn bước theo quy phạm ASTM E1155. Từ quá trình thực nghiệm và phân tích kết quả cho thấy, quy trình bốn bước là phù hợp để áp dụng trong công tác kiểm tra chất lượng công trình. Bài báo bước đầu nghiên cứu một cách có hệ thống từ lý thuyết đến thực nghiệm việc áp dụng TLS cho công tác đánh giá độ phẳng bề mặt công trình. Bài báo này cũng giới thiệu một tiêu chuẩn mới phù hợp để áp dụng cho TLS đó là tiêu chuẩn ASTM E1155, tiêu chuẩn hiện đại và đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới. Kết quả bài báo là tài liệu tham khảo phù hợp cho các đơn vị sản xuất trắc địa ở nước ta cũng như giúp cho các cơ quan quản lý nhà nước có căn cứ để xây dựng tiêu chuẩn, quy phạm về phân tích độ phẳng bề mặt công trình ứng dụng máy quét lazer mặt đất.

Tuy nhiên, trong nghiên cứu vẫn còn những hạn chế cần được tiếp tục phát triển và hoàn thiện trong thời gian tới. Khoảng cách giữa các trạm máy quét có ảnh hưởng lớn đến chất lượng đám mây điểm tuy nhiên hiện nay chưa có quy định về khoảng cách giữa các trạm máy quét khi kiểm tra độ phẳng mạt sàn. Bởi vì khi sử dụng TLS để thu thập dữ liệu bề mặt, chênh cao giữa máy mặt sàn không lớn (khoảng 1,5 m) dẫn tới cường độ tia lazer phản xạ về máy thấp (do góc tới chùm tia lazer lớn). Ngoài ra, các chất liệu phản xạ của bề mặt sàn đặc biệt là khi sàn bê tông còn ướt có ảnh hưởng lớn đến chất lượng của dữ liệu nên đòi hỏi phải lựa chọn chế độ quét phù hợp.

Tài liệu tham khảo

(BSI), B. S. I. (2009). "BS 8204 - Screeds, bases and in situ flooring."

ACI-117-06 (2006). "Specifications for tolerances for concrete construction and materials and commentary." American Concrete Institute: Farmington Hills, MI. p. 70.

ACI-302.1R-96 (1997). "\ Guide for Concrete Floor and Slab Construction; ACI:." Farmington Hills, MI, USA.

Afnor (2007). "NF P 11-213 - Dallages conception, calcul et ex´ecution (dtu 13.3)."

American Concrete Institute (ACI), A.-.-S. f. t. f. c. c. a. m. a. c. (2006).

ASTM, E. M. (2001). "Standard test method for determining FF floor flattnessand FL flor levelness numbers [metric]." American Society for Testing and Materials.: p. 8.

Bosché, F. and E. J. A. i. c. Guenet (2014). "Automating surface flatness control using terrestrial laser scanning and building information models." 44: 212-226.

Breach, M. (1994). "Three dimensional resection "Surveying Land Information Systems (USA)"." 54(1): 21-25.

CSTB, A. T.-V. (2011). "Proc´ed´e disolation thermique in-situ de planchers par projection de mousse depolyur´ethanne sous chape ou dalle."

Henry, R. and J. Ingham (2010). Field measurements of concrete floor surface regularity.

Mark, A. C. (2011). "The Floor Flatness Report." Concrete International 33(1).

NZS-3101 (1997). "Concrete construction, Standards New Zealand." p. 67.

NZS-3114 (1987). "Specification for concrete surface finishes, Standards New Zealand." p. 46. Puri, N., E. Valero, Y. Turkan and F. J. A. i. C. Bosché (2018). "Assessment of compliance of dimensional tolerances in concrete slabs using TLS data and the 2D continuous wavelet transform." 94: 62-72.

Talebi, S., L. Koskela and P. Tzortzopoulos (2018). Tolerance compliance measurement using terrestrial laser scanner. 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean Construction-Towards Mature Production Across Cultures and Frontiers, Chennai, India.

TCVN-8864 (2011). "Standard Test Method for Measuring Road Pavement Surface Roughness Using a 3.0 m Straight Edge."

TR34 (2003). "The Concrete Society Technical report 34: Concrete industrial floors - a guide to theirdesign and construction." 105.

Valero, E. and F. Bosché (2016). Automatic surface flatness control using terrestrial laser scanning data and the 2d continuous wavelet transform. ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction, IAARC Publications.

Zaczek-Peplinska, J., M. Kowalska, K. Ryczko and C. Sekular (2023). "Selected aspects of geometrical analyses of surfaces measured using terrestrial laser scanning (TLS)."

ABSTRACT

On the Research of Terrestrial Laser Scanner for Assessment of Flatness and Levelness of Surface Constructions

Pham Trung Dung[1, *], Nguyen Nhu Tuan Anh[2]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Topcon Singapore Positioning Pte Ltd Company*

Terrestrial laser scanner (TLS) with many outstanding advantages such as high automation ability, high accuracy, high point density along with high data rate has quickly become a promising tool for assessment of quality control. However, in Vietnam, there is still a lack of standards for TLS in the assessment of flatness and levelness for surface constructions. This paper presents a four-step inspection of the flatness and levelness of the floor using TLS based on the ASTM E1155 standard. The experiment was carried out at a factory in Vietnam with the TLS GLS 2200. Through the field work with data acquisition, and deviation analysis and calculation of F values, the proposed four-step are completely applicable to geodetic work in quality control. In addition, this paper is an initially completed study from theoretical analysis to application in actual work. Therefore, the paper can be used as a technical guide and reference for geodetic engineers in quality control. It is also can be used for state management agencies in the establishment of standards.

Keywords: Flatness and levelness, Terrestrial laser scanner (TLS), F-method, ASTM E1155 standard.

