

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

HOÀNG THỊ THỦY

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GPS ĐỘNG VÀ MÁY BAY
KHÔNG NGƯỜI LÁI THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH
TỶ LỆ LỚN TRONG ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM

Ngành: Kỹ thuật trắc địa - bản đồ

Mã số: 9520503

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2024

Công trình được hoàn thành tại:

Bộ môn Trắc địa Phổ thông và Sai số
Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa Chất

Người hướng dẫn khoa học: 1. GS.TSKH Hoàng Ngọc Hà
Trường Đại học Mỏ - Địa Chất
2. TS. Dương Thành Trung
Trường Đại học Mỏ - Địa Chất

Phản biện 1: PGS.TS Vũ Văn Thặng
Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Phản biện 2: PGS.TS Lê Đức Tinh
Trường Đại học Mỏ - Địa Chất

Phản biện 3: TS. Lê Đại Ngọc
Cục Bản đồ, Bộ Tổng Tham mưu

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án cấp Trường
Họp tại Trường Đại học Mỏ - Địa Chất vào hồigiờ.....ngày.....tháng.....năm 2024

Có thể tìm hiểu luận án tại : - **Thư viện Quốc gia Hà Nội**
- **Thư viện Trường Đại học Mỏ - Địa Chất**

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Bản đồ địa hình tỷ lệ lớn biểu diễn đầy đủ và chính xác bề mặt trái đất và là tài liệu quan trọng sử dụng trong nhiều lĩnh vực. Ở Việt Nam bản đồ địa hình tỷ lệ lớn thường được thành lập bằng phương pháp đo đạc trực tiếp, phương pháp này mất nhiều thời gian, công sức, chi phí cao và phụ thuộc vào điều kiện thời tiết và đôi khi không khả thi ở những khu vực khó tiếp cận. Đặc biệt, với những khu vực có địa hình khó khăn, phức tạp, sử dụng công nghệ truyền thống có nguy cơ gây mất an toàn cho người lao động. Ngày nay, hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu GNSS (Global Navigation Satellite System) đã và đang trở thành một công nghệ quan trọng, được ứng dụng phổ biến trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là khảo sát, thành lập bản đồ. Việc ứng dụng GNSS trong khảo sát địa hình đem lại độ chính xác cao và tiết kiệm thời gian, nhân lực và chi phí.

Hệ thống các trạm tham chiếu liên tục CORS (Continuously Operating Reference Station) với những giải pháp mới, hướng tới việc mở rộng khai thác các ứng dụng của hệ thống đây tiềm năng này. Những vấn đề trước đây bị hạn chế thì hiện nay đã hoàn toàn được giải quyết. Ở nước ta, từ đầu những năm 90 đã ứng dụng công nghệ GNSS vào công tác đo đạc, thành lập mạng lưới tọa độ trắc địa cơ bản, lưới trắc địa biển và một số công việc khác.

Công nghệ máy bay không người lái UAV (Unmanned Aerial Vehicles) là một trong những giải pháp thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn đã được phát triển với ưu điểm giá thành thấp, thu thập và xử lý dữ liệu nhanh, tiện dụng, độ chính xác cao và an toàn hơn so với các phương pháp đo vẽ trực tiếp. Phương pháp này có thể thực hiện trên nhiều loại địa hình khác nhau, hoạt động ổn định trong nhiều điều kiện môi trường, dữ liệu thu thập có độ chính xác và độ tin cậy cao. Tuy nhiên, công nghệ UAV sẽ không thể thực hiện được tại các khu vực địa hình có địa vật bị che khuất. Vì vậy, trong trường hợp này cần phải sử dụng thêm thiết bị truyền thống như máy toàn đạc điện tử để bổ sung dữ liệu ở những vị trí bị che khuất. Phương pháp đo vẽ bản đồ địa hình tỷ lệ lớn từ dữ liệu ảnh trong trường hợp địa hình bị che khuất cũng chưa được giải quyết triệt để. Bên cạnh đó, công nghệ LiDAR có thể thực hiện được việc tách bỏ lớp phủ thực vật nhưng thiết bị và công nghệ có giá thành cao nên chưa thực hiện được đại trà đối với các đơn vị sản xuất.

Tại Việt Nam, số lượng các trạm CORS có mật độ chưa cao và tập trung chủ yếu ở các khu vực đô thị, đồng bằng. Vì vậy công nghệ GNSS/CORS khi

ứng dụng tại khu vực miền núi, vùng biên giới, ven biển và hải đảo sẽ đạt hiệu quả không cao.

Để nâng cao độ chính xác kết quả đo đạc thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn trong trường hợp địa hình có thực phủ, tín hiệu GNSS có chất lượng thấp và trong điều kiện trang thiết bị sử dụng đại trà ở Việt Nam, cần phải có một nghiên cứu toàn diện cả về lý thuyết và thực tiễn nhằm chứng minh tính ưu việt khi kết hợp những thiết bị như máy bay không người lái phổ thông, công nghệ GNSS/CORS và công nghệ đo đạc truyền thống.