Khảo sát sự sụt lún tuyến đê, kè biển Cửa Đại bằng phương pháp trắc địa và công nghệ Georadar

Lê Văn Hùng[1,*], Vũ Duy Tân[2]
[1]*Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, Bộ Xây dựng (IBST)*
[2]*Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ*

TÓM TẮT

Do tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu, những năm gần đây thời tiết, thiên tai diễn biến hết sức bất thường. Mưa, lũ với cường độ lớn, thường xuyên xảy ra ở nhiều nơi, gây thiệt hại, ảnh hưởng nghiêm trọng đến sản xuất, tài sản và đời sống của người dân. Mưa lũ làm cho hư hỏng hệ thống đê kè, một số tuyến đê bị vỡ hoặc bị sói mòn tạo ra hiện tượng sụt lún và rỗng chân. Do đó để đảm bảo an toàn cho các tuyến đê kè trong mùa mưa bão cần phải tiến hành khảo sát và có phương án gia cố các vị trí đê bị hư hỏng là việc hết sức quan trọng. Bài báo sử dụng phương pháp khảo sát trắc địa truyền thống và công nghệ Georadar (còn gọi là radar xuyên đất - GPR) để tìm và xác định những vị trí lỗ hổng, hố ngầm trong đoạn đê kè tại biển Cửa Đại - Hội An. Kết quả khảo sát cho thấy 11 khu vực bị sụt lún, rỗng chân ảnh hưởng nghiêm trọng đến chất lượng tuyến đê kè và kết quả khảo sát này được chuyển đến đơn vị thiết kế để có phương án gia cường tuyến đê đảm bảo an toàn cho con người và tài sản.

Từ khóa: GNSS, GPR, Georadar.

1. Đặt vấn đề

Bờ biển Cửa Đại dài 3,5 km, trong những năm qua, do biến đổi khí hậu, triều cường, rồi một số nguyên nhân khác đã gây sạt lở nghiêm trọng, Ngoài những hố sạt lở lớn, rộng 30 - 50 m^2, còn xuất hiện gần 10 điểm rạn nứt, có thể sụp đổ bất cứ lúc nào. Tuy nhiên, nguy hiểm nhất là sóng đã khoét hàm ếch sâu vào bờ hàng chục mét, đe dọa trực tiếp toàn bộ tuyến đường bê tông bên trên và đường Âu Cơ nếu không có giải pháp kịp thời. Theo báo cáo của thành phố Hội An, có khoảng 1.100 m bờ kè biển Cửa Đại bị sóng đánh, một số đoạn kè bị bị hư hỏng nghiêm trọng, một số đoạn có dấu hiệu hư hỏng. Theo đó cần phải khảo sát xác định vị trí để lên phương án gia cố các đoạn đê kè bị hư hỏng bên trên và trong thân đê kè.



Hình 1. Một đoạn bờ kè bê tông bị sóng biển đánh sụp lún ở biển Cửa Đại (Nguồn: Báo Quảng Nam)

Việc khảo sát những hư hỏng của đê kè tại Việt Nam cũng có một số nghiên cứu như sử dụng phương án khảo sát trực tiếp (Nguyễn Thành Trung và nnk., 2012) để tiến hành lập bản vẽ vị trí hư hỏng.

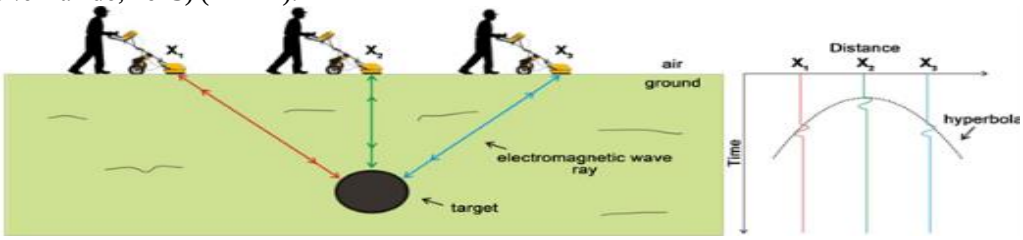
* *Tác giả liên hệ*
Email: hungleibst@gmail.com

Nghiên cứu sử dụng phương pháp địa điện (2 cực, đa cực) khảo sát thân kè (Nguyễn Quốc Dũng, 2005), sử dụng phương pháp georadar (Nguyễn Văn Giảng và nnk., 2022) kiểm soát hư hỏng kè sông ở Vĩnh Long. Còn trên thế giới các nghiên về sử dụng công nghệ Georadar được sử dụng nhiều trong các lĩnh vực như đường giao thông, trong rà phá bom mìn,… trong việc kiểm soát áp lực nước lỗ rỗng qua thân đập (Yoyok Adisetio Laksono & nnk., 2020), kiểm tra cấu trúc thân đập cho mỏ than (Coulibaly Yaya, Li Zhen Cheng, 2016), (Denis V. Savvin1 và nkk, 2022). Các nghiên cứu này có thấy việc ứng dụng công nghệ Georadar rất hữu dụng. tuy nhiên chưa có nghiên cứu nào ứng dụng kết hợp khảo sát truyền thông với công nghệ Georadar. Việc khảo sát và tìm ra chính xác những vị trí hư hỏng có ý nghĩa rất lớn trong việc xác định nguyên nhân, từ đó đưa ra được giải pháp cũng như xác định được chính xác khối lượng cần sửa chữa hay gia cường vị trí hư hỏng. Để ngăn ngừa các sự cố cho đê kè, hàng năm trước mùa mưa bão chúng ta cần phải thực hiện các công tác bảo trì đê kè để tìm kiếm các dấu hiệu hư hỏng. Bài báo này đưa ra quy trình phối hợp giữa công tác trắc địa truyền thông và công nghệ Georadar trong qua trình khảo sát tìm kiếm các hư hỏng trên thân đê kè.

2. Giới thiệu hệ thống Georadar

2.1. Công nghệ Georadar

Công nghệ Georadar (còn gọi là radar xuyên đất - GPR) là một trong các phương pháp thăm dò địa vật lý nghiên cứu sự lan truyền sóng phản xạ điện từ trong đất đá. Khi phát sóng điện từ có dải tần số radio vào trong lòng đất dưới dạng xung, nếu gặp các mặt ranh giới hoặc bất đồng nhất về tính chất điện từ, chúng phản xạ trở lại mặt đất và được ghi lại bằng anten thu. Sử dụng các cách xử lý, phân tích, minh giải trường sóng điện từ ghi được có thể giải đoán được các đối tượng gây nên dị thường và dựa vào thời gian từ lúc phát sóng đến lúc thu, sẽ xác định được vị trí và độ sâu đối tượng (Tổ thử nghiệm Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ, 2015) (Hình 2).



Hình 2. Mô tả công nghệ Georadar

2.2. Giới thiệu thiết bị

Hệ thống Georadar hay Hệ thống máy dò công trình ngầm bằng công nghệ Radar xuyên đất RIS MF Hi-Mod#2 (Hình 3) có cấu hình gồm: 4 ăng ten với 2 kênh tần số 200 MHz và 600 MHz, 02 ăng ten TR80 với tần số 80 MHz.

- Đối với ăn ten kép tần số 200 MHz và 600 MHz:

Độ sâu truyền sóng là 3,5 m theo giới thiệu của nhà sản xuất thì loại ăn ten này hoạt động tốt đối với việc xác định các công trình ngầm, kiểm tra hang-hốc, kiểm tra hạ tầng kỹ thuật.

- Đối với ăn ten kép tần số đơn TR80:

Độ sâu truyền sóng là 11 m trong điều kiện bình thường (Tổ thử nghiệm Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ, 2015). Theo giới thiệu của nhà sản xuất thì loại ăng ten này hoạt động tốt đối với việc thăm dò địa chất.

- Các thông số chính của thiết bị như sau: (Bảng 1).

2.3. Kết hợp giữa phương pháp trắc địa và công nghệ Georadar

2.3.1. Quy trình dò tìm bằng thiết bị RIS MF Hi-Mod#2

Từ cấu hình của máy và hướng dẫn của nhà sản xuất cho thấy sau quá trình triển khai ngoài công tác dò tìm ngoài thực địa tiếp đến là về xử lý số liệu trong phòng bằng phần mềm chuyên dụng ta phải minh giải dữ liệu đo rồi lập bản vẽ các đối tượng. Thiết bị RIS MF Hi-Mod#2 không có chức năng định vị do đó việc xác định vị trí và khoanh vùng đối tượng chỉ là ước lượng, không chính xác. Bởi vậy cần phải kết hợp với phương án khảo sát trực tiếp để thiết lập được bản đồ chính xác về vị trí tọa độ, cao độ các khu

vực hư hỏng, các hang hốc, nằm trong thân đê kè. Từ những yêu cầu trên nhóm tác giả thiết lập quy trình (Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ, 2018) dò tìm như Hình 4.

2.3.2. Phương pháp trắc địa

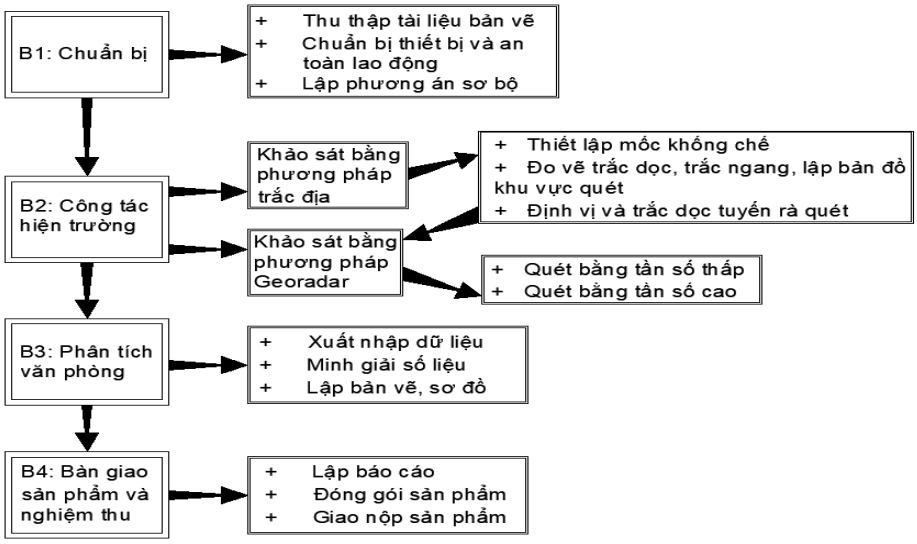
Hiện nay, tại Việt Nam đã ứng dụng rất công nghệ mới trong đo đạc khảo sát, kể đến là công nghệ GNSS, RTK, UAV và máy toàn đạc điện tử (TĐĐT). Trong phạm vi bài viết này không giới thiệu chi tiết của các công nghệ trên. Đối với các tuyến đê kè, đây là một hạng mục công trình độc lập, nên có thể sử dụng hệ tọa độ Quốc gia VN200 hoặc hệ tọa độ địa phương để tiến hành công tác khảo sát. Khi sử dụng phương pháp đo vẽ trực tiếp để khảo sát, các bước thực hiện tuần tự như sau: (1) Thu thập các tài liệu hiện có, (2) Lập hệ thống mốc khống chế mặt bằng và độ cao, (3) Sử dụng các thiết bị TĐĐT hoặc GNSS-RTK để tiến hành đo vẽ chi tiết, khoanh vùng các khu vực sự cố, khu vực hư hỏng, định vị các tuyến cho thiết bị Georadar, đo trắc dọc, trắc ngang, (4) Công tác xử lý số liệu nội nghiệp, xuất bản vẽ hiện trạng, mặt cắt dọc, ngang, lập bảng khối lượng chi tiết,... Lưu ý với công tác lập lưới khống chế và đo đạc chi tiết thì mật độ điểm và độ chính xác phải đảm bảo theo tiêu chuẩn hiện hành.