Với những lý do trên, luận án nghiên cứu: ***“Ứng dụng công nghệ GPS động và máy bay không người lái thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn trong điều kiện Việt Nam”*** là cần thiết, có tính thời sự và thực tế cao.

2. Mục đích của luận án

Đề xuất giải pháp đồng bộ dữ liệu trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn khi ứng dụng công nghệ GNSS/CORS kết hợp phương pháp sử dụng máy bay không người lái (UAV).

Khắc phục nhược điểm của dữ liệu đo bằng công nghệ UAV trong trường hợp địa hình, địa vật bị thảm thực vật che phủ.

Xây dựng modul chương trình tự động xử lý dữ liệu mặt bằng và độ cao của điểm địa hình trong công tác đo đạc hiện chỉnh bản đồ địa hình tỷ lệ lớn khi ứng dụng công nghệ mới kết hợp công nghệ truyền thống.

3. Phương pháp nghiên cứu chính của luận án

Luận án sẽ được thực hiện trên cơ sở phương pháp tiếp cận quy nạp, theo đó sẽ đi từ nghiên cứu lý luận và kết quả thực tiễn công nghệ để khái quát hoá và tạo lập cơ sở khoa học và phương pháp luận ứng dụng công nghệ máy bay không người lái (UAV) và công nghệ GNSS/CORS trong thành lập bản đồ tỷ lệ lớn.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Công nghệ máy bay không người lái (UAV) và công nghệ GNSS.
- Bản đồ địa hình tỷ lệ lớn thành lập bằng công nghệ GNSS/CORS và UAV.
- Đo đạc và tính toán thực nghiệm tại các hệ thống lưới khống chế mặt bằng và độ cao khu vực Hà Nội, huyện Mù Cang Chải, khu vực thực tập trắc địa tại Lạng Sơn của Trường Đại học Mỏ-Địa chất.

5. Nội dung nghiên cứu của luận án

1. Tổng quan về tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước.
2. Đề xuất giải pháp nâng cao độ chính xác mặt bằng và độ cao điểm địa hình khi sử dụng công nghệ GNSS và UAV để thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ

lớn khu vực có thực phủ.

3. Đề xuất bài toán đồng bộ hóa dữ liệu UAV, GNSS/CORS, Toàn đạc điện tử và dữ liệu bản đồ hệ HN-72 với VN-2000 trong điều kiện Việt Nam.

4. Xây dựng modul chương trình hiệu chỉnh mặt bằng và độ cao nhằm nâng cao độ chính xác điểm địa hình trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn.

6. Các luận điểm bảo vệ

Luận điểm 1: Hiệu chỉnh độ cao địa hình đo bằng công nghệ GNSS trên cơ sở nội suy theo mô hình đa thức có tính tới trọng số, có độ tin cậy cao hơn trường hợp không tính tới trọng số.

Luận điểm 2: Các giải pháp xử lý số liệu GNSS/CORS kết hợp công nghệ truyền thống trong hệ toạ độ VN-2000 góp phần nâng cao độ chính xác mặt bằng phục vụ thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn đảm bảo yêu cầu kỹ thuật hiện hành.

Luận điểm 3: Thuật toán đề xuất và modul phần mềm thành lập mô hình số địa hình từ dữ liệu ảnh UAV khu vực địa hình phức tạp và có phủ thực vật, đạt độ chính xác theo yêu cầu của quy phạm thành lập bản đồ số địa hình tỷ lệ lớn.

7. Các điểm mới của luận án

1. Đồng bộ hoá dữ liệu GNSS/CORS và công nghệ truyền thống trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn.

2. Xây dựng thuật toán và modul chương trình tự động ghép nối dữ liệu bản đồ khi đo bằng công nghệ GNSS/CORS kết hợp với toàn đạc điện tử.

3. Xây dựng thuật toán và modul chương trình tự động hiệu chỉnh độ cao các điểm địa hình xác định từ ảnh UAV khu vực thực phủ.

8. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

Ý nghĩa khoa học: Hệ thống các giải pháp khẳng định về lý thuyết cũng như thực tiễn về việc ứng dụng và kết hợp các công nghệ tiên tiến hiện nay trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn.

Ý nghĩa thực tiễn: Các nghiên cứu về lý thuyết, modul chương trình tạo điều kiện thuận lợi cho thực tế sản xuất thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn khi kết hợp các kỹ thuật mới hiện nay, đảm bảo độ chính xác và hiệu quả kinh tế cao.

9. Bố cục của luận án

Nội dung của luận án được trình bày trong bốn chương và phần mở đầu, kết luận:

Chương 1: Tổng quan về công nghệ GNSS và UAV ứng dụng trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn.

Chương 2: Giải pháp nâng cao độ chính xác mặt bằng và độ cao ứng dụng công nghệ GNSS/CORS trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn.

Chương 3: Thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn khu vực có thực phủ từ dữ liệu ảnh UAV.

Chương 4: Tính toán thực nghiệm.

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ GNSS VÀ UAV ỨNG DỤNG TRONG THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH TỶ LỆ LỚN

1.1 Bản đồ địa hình

1.1.1 Bản đồ địa hình

Bản đồ là hình ảnh thu nhỏ mô tả khái quát một khu vực hoặc không gian cụ thể. Thông qua bản đồ, chúng ta có thể biểu thị thông tin địa lý, địa hình và vị trí của các yếu tố khác nhau trên Trái Đất hoặc trong các khu vực khác. Cùng với sự phát triển của công nghệ tin học, bản đồ số đã xuất hiện và ngày nay đã trở nên phổ biến và tồn tại song hành cùng với bản đồ truyền thống. Bản đồ số có thể hiển thị dưới dạng hình ảnh trên các thiết bị điện tử hoặc in ra giấy sử dụng như bản đồ truyền thống.

1.1.2 Độ chính xác bản đồ địa hình

Độ chính xác của bản đồ địa hình vừa mang ý nghĩa về kỹ thuật và cả kinh tế khi phải đảm bảo đáp ứng được nhu cầu công việc với mức chi phí đầu tư đo vẽ hợp lý. Độ chính xác vị trí mặt bằng các điểm địa vật đặc trưng bởi sai số trung phương vị trí của chúng so với điểm khống chế trắc địa gần nhất. Theo quy định tại Thông tư 68/2015/TT-BTNMT của Bộ Tài nguyên và Môi trường năm 2015.

Độ cao của một điểm địa hình được nội suy từ độ cao các đường đồng mức. Các điểm này phải đảm bảo sai số trung phương không vượt quá 1/4 khoảng cao đều đường đồng mức khi độ dốc địa hình dưới 2 độ; 1/3 khoảng cao đều khi độ dốc địa hình từ 2 độ đến 6 độ và 1/2 khoảng cao đều khi độ dốc lớn hơn 6 độ.

1.1.3 Yêu cầu kỹ thuật thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn

Sai số điểm khống chế đo vẽ được quy định tính theo tỷ lệ bản đồ không vượt quá 0,2 mm. Điểm địa vật rõ nét không vượt quá 0,5 mm, địa vật không rõ nét không vượt quá 0,7 mm so với điểm khống chế gần nhất.

Theo Thông tư 68/2015/TT-BTNMT, mức độ thể hiện địa hình xác định qua khoảng cao đều quy định trong trường hợp địa hình dốc và tỷ lệ bản đồ đo vẽ.

1.2 Hệ thống định vị vệ tinh GNSS

1.2.1. Nguyên lý đo trong định vị vệ tinh GNSS

Ngày nay, chúng ta có bốn hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu, bao gồm GPS (Hoa Kỳ), GLONASS (Nga), Bắc Đẩu (BeiDou, Trung Quốc), Galileo (Liên minh Châu Âu), cũng như hai hệ thống định vị vệ tinh khu vực là IRNSS/NavIC (Ấn Độ) và QZSS (Nhật Bản). Về cơ bản, các hệ thống kể trên có sự khác biệt, tuy nhiên, các nguyên tắc cơ bản của định vị vẫn không thay đổi. Hệ thống Định vị Vệ tinh Toàn cầu GNSS là khái niệm chung được sử dụng để nhận diện các hệ thống cho phép định vị người dùng dựa trên tập hợp các vệ tinh. Các hệ thống này giúp xác định vị trí của điểm trong không gian thông qua các khoảng cách đo được giữa các vệ tinh và thiết bị thu. Bằng cách đo thời gian lan truyền của tín hiệu phát sóng từ nhiều vệ tinh, người dùng có thể xác định được vị trí của máy thu. Quy trình này được gọi là giao hội cạnh trong không gian [43, 83]

1.2.2. Cấu trúc hệ thống định vị vệ tinh GNSS

Hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu GNSS hoạt động gồm ba đoạn sau đây: Đoạn không gian; Đoạn điều khiển; Đoạn người sử dụng.

1.2.3. Cấu trúc tín hiệu GNSS

Đối với hầu hết các hệ thống định vị vệ tinh, mô hình tín hiệu chung bao gồm tín hiệu phổ lan truyền trực tiếp - tuần tự (Direct-Sequence Spread Spectrum - DS-SS) [44], được truyền đồng bộ bởi tất cả các vệ tinh trong hệ thống.

1.2.3.1 Tín hiệu lan truyền từ vệ tinh

Tín hiệu GNSS lan truyền từ vệ tinh bao gồm ba thành phần chính, đó là mã nhiễu giả ngẫu nhiên (Pseudo-Random Noise - PRN), thông tin đạo hàng, và tín hiệu sóng mang. Tín hiệu được phát từ vệ tinh thứ i được biểu diễn như sau:

$$s_T^i(t) = \sqrt{P^i} d^i(t) c^i(t) e^{j2\pi f_c^i t} \quad (1.2)$$

1.2.3.2. Tín hiệu tại máy thu

Khi được truyền từ vệ tinh, tín hiệu GNSS được lan truyền qua một kênh bằng cách thay đổi biên độ, pha, tần số và độ trễ. Trong đó, tín hiệu lan truyền bị ảnh hưởng bởi nhiều nguồn sai số do lan truyền tín hiệu trong khí quyển, ảnh hưởng của hiệu ứng thuyết tương đối và hiện tượng đa đường dẫn [49]. Trong đó, có ảnh hưởng của hiệu ứng Doppler - tên gọi được đặt theo nhà phát minh C. Doppler