Hình 3. Thiết bị RIS MF Hi-Mod#2 với cấu hình 2 ăng ten

Bảng 1. Các thông số chính của thiết bị

RIS MF Hi-Mod	
TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Data Logger	Panasonic CF-19 (or alternatively any Windows PC with an Ethernet LAN interface
Radar Acquisition Unit	IDS DAD Fast Wave, with RIS K2 acquisition software
Max Number of Channels	Up to 8
Antenna Frequencies	200 and 600 MHz
Positioning	Metric wheel and/or GPS interface
Collection Speed (up to 8 profiles simultaneously)	4 m/sec in full configuration (8 channels)
Battery Life	> 8 h
Weight	58 kg in full configuration
Surface Footprint	200 cm x 60 cm (full configuration)
Survey Path Width	Up to 8 radar scans, 52 cm each
Wireless Connection	Available
Environment	IP65
TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Processing Software	Automatic calibration for an easy and quick start-up GRED 3D Utilities including: Automatic target detection Automatic data processing Automatic propagation velocity estimation 2D/3D representation Data fusion for different frequencies and directions Irregular volume representation Iso-surface Map
Output Data	Excel, ASCII, HD65, jpg, bmp



Hình 4. Quy trình dò tìm bằng Thiết bị RIS MF Hi-Mod#2 kết hợp với phương pháp trắc địa

3. Khảo sát hiện trường

Với những phân tích trên, chúng tôi tiến hành khảo sát tại hiện trường. Khu vực khảo sát là đoạn kè cứng tại biển Cửa Đại thành phố Hội An.
Phạm vi và khối lượng khảo sát: xem Hình 5 và Bảng 3.
Đoạn kè này được xây bằng bê tông cốt thép vào năm 2008, mặt bằng và mặt cắt ngang xem Hình 5.



Hình 5. Mặt bằng và mặt cắt ngang khu vực khảo sát

3.1. Khảo sát chi tiết

Tại khu vực khảo sát đã có các điểm khống chế Quốc gia được xây dựng từ giai đoạn lập dự án bao gồm 2 điểm đường chuyền cấp 1:

Bảng 2. Tọa độ các điểm khống chế

STT	Tên điểm	Tọa độ (m)		Cao độ (m)
		X	Y	H
1	GPS2	1756294.600	568298.147	2.478
2	GPS6	1756793.575	567958.865	2.970

Từ các điểm này tiến hành lập hệ thống lưới khống chế đường chuyền cấp 2 phủ trùm khu đo với 3 điểm được đo bằng TĐĐT. Các điểm này được dẫn độ cao thủy chuẩn kỹ thuật. Dựa trên các điểm khống chế mặt bằng và độ cao vừa lập tiến hành đo vẽ chi tiết khu đo đảm bảo độ chính xác của bản đồ tỷ lệ 1/500.

Công tác đo trắc dọc, trắc ngang: Từ các mốc khống chế, tiến hành định vị các tuyến trắc dọc và trắc ngang, đây là công tác kiểm tra các hư hỏng trên kè, nên mật độ các tuyến này được bố trí dày để đảm bảo dữ liệu thiết kế gia cố. Khối lượng xem chi tiết tại Bảng 3.

3.2 . Khảo sát bằng công nghệ Georadar

Dựa vào hiện trạng tuyến đê kè, tính năng của thiết bị RIS MF Hi-Mod#2 và quy trình đề xuất tại Mục 2.3 tiến hành phân chia khu đo thành các đoạn khác nhau, cụ thể chia thành 11 khoang khác nhau được phân cách bởi các đường bậc tam cấp lên xuống.

Sử dụng ăng ten Radar tần số 200 MHz và 600 MHz để rà quét cho toàn bộ khu đo. Bố trí tuyến quét thành lưới ô vuông phủ trùm khu đo, chiều dài song song với tim tuyến quét, chiều rộng vuông góc với tuyến trục. Sử dụng tường chắn sóng làm tim tuyến quét, quét về phía biển 8 m (do phải đảm bảo an toàn thiết bị và do đặc tính của công nghệ bị tán xạ khi gặp nước biển). Để đảm bảo yêu cầu kỹ thuật cũng như độ chuẩn xác của số liệu chúng tôi đã tiến hành lập lưới quét với mật độ ô lưới là DxR = 1,2 m x 1,3 m trên thực địa và tiến hành rà quét theo mật độ ô quét như trên. Trong phạm vi thực hiện tiến hành rà quét tất cả 100 % diện tích, xác định thông số các đối tượng đo và kiểm tra được tại thực địa, xác định và tiên lượng được các hạ tầng kỹ thuật, dị vật ngầm. Sử dụng bản đồ 1/500 vừa đo vẽ để tiến hành biểu diễn số liệu minh giải trong quá trình quét.

3.3. Kết quả khảo sát

Sau khi hoàn thành công tác thực địa tiến thành xử lý số liệu trong phòng bằng các phần mềm chuyên dùng của công tác đo vẽ trực tiếp và phương pháp Georadar và dưới đây là tổng hợp các kết quả.