1.2.4. Các nguồn sai số trong định vị GNSS

Khoảng cách đo được bởi máy thu GNSS bị ảnh hưởng bởi các nguồn nhiễu và sai số, do đó nó được gọi là khoảng cách giả. Phương trình trị đo khoảng cách tổng quát được biểu diễn như sau:

$$P_r^s = \rho_r^s + c(dt_r - dT^s) + I_r^s + T_r^s + \varepsilon_r^s, \quad (1.3)$$

1.2.4.1. Sai số liên quan tới đồng hồ

1.2.4.2. Sai số lan truyền tín hiệu

1.2.4.3. Các nguồn sai số hệ thống

Các nguồn sai số hệ thống bao gồm: Sai số quỹ đạo vệ tinh; Nhiễu máy thu.

1.2.4.4. Các nguồn sai số cố ý

Các nguồn sai số cố ý bao gồm: Nhiễu cố ý, tín hiệu nhiễu giao thoa cố ý và tín hiệu giả. Số hiệu chỉnh đồng hồ vệ tinh trong thông tin đạo hàng được phát đi đã bị cố ý làm suy giảm độ chính xác với các ứng dụng dân sự xuống mức đạt độ chính xác tầm 100 m cho vị trí mặt bằng [44].

1.2.4.5. Hệ số phân tán độ chính xác

Một tham số đặc trưng cho độ chính xác vị trí đo đạc bằng GNSS đó là hệ số phân tán độ chính xác DOP (Dilution of Precision). Hệ số này phụ thuộc vào đồ hình hình học của các vệ tinh nhìn thấy, với đồ hình hình học càng vững thì giá trị DOP càng nhỏ, do đó, lời giải vị trí có độ tin cậy hơn. Hệ số DOP được sử dụng để lựa chọn các vệ tinh được sử dụng trong quá trình tính toán vị trí.

1.2.5. Công nghệ GNSS/CORS

Ở Việt Nam Dự án “Xây dựng mạng lưới trạm định vị toàn cầu bằng vệ tinh trên lãnh thổ Việt Nam” được xây dựng với 65 trạm CORS. Trong đó, trạm xử lý, điều khiển trung tâm được đặt tại Hà Nội có chức năng quản lý, giám sát, thu nhận, xử lý và cấp phát số liệu từ các trạm trên.

Vị trí địa lý của các trạm CORS trên lãnh thổ Việt nam, Ban hành kèm theo Thông tư số 03/2020/TT-BTNMT ngày 29 tháng 5 năm 2020 của Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường, phân bố cụ thể trên Hình 1.3 [13].



Hình 1.3 Số lượng trạm CORS trên lãnh thổ Việt Nam.

Việc xây dựng hệ thống trạm định vị vệ tinh sẽ làm thay đổi một cách cơ bản hệ thống hạ tầng cơ sở về đo đạc và bản đồ của Việt Nam.

Phương pháp trạm tham chiếu ảo VRS (Virtual Reference Station) đã được đề xuất và áp dụng nhằm nâng cao độ chính xác và khoảng cách từ trạm cơ sở đến trạm đo đạc trong đo GNSS động xử lý tức thời RTK. Trong phương pháp này, các trạm tham chiếu thường trực CORS (Continuously Operating Reference Station) được kết nối với nhau tạo thành một mạng lưới và khi đó máy chủ đồng thời thu nhận dữ liệu từ các trạm CORS thực để tính toán, tạo ra một trạm tham chiếu ảo gần với trạm đo đạc nhất nhằm khắc phục sự suy giảm độ chính xác và thời gian giải số nguyên đa trị do ảnh hưởng của khoảng cách từ trạm cơ sở đến trạm đo đạc.

1.3 Công nghệ bay chụp UAV trong thành lập bản đồ địa hình

1.3.1 Khái niệm

Máy bay không người lái UAV “Unmanned Aerial Vehicle” là thiết bị bay mà không có người điều khiển ở trên máy bay, quá trình vận hành được thực hiện thông qua điều khiển từ xa.

Mặc dù vẫn tồn tại nhược điểm đó là thời gian xử lý ảnh lớn nhưng UAV đã trở thành một sự thay thế hợp lý cho công nghệ đất đỏ như LiDAR [66, 70]. Gần đây, UAV đã được ứng dụng khá phổ biến trong lĩnh vực đo đạc thành lập bản đồ địa hình.

1.3.2 Phân loại UAV

Việc phân loại UAV được thực hiện dựa trên nhiều tiêu chí khác nhau như kích cỡ, phương pháp vận hành, phạm vi hoạt động và đặc điểm cấu tạo. Tuy nhiên, trong lĩnh vực Trắc địa - Bản đồ, đa số sử dụng các loại máy bay nhỏ, tầm bay thấp. Đối với máy bay này phân loại dựa vào nguyên lý cất hạ cánh của chúng và gần đây UAV đã được nghiên cứu tích hợp định vị GNSS động để nâng cao độ chính xác định vị tâm ảnh. Do vậy, ngoài việc phân loại theo nguyên lý cất hạ cánh thì UAV có thể được chia thành hai loại theo phương pháp định vị tâm chụp.

1.3.3 Yêu cầu về độ phân giải ảnh chụp trong lập bản đồ

Để đạt được độ chính xác theo yêu cầu thành lập bản đồ theo Quy phạm, khi bay chụp UAV cần tính toán các thông số bay chụp để đạt được độ phân giải không gian của ảnh phù hợp.

1.4 Tổng quan về tích hợp công nghệ UAV, GNSS/CORS và toàn đạc điện tử trong thành lập bản đồ địa hình

1.4.1 Tổng quan các nghiên cứu trên thế giới

Trong những năm gần đây, máy bay không người lái UAV đang nổi lên như một công nghệ có khả năng cung cấp thông tin với độ phân giải không gian cũng như thời gian cao và chi phí thấp.

Trên thế giới, nhiều nhà khoa học đã nghiên cứu để đưa ra cái nhìn tổng quan về ứng dụng của công nghệ này trong công tác khảo sát, thành lập bản đồ. Trong [63], các tác giả đã nghiên cứu một cách có hệ thống trong ứng dụng máy bay không người lái UAV phục vụ thành lập bản đồ địa hình. Những kinh nghiệm trong việc vận hành hệ thống UAV nhằm mục đích lập bản đồ đã được trình bày trong nghiên cứu [56], trong đó, các tác giả đã giới thiệu chi tiết về phương tiện bay không người lái, các thành phần tổng thể của hệ thống như lái tự động, trạm mặt đất, lập kế hoạch và kiểm soát nhiệm vụ bay cũng như quá trình xử lý ảnh. Kết quả thu được đã chứng minh rằng UAV có khả năng thành lập bản đồ với độ chính xác đáng tin cậy. Các tác giả đã thực hiện đánh giá tổng quan về việc triển khai các phương pháp phù hợp nhất trong quy trình lập bản đồ địa chính dựa trên UAV và thảo luận về ưu điểm và nhược điểm của từng phương pháp.

Theo [54], hệ thống UAV LiDAR (Light Detection and Ranging) có lợi thế rõ ràng về phạm vi bao phủ mặt đất rộng và đồng đều trên các môi trường

địa mạo khác nhau, cùng với mật độ điểm cao hơn và khả năng xuyên qua thảm thực vật để xác định các điểm bên dưới tán cây.

Bên cạnh sử dụng công nghệ GNSS để hỗ trợ UAV trong thành lập bản đồ thì máy toàn đạc điện tử cũng được dùng để bổ sung thêm dữ liệu trong trường hợp hai thiết bị trên không thu thập được thông tin.

1.4.2 Tổng quan về vấn đề nghiên cứu ở Việt Nam

Hiện nay, ở Việt Nam việc ứng dụng công nghệ UAV kết hợp với GNSS trong thành lập bản đồ địa hình cũng như một số loại bản đồ chuyên đề đã bước đầu được nghiên cứu và ứng dụng.

Ngoài việc sử dụng phương pháp UAV và GNSS trong lập bản đồ chuyên đề và bản đồ 3D thì ở Việt Nam công nghệ này còn được áp dụng trong xây dựng bản đồ địa hình. Quy trình thành lập bản đồ tỷ lệ lớn ở Việt Nam đã được [16] giới thiệu từ năm 2013.

Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ Việt Nam thực hiện đề tài mã số TNMT.2017.07.02 “Nghiên cứu tích hợp thiết bị thu nhận dữ liệu trạm tham chiếu ảo (VRS) trên thiết bị không người lái (UAV) phục vụ tự động hóa công tác thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn từ ảnh UAV”, đã thực nghiệm thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn 1:500, 1:1000, 1:2000 và 1:5000 đảm bảo yêu cầu về kỹ thuật theo quy phạm [3].

Những năm gần đây, các thiết bị UAV được tích hợp thêm thiết bị định vị tâm ảnh bằng công nghệ GNSS động (UAV/RTK) đã giúp cải thiện khả năng đo vẽ thành lập bản đồ địa hình bằng công nghệ này.

Với các phân tích trên về các kết quả nghiên cứu tổng quan trong việc ứng dụng công nghệ UAV, GNSS và toàn đạc điện tử trong thành lập bản đồ địa hình và bản đồ chuyên đề trên thế giới và Việt Nam cho thấy rằng:

(1) Các nghiên cứu đã đưa ra các đánh giá toàn diện và có hệ thống về tiềm năng của việc sử dụng các công nghệ này trong thành lập bản đồ nói chung. Tuy nhiên, các nghiên cứu kể trên chưa đề cập nhiều đến việc thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn.

(2) Các nghiên cứu chủ yếu sử dụng phương pháp đề xuất để thành lập bản đồ chuyên đề, bản đồ 3D.