3.3.1. Kết quả khảo sát trực tiếp

Bảng 3. Khối lượng kết quả khảo sát trực tiếp

STT	Nội dung công việc	ĐVT	Khối lượng thực hiện
1	Lập lưới khống chế mặt bằng	Điểm	3
2	Lập lưới khống chế độ cao	km	1.42
3	Đo vẽ mặt cắt dọc tuyến kè	100 m	7.1
4	Đo vẽ mặt cắt ngang tuyến kè trên cạn	100 m	12.48
5	Đo vẽ mặt cắt ngang tuyến kè dưới nước	100 m	14.44
6	Đo vẽ bình đồ 1/500 trên cạn	ha	13.8
7	Đo vẽ bình đồ 1/500 dưới nước	ha	13.8

3.3.2. Kết quả khảo sát Georadar

Sau quá trình khảo sát hiện trường, nhóm nghiên cứu đã tiến hành xử lý số liệu và phân tích số liệu phối hợp với các số liệu khảo sát bằng phương pháp trắc địa. Kết quả đánh giá được toàn bộ hiện trạng sụt lún của toàn bộ tuyến kè cứng, biểu diễn những vị trí dự đoán sụt, lún trên 140 mặt cắt ngang bờ kè (mật độ 5 m/mặt cắt). Kết quả sau quá trình xử lý cho thấy: Trong 11 khu vực của tuyến kè thì ở tất cả các khu vực đều có hiện tượng sụt lún xem bảng thống kê sau:

Bảng 4. Bảng thống kê kết quả khảo sát Georadar

STT	Khu vực	Đánh giá
1	Khu vực 1	Hiện tượng sụt xảy ra không mạnh, chỉ xảy ra hiện tượng đất bị rút rỗng ở mức độ nhẹ, chủ yếu bị nơi tiếp giáp mực nước biển và phía Đông Nam khu đo
2	Khu vực 2	Có hiện tượng sụt lún nhiều, xảy ra gần như toàn khu đo, kéo dài, chủ yếu bị nơi tiếp giáp mực nước biển
3	Khu vực 3	Khu vực này có hiện tượng sụt lún mạnh
4	Khu vực 4	Khu vực này có hiện tượng sụt lún mạnh, có nhiều vị trí rỗng lớn, xuất hiện trên cả bề mặt kè bê tông
5	Khu vực 5	Khu vực này có hiện tượng sụt lún mạnh, đầu khu bờ kè đã sập hẳn và hiện đang gia cố bằng bao cát
6	Khu vực 6	Khu vực này có hiện tượng chung giống khu số 5, tuy nhiên chưa sập lớp kè bê tông
7	Khu vực 7	Khu vực này có hiện tượng rỗng chân toàn bộ khu
8	Khu vực 8	Đã có phần mái dầm sập hẳn, phần cuối bị sụt lún ít hơn, kéo dài sang khu 9
9	Khu vực 9	Khu vực này có hiện tượng sụt rỗng chân
10	Khu vực 10	Khu vực này có phần mái dầm sụt hẳn
11	Khu vực 11	Khu vực này cũng có hiện tượng sụt, lún. Tuy nhiên mức độ này có giảm so với khu 10

4. Thảo luận

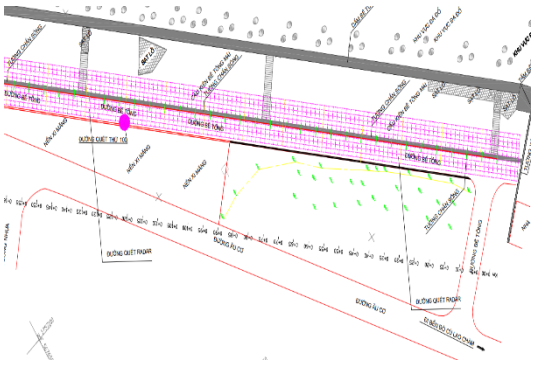
Từ các kết quả khảo sát trên có thể nhận thấy:

Công tác đo vẽ trực tiếp đã thể hiện mức độ chi tiết của hiện trạng bề mặt thân đê kè thông qua bản đồ 1/500 và 700 m trắc dọc, trên 140 mặt cắt ngang

Công tác rà quét bằng phương pháp Georadar cho thấy toàn bộ khu kè đã có hiện tượng sụt lún cao, gần như toàn bộ đoạn kè đều bị rỗng chân, mái kè hiện không tiếp giáp với lớp đất thân kè.

Tuy nhiên nếu tách biệt hai loại sản phẩm của hai phương pháp trên thì cũng giống như cách làm của các dự án trước đây. Do đó việc phối hợp hai phương pháp này mang lại hiệu quả rất lớn, nhưng lưu ý khi phối hợp hai phương pháp này phải được kết hợp cả ngoài hiện trường và xử lý số liệu trong phòng.

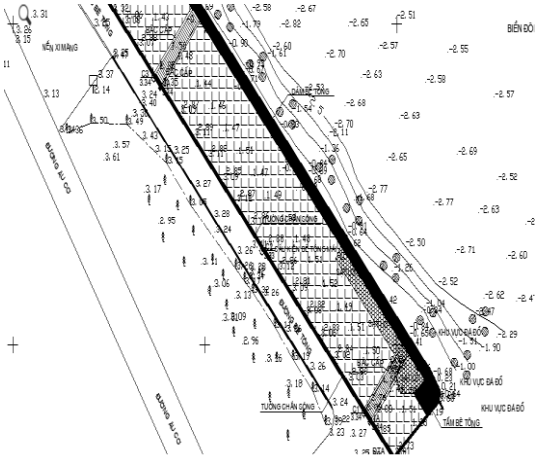
Dưới đây là một số hình ảnh minh họa kết quả thực hiện:



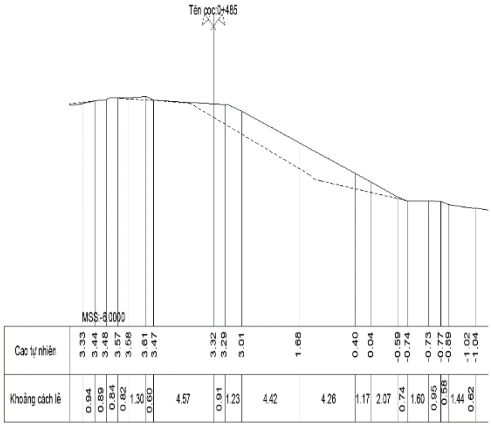
Hình 6. Bản vẽ khu rà quét Georadar



Hình 7. Công tác quét Georadar tại hiện trường



Hình 8. Bản đồ hiện trạng tỷ lệ 1/500



Hình 9. Mặt cắt mô tả hiện tượng sụt, lún thân kè

5. Kết luận

Qua công tác khảo sát hiện trường và phân tích số liệu trong phòng cho thấy: Các kết quả đã đạt được yêu cầu đề ra.