(3) Một số nghiên cứu đã ứng dụng UAV và GNSS trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn với nhiều dạng địa hình, tuy nhiên các nghiên cứu này còn chưa đề cập tới việc kết hợp với thiết bị đo đạc truyền thống, trong đó có toàn

đặc điện tử, nhằm nâng cao độ chính xác kết quả thu được cũng như kết hợp, tận dụng ưu thế của từng phương pháp.

1.5 Định hướng nghiên cứu của đề tài

1.5.1 Điều kiện Việt Nam trong lĩnh vực nghiên cứu

Trong phần tổng quan về các vấn đề nghiên cứu tại Việt Nam đã cho thấy: Việt Nam đã hòa nhập với thế giới về công nghệ định vị vệ tinh GNSS và máy bay không người lái UAV trong công tác thành lập bản đồ. Việc ra đời hệ thống định vị toàn cầu GNSS, đã làm thay đổi toàn diện về phương pháp, thiết bị và cách tiếp cận khu vực đo đạc trong thành lập bản đồ địa hình ở Việt Nam.

Với hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu, các phương pháp đo tĩnh, đo động xử lý sau (PPK), đo động xử lý tức thời (RTK), các phương pháp sử dụng các trạm tham chiếu ảo (VRS) và các trạm tham chiếu liên tục (CORS) đã được áp dụng. Cùng với đó là sự ra đời của Hệ Quy chiếu Quốc gia VN-2000 để phù hợp với việc áp dụng hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu. Với sự tiến bộ vượt bậc về công nghệ trong sản xuất thiết bị bay không người lái tích hợp hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu và máy chụp ảnh số độ phân giải cao, phương pháp đo ảnh hàng không kết hợp thiết bị bay không người lái UAV đã được áp dụng và phát triển rộng rãi.

Bên cạnh đó, do ảnh hưởng của thời kỳ chiến tranh, các thiết bị, sản phẩm đo đạc bản đồ ở Việt Nam có sự khác biệt ở các khu vực, vùng miền, đặc biệt là sự khác biệt ở các khu vực thành phố và địa phương. Vì lý do này, dữ liệu đo đạc ở Việt Nam có nhiều định dạng khác nhau do việc sử dụng các thiết bị, phương pháp khác nhau ở các thời điểm khác nhau.

Đối với khu vực thành phố, đô thị có mật độ xây dựng cao nên ảnh hưởng đến công tác đo đạc khi ứng dụng công nghệ mới như công nghệ GNSS/CORS, UAV trong thành lập bản đồ. Đối với khu vực miền núi, biên giới, ven biển và hải đảo, do mật độ và đồ hình các trạm tham chiếu liên tục CORS không đồng đều, không đảm bảo đủ mật độ, vì vậy công nghệ GNSS/CORS ở nhiều nơi cần được hiệu chỉnh trên cơ sở kết hợp với dữ liệu truyền thống. Việt Nam có nhiều rừng rậm bao phủ quanh năm, khi ứng dụng công nghệ ảnh máy bay không người lái vào thành lập bản đồ cũng bị ảnh hưởng lớn do thực phủ che khuất. Mặc dù một số phương pháp đã được đề xuất và nghiên cứu trong việc bóc tách các ảnh hưởng của thực phủ và chỉ để lại các điểm đo đạc trên mặt đất tự nhiên, đặc biệt trong công nghệ UAV

LiDAR, các phương pháp này chưa thể hoàn hảo, do đó các ảnh hưởng của thực phủ tới bản đồ thành lập bằng công nghệ UAV vẫn còn tồn tại làm giảm chất lượng các sản phẩm bản đồ thành lập được.

Hệ thống tọa độ của Việt Nam phát triển theo nhiều giai đoạn. Dữ liệu bản đồ trước năm 2000 thuộc hệ tọa độ HN-72 với phép chiếu phẳng Gauss-Kruger và dữ liệu bản đồ hiện nay là VN-2000 với phép chiếu phẳng UTM (Universal Transverse Mercator). Hệ thống tọa độ VN-2000 cũng khác với hệ tọa độ quốc tế, dẫn đến việc hội nhập quốc tế cũng gặp khó khăn trong lĩnh vực bản đồ địa hình.

1.5.2 Những định hướng nghiên cứu

Luận án được nghiên cứu dựa trên những định hướng sau đây:

- Nghiên cứu kết hợp dữ liệu đo bằng các công nghệ tiên tiến (Hệ định vị vệ tinh toàn cầu GNSS và máy bay không người lái UAV) với công nghệ đo đạc truyền thống (toàn đạc điện tử) phục vụ thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn, đảm bảo độ chính xác và hiệu quả kinh tế.

- Xây dựng thuật toán và modul phần mềm chuyển đổi và nâng cao độ chính xác dữ liệu đo bằng công nghệ GNSS/CORS phục vụ thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn.

- Đưa ra giải pháp, quy trình và xây dựng modul phần mềm kết hợp các công nghệ định vị vệ tinh toàn cầu GNSS và toàn đạc điện tử với dữ liệu ảnh UAV khu vực có thực phủ che khuất trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn.