Khi kết hợp phương pháp trắc địa truyền thống và phương pháp georadar cho thấy kết quả khảo sát có độ tin cậy cao hơn, các vị trí hư hỏng bên trong thân đê kè được xác định chính xác và thể hiện tường minh trên mặt bằng và mặt cắt ngang.

Đối với các tuyến đê kè khi đã có sự cố hoặc dấu hiệu lún nứt bên ngoài cần khảo sát chi tiết để có thể đánh dấu và phát hiện các dấu hiệu hay hiện tượng hư hỏng trên bề mặt và trong thân đê kè.

Các vị trí hư hỏng trong thân đê kè được thể hiện trong không gian 3 chiều phản ánh trung thực tình trạng của đối tượng khảo sát trên thực địa khi kết hợp hai phương pháp trắc địa truyền thống và phương pháp Georadar.

Tài liệu tham khảo

Coulibaly Yaya, Li Zhen Cheng. 2016. Auscultation of a Dam for Mining Restoration in Quebec, Canada. Journal of Civil & Environmental Engineering January 2016.

Denis V. Savvin1, Larisa L. Fedorova1, Gavril A. Kuliandin. 2022. Geophysical studies of permafrost conditions of the Kangalassky coal mine dam. маркшейдерское дело. горнопромышленная геология Горный журнал. № 4, 2022

https://idsgeoradar.com/

IDSGeoradar_RIS MF Hi-Mod Guide and User Manual

Nguyễn Văn Giảng và nnk. 2022. Khảo sát hiện trạng cấu trúc bờ kè Vĩnh Long bằng công nghệ Georadar, Tạp chí Khoa học và Công nghệ-Trường Đại học Bình Dương -Tập 5, số2/2022.

Nguyễn Thành Trung, Bùi Huy Hiếu, Lữ Ngọc Lâm. 2012. Nguyên nhân, cơ chế hư hỏng và giải pháp sửa chữa, nâng cấp kè biển Cửa Tùng - tỉnh Quảng Trị. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi số 11/2012.

Nguyễn Quốc Dũng. 2005. Nghiên cứu các giải pháp khoa học công nghệ để nâng cấp sửa chữa cộng dưới đê Sông Hồng và sông Thái Bình. Tạp chí Nông nghiệp và phát triển nông thôn - kỳ 1 - tháng 10/2005.

Yoyok Adisetio Laksono & nnk. 2020. Using Georadar as a dam pore water pressure measurement - case study of Sutami Dam. API Confernce proceedings Volume 2251, Issue 1, 18 August 2020.

Tổ thử nghiệm Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ. 2015. Nghiên cứu thử nghiệm máy dò công trình ngầm RIS MF Hi-mod, đề xuất quy trình công nghệ và bộ khóa giải đoán phục vụ dò tìm các đối tượng ngầm dưới mặt đất.

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN9426:2012. Điều tra, đánh giá và thăm dò khoáng sản - phương pháp Georadar.

Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ. 2018. Báo cáo khảo sát địa hình, thăm do lỗ hổng, hố ngầm trong đoạn kè Cửa Đại bằng công nghệ Georadar.

ABSTRACT

Survey of subsidence embankment and dike lines Cua Dai sea by geographic method and Georadar technology

Le Van Hung[1, *], Vu Duy Tan[2]
[1]*Vietnam Institude for Building Science and Technology (IBST)*
[2]*Vietnam Institute of Geodesy and Cartography (VIGAC)*

Due to the impact of global climate change, the weather and natural disasters in recent years have been very unusual. Heavy rains and floods frequently occur in many places, causing damage and seriously affecting production, property and people's lives. Floods and rains damaged the embankment system, some dike lines were broken or landslides, causing subsidence and hollow legs. Accordingly, in order to ensure the safety of the dike lines in the rainy and stormy season, it is very important and necessary to conduct a survey and have a plan to strengthen the damaged dike locations. The article uses the traditional geodetic survey method and georadar technology (also known as ground-penetrating radar) to find and determine the positions of holes and underground holes in the embankment section at Cua Dai sea - Hoi An. The survey results show that 11 areas have subsided, hollow feet seriously affect the quality of the embankment and the results of this survey are transferred to the design unit to have a plan to strengthen the dike route to ensure safety. for people and property.

Keywords: GNSS, GPR, Georadar.

TRUNG TÂM NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ MỚI TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ



Phó Giám đốc
PGS.TS.
Lê Đức Tình

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.

- Địa chỉ: Tầng 1, nhà A ĐH Mỏ - Địa chất, số 18 Phố Viên, phường Đức Thắng, quận Bắc Từ Liêm, Thành phố Hà Nội.
- Điện thoai: 0912296180/0988959681/02437523819
- Email: ttncudcnmtdbd@humg.edu.vn/ttncudcnmtdbd@gmail.com

- Chức năng chính của trung tâm là:

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 08/10/2020. 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 35 người trong đó có: 5 PGS, 8 TS, 10 ThS, 12 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.