CHƯƠNG 2

GIẢI PHÁP NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC MẶT BẰNG VÀ ĐỘ CAO ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GNSS/CORS TRONG THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH TỶ LỆ LỚN

2.1 Công nghệ GNSS/CORS trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn

2.1.1 Giải pháp đo tương đối động với nhiều trạm cơ sở

Để xác định tọa độ các điểm đo đối với bài toán định vị tương đối động, chúng ta sử dụng kết hợp trị đo mã và trị đo pha, khi đó có được phương trình sai phân bậc hai giữa hai máy thu và hai vệ tinh [28]. Phương trình sai phân bậc hai của trị đo pha nêu trong công thức (2.1)

$$\lambda\phi_{ru}^{kl} = -(l_r^k - l_r^l) x_{ru} + \lambda N_{ru}^{kl} + \varepsilon_\phi \quad (2.1)$$

Phương trình sai phân bậc 2 các trị đo mã nêu trong công thức (2.2)

$$\rho_{ru}^{kl} = -(l_r^k - l_r^l) x_{ru} + \lambda N_{ru}^{kl} + \varepsilon_p \quad (2.2)$$

Kết hợp cả trị đo mã và pha, phương trình sai phân bậc 2 tại một thời điểm bất kỳ được viết như sau, công thức (2.3)

$$\begin{bmatrix} L_{ru}^{kl} \\ \rho_{ru}^{kl} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (l_r^l - l_r^k)_{m \times 3} & \lambda I_{m \times n} \\ (l_r^l - l_r^k)_{m \times 3} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{ru} \\ N_{ru}^{kl} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_\phi \\ \varepsilon_p \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

$$L_{ru}^{kl} = \lambda_{ru}^{kl}; m = n - 1;$$

Trong công thức trên: u và r là số hiệu máy thu, l và k là số hiệu các vệ tinh

2.1.2 Giải pháp đo GNSS với trạm ảo cố định

2.1.2.1 Kỹ thuật trạm tham chiếu ảo VRS

Trạm tham chiếu ảo VRS (Virtual Reference Station) được sử dụng trong giải pháp định vị tương đối động thời gian thực (RTK) để cung cấp giải pháp cho độ chính xác cao bằng cách tạo ra dữ liệu của trạm tham chiếu ảo hoặc trạm tham chiếu không có người điều khiển chỉ cách vài mét so với máy đo RTK. Nguyên lý của phương pháp này là nội suy dữ liệu từ nhiều trạm tham chiếu CORS để thu được dữ liệu hiệu chỉnh chính xác nhất cho máy đo, từ đó nâng cao độ chính xác trong đo động RTK.

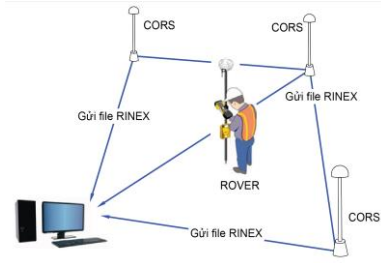
2.1.2.2 Nguyên lý hoạt động trạm tham chiếu ảo

Bước 1: Tạo hiệu chỉnh tại bộ xử lý trung tâm

Các trạm tham chiếu GNSS/CORS được kết nối với một máy chủ (bộ xử lý trung tâm) và mỗi trạm tham chiếu đều chia sẻ dữ liệu để tạo mô hình hiệu chỉnh phụ thuộc vào khoảng cách. Cần ít nhất 3 trạm CORS hoạt động xung quanh trạm di động (Rover). Trung tâm máy chủ tạo ra trạm tham chiếu ảo (VRS) cách vị trí máy đo chỉ vài mét trong thời gian thực và kèm theo đó là các dữ liệu số hiệu chỉnh từ mạng lưới trạm tham chiếu xung quanh.

Bước 2: Truyền dữ liệu đến máy đo (rover)

Dữ liệu và số hiệu chỉnh từ trạm tham chiếu ảo VRS được truyền đến các trạm máy đo (rover) qua các dạng kết nối không dây. Cuối cùng, máy thu của máy đo sử dụng các thuật toán đơn giản để xác định tọa độ của máy thu thông qua dữ liệu số hiệu chỉnh và khoảng cách như Hình 2.2.



Hình 2. 2 Mô hình một mạng lưới các trạm CORS

2.1.3 Tính chuyển tọa độ GNSS/CORS với hệ tọa độ quốc tế ITRF

ITRF (International Terrestrial Reference Frame) là một hệ tọa độ toàn cầu được tính toán và cập nhật thường xuyên bởi các trạm tham chiếu CORS quốc tế IGS. Quá trình tính chuyển tọa độ nội bộ giữa các khung quy chiếu ITRF với nhau hoặc tính chuyển tọa độ giữa hệ tọa độ cục bộ VN-2000 của Việt Nam với ITRF quốc tế đều được thực hiện theo công thức chung [11, 32]:

$$X_{(2)} = T + (1 + D)R^T X_{(1)} \quad (2.1)$$

2.1.4 Khảo sát độ chính xác đo GNSS/CORS

Để khảo sát và đánh giá độ chính xác sử dụng công nghệ GNSS/CORS trong đo các điểm chi tiết thành lập bản đồ địa hình, sử dụng lưới đường chuyền của hai công trình gồm tuyến Nhôn - Cát Linh và tuyến Âu Cơ và các điểm độ cao nhà nước khu vực Hà Nội với diện tích khoảng 400 km².