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

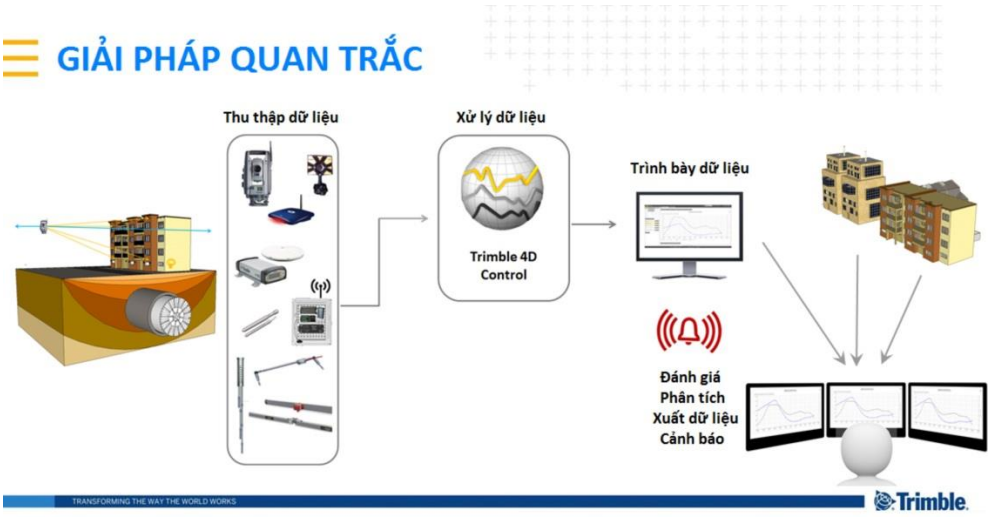
Công ty Cổ phần Dịch vụ Thương mại Khảo sát Hà Đông (**HDS**) thành lập năm 2009.
Hiện tại **HDS** đang là đại diện bán hàng tại Việt Nam của các hãng sau:
- Trimble Navigation Ltd. USA: Thiết bị khảo sát GeoSpatial - Land Survey, Marine Survey
- Wingtra: Thiết bị tàu bay không người lái Wingtra Gen 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



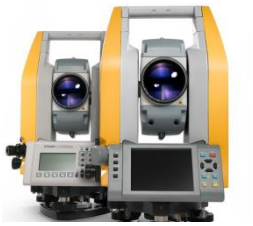
Thiết bị khảo sát Land Survey



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

- 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.slsc.com.vn - Email: Info@slsc.com.vn

Đoàn Khảo sát các công trình điện



Trưởng Đoàn:
Trần Đăng Khoa
ThS. Trắc Địa

Đoàn Khảo sát các công trình điện (ĐKS) là một đơn vị của Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng Điện 1 (PECC1).

ĐKS với hơn 60 năm phát triển, là đơn vị khảo sát hàng đầu của ngành điện Việt Nam. ĐKS đã và đang thực hiện công tác khảo sát cho nhiều dự án công trình điện quan trọng, quy mô lớn, phức tạp ở Việt Nam và CHDCND Lào. Công tác khảo sát chính là các dự án lưới điện cao áp và Trạm biến áp từ 220 kV đến 500 kV. Ngoài ra đơn vị khảo sát các dự án thủy điện, nhiệt điện, năng lượng tái tạo như: điện gió, điện mặt trời,…

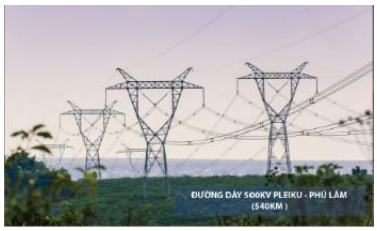
Đội ngũ chuyên gia và kỹ sư của ĐKS có trình độ chuyên môn cao, tâm huyết, giàu kinh nghiệm, được thử thách từ thực tế các dự án trong nước, quốc tế. Nhân lực đơn vị thường xuyên có 35 người trong đó 80 % là thạc sỹ, kỹ sư. Cán bộ kỹ thuật các chuyên ngành trắc địa, địa chất được đào tạo chủ yếu tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

ĐKS luôn đi đầu ứng dụng công nghệ mới, tiên tiến của thế giới, ứng dụng các phần mềm tính toán hiện đại, đổi mới trang thiết bị.

ĐKS có đầy đủ giấy phép hoạt động điện lực, chứng chỉ khảo sát địa hình, địa chất công trình xây dựng hạng I, giấy phép hoạt động đo đạc bản đồ và quản lý chất lượng theo tiêu chuẩn ISO9001:2015.

Các dự án do ĐKS thực hiện luôn đáp ứng tiến độ, chất lượng cao, góp phần kịp thời cung cấp nguồn điện năng phục vụ sự nghiệp xây dựng và phát triển đất nước.

Các dự án tiêu biểu là:



Đường dây tải điện 500 kV các tuyến: Bắc - Nam Quảng Trạch, Sơn Lam, Hòa Bình, Ninh Bình, …



Trạm biến áp 500 kV các trạm: Hòa Bình, Sơn La, Lào Cai, Đông Anh, …



Khảo sát điện gió Bạc Liêu

Trụ sở văn phòng: Km9+200 đường Nguyễn Trãi, phường Thanh Xuân Nam, quận Thanh Xuân, TP Hà Nội, Việt Nam.
Điện thoại: 0963.318.316
Email: khoadkstv1@gmail.com



Trạm biến áp 500 kV tỉnh Sơn La



Quan trắc biến dạng công trình nhà máy nhiệt điện Duyên Hải

CÔNG TY CỔ PHẦN THIẾT BỊ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ TƯỜNG ANH

Địa chỉ ĐKKD: 234/4A Bùi Đình Túy, Phường 12, Quận Bình Thạnh, TP.HCM
VPGD HCM: 251/9 Nguyễn Văn Trỗi, Phường 10, Quận Phú Nhuận, TP. HCM
VPGD HN: 25 Ngõ 12 Đường Văn Phú, Phường Phú La, Quận Hà Đông, TP. Hà Nội
Tel : (+84)942646644; Website: www.tuonganh.vn - Email: sales.tuonganh@gmail.com

Công ty Cổ phần Thiết bị Khoa học Công nghệ Tường Anh thành lập năm 2017 tại TP. HCM, với thành viên sáng lập là các Kỹ sư Trắc địa dày dạn kinh nghiệm tốt nghiệp Khoa Trắc địa - Bản đồ và quản lý đất đai thuộc trường Đại học Mỏ - Địa chất. Với nền tảng kiến thức khoa học và công nghệ vững chắc, Công ty Tường Anh đã nhanh chóng vươn lên trở thành nhà cung cấp thiết bị và dịch vụ uy tín hàng đầu về giải pháp định vị vệ tinh GNSS. Chỉ sau một năm thành lập, Công ty Tường Anh đã chính thức trở thành Đại diện phân phối độc quyền tại Việt Nam cung cấp các sản phẩm của Hãng Stonex Srl đến từ Italia và tiếp tục đảm nhiệm thành công vai trò này cho đến nay, góp phần đưa thương hiệu Stonex trở thành một trong những thương hiệu mạnh tại Việt Nam. Công ty Tường Anh đang là đối tác cung cấp thiết bị và giải pháp công nghệ cho hàng chục Văn phòng Đăng ký đất đai các tỉnh, các Công ty đo đạc bản đồ, khảo sát địa chính - địa hình trực thuộc Nhà nước cũng như tư nhân trên toàn quốc.

Hiện nay, chúng tôi đang tư vấn và cung cấp các giải pháp công nghệ trọn gói như sau:

- Giải pháp trạm định vị vệ tinh GNSS tham chiếu thường trực
- Thiết bị định vị vệ tinh GNSS (Static, RTK, PPK, PPP)
- Thiết bị khảo sát truyền thống: Máy Toàn đạc điện tử, Toàn đạc Robotic, thủy chuẩn
- Giải pháp quan trắc tự động đa sensor (GNSS, Toàn đạc Robotic, sensor địa kỹ thuật..)
- Giải pháp GIS (thiết bị và phần mềm thu thập dữ liệu, phần mềm CSDL GIS)
- Giải pháp 3D (Thiết bị quét laser 3D, SLAM, XVS vSLAM và phần mềm xử lý, mô hình hóa)
- Giải pháp Thiết bị trắc địa điều khiển tự động trong xây dựng thông minh (Machine Control).



TRUNG TÂM HỖ TRỢ PHÁT TRIỂN KHOA HỌC KỸ THUẬT



Giám đốc
NGUT, PGS.TS.
Nguyễn Trường Xuân

- 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.
- Địa chỉ: Tầng 1- nhà A Trường Đại học Mỏ - Địa chất - phường Đức Thắng - quận Bắc Từ Liêm - Thành phố Hà Nội
- Điện thoại: (024)22183046 /01654806361
- Fax: 0243 7524447, Email: tthotro.mdc@gmail.com

Website: http://htptkhkt.humg.edu.vn

Lĩnh vực hoạt động khoa học và công nghệ

Đăng ký hoạt động Khoa học và Công nghệ số A-944; Giấy phép Hoạt động Đo đạc và Bản đồ số 00248.

- 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; Quy hoạch; 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.

- Lập dự án, thiết kế kỹ thuật - dự toán nhiệm vụ đo đạc và bản đồ chuyên ngành; Kiểm tra chất lượng sản phẩm đo đạc và bản đồ; Xây dựng mạng lưới tọa độ, độ cao; Xây dựng cơ sở dữ liệu nền địa lý quốc gia tỷ lệ 1:2.000, 1:5.000; Đo đạc 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 đạc thành lập bản đồ địa hình đáy biển khu vực cửa sông, cảng biển; Đo đạc thành lập bản đồ địa giới hành chính; Đo đạc thành lập bản đồ địa chính; Thành lập bản đồ hành chính cấp tỉnh, cấp huyện; Đo đạc bản đồ công trình ngầm.

VICTORY

VICTORY INSTRUMENT JSC







TỐI ƯU HIỆU SUẤT

Về chúng tôi

ĐƯỢC THÀNH LẬP TỪ NĂM 1993

Công ty Cổ phần Thiết bị Thắng Lợi kinh doanh thiết bị bay không người lái phục vụ công tác thành lập bản đồ địa hình, địa chính, quy hoạch các loại tỷ lệ và khảo sát các công trình năng lượng nói chung và các tuyến đường dây tải điện.

Thiết bị định vị vệ tinh, máy toàn đạc điện tử, thuỷ bình tự động phục vụ công tác đo đạc khảo sát.

Sản phẩm

Chúng tôi là Đại diện ủy quyền chính hãng của các thương hiệu như:

- DJI
- TOPCON
- FARO

SCAN ME

LIÊN HỆ

Số 6 Hoà Mã, Phường Phạm Đình Hổ, Q. Hai Bà Trưng, Hà Nội
VICTORY.COM.VN

HOTLINE CALL
0243 976 1588

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ
Nhà A16 - Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội
Điện thoại: Phòng Phát hành: **024.22149040**;
Phòng Biên tập: **024.37917148**;
Phòng Quản lý Tổng hợp: **024.22149041**;
Fax: **024.37910147**; Email: **nxb@vap.ac.vn**; Website: **www.vap.ac.vn**

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ESSD 2023)

ENGINEERING SURVEYING FOR SUBTAINABLE DEVELOPMENT - ESSD 2023

Trường Đại học Mỏ - Địa chất,
Khoa Trắc địa Bản đồ và Quản lý đất đai
Bộ môn Trắc địa công trình

Chịu trách nhiệm xuất bản
Giám đốc, Tổng biên tập
PHẠM THỊ HIẾU

Biên tập: **Hà Thị Thu Trang**
Trình bày kỹ thuật: **Nguyễn Hà**
Trình bày bìa: **Phạm Quốc Khánh**

Liên kết xuất bản:
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Địa chỉ: Số 18 Phố Viên, phường Đức Thắng, quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội

ISBN: 978-604-357-178-3

In 200 cuốn, khổ 21×29,7 cm, tại Công ty Cổ phần Khoa học và Công nghệ Hoàng Quốc Việt.
Địa chỉ: Số 11 ngách 1, ngõ 1 Võ Chí Công, P. Nghĩa Đô, Q. Cầu Giấy, TP. Hà Nội.
Số xác nhận đăng ký xuất bản: 3098-2023/CXBIPH/01-33/KHTNVCN.
Số quyết định xuất bản: 37/QĐ-KHTNCN, cấp ngày 15 tháng 9 năm 2023.
In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2023.