Tại mỗi điểm khống chế trên tuyến, tiến hành đo theo hai hệ thống khác nhau gồm: 1) sử dụng một trạm CORS (CORS đơn) và 2) sử dụng trạm tham chiếu ảo VRS.

2.1.5 Mục đích của bài toán kết hợp công nghệ GNSS/CORS và công nghệ truyền thống

Trong thành lập bản đồ tỷ lệ lớn, điểm chi tiết được xác định bằng TĐĐT vẫn là một sự lựa chọn tốt với độ tin cậy cao, linh hoạt và hiệu quả trong các khu vực có không gian hẹp, mật độ điểm chi tiết cao, bị che chắn bởi các chướng ngại vật như khu dân cư và khu vực phủ thực vật. Phương pháp ứng dụng công nghệ GNSS động có thể đạt kết quả và hiệu suất cao trong khu vực thông thoáng, đảm bảo tầm nhìn tới các vệ tinh. Tuy nhiên khi kết hợp công nghệ GNSS/CORS với phương pháp truyền thống trong thành lập bản đồ tỷ lệ lớn sẽ có sự dịch chuyển cả về mặt bằng và độ cao do sự khác biệt về các hệ quy chiếu sử dụng.

Hiện chỉnh bản đồ địa hình là công việc cập nhật, thay đổi và làm mới lại các nội dung của bản đồ theo hiện trạng thực tế. Đòi hỏi tái sử dụng các

điểm khống chế xung quanh khu vực đo đạc chính lý, vì vậy điều này dẫn đến nhiều khó khăn về mặt kỹ thuật và kinh tế. Trên cơ sở tọa độ và độ cao của các điểm khống chế hoặc các điểm địa vật rõ nét trên bản đồ được xác định trên cả hai hệ thống dữ liệu (được gọi là điểm song trùng), thông qua bài toán biến đổi tọa độ trên mặt phẳng tính cho từng điểm có sử dụng bài toán trọng số, xác định các hệ số biến đổi dựa vào nguyên lý số bình phương nhỏ nhất để từ đó tính chuyển các điểm đo chi tiết về chung một hệ thống tọa độ thống nhất. Modul chương trình đã hỗ trợ việc xử lý bài toán một cách tự động, nhanh chóng và chính xác. Về độ cao: Xây dựng mô hình dị thường độ cao để hiệu chỉnh. Mô hình dị thường độ cao được xác định dựa vào số liệu đo thủy chuẩn hình học có lưu ý đến khoảng cách từ điểm đo đến các điểm thủy chuẩn. Về mặt bằng: Sử dụng bài toán chuyển đổi tọa độ phẳng dựa trên các điểm đã có tọa độ với độ chính xác cao để đồng nhất dữ liệu tọa độ.

2.2 Tính chuyển độ cao điểm địa hình đo bằng công nghệ GNSS về độ cao thủy chuẩn

Có rất nhiều phương pháp để nội suy dị thường độ cao. Thực tế ở nước ta cũng như ở nhiều nước trên thế giới thường áp dụng các phương pháp nội suy như: nội suy đa thức, nội suy collocation, nội suy kriging, nội suy spline...

Luận án này tập trung khảo sát phương pháp nội suy hàm đa thức. Bài toán nội suy được thực hiện cho từng điểm đo bằng cách đưa trọng số là giá trị nghịch đảo với khoảng cách từ điểm xét đến các điểm song trùng độ cao.

2.2.1 Nội suy dị thường độ cao theo mô hình đa thức

Dị thường độ cao được tính theo công thức:

$$\zeta = H - h^Y \quad (2.4)$$

Vấn đề đặt ra là cần tính chuyển độ cao trắc địa về độ cao thủy chuẩn. Hiện nay, Việt Nam chưa xây dựng được mô hình Geoid chính xác cho toàn quốc mà chỉ đảm bảo xác định độ cao thủy chuẩn với độ chính xác nhất định. Để giải quyết bài toán nâng cao độ chính xác xác định độ cao bằng công nghệ GNSS/CORS trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn, đề xuất sử dụng các điểm độ cao có độ chính xác cao tại khu vực đo vẽ và xây dựng mô hình dị thường độ cao cho khu vực.

Tùy thuộc vào số lượng điểm thủy chuẩn có trên khu vực mà mô hình dị thường độ cao ζ có dạng đa thức bậc 0, 1, 2 hoặc bậc 3. Phương trình mô hình dị thường độ cao ζ_i có dạng:

$$\zeta_i = F(x_i, y_i) \quad (2.6)$$

Phương trình mô hình dị thường độ cao dạng đa thức các bậc cụ thể như sau:

Viết dưới dạng ma trận: $\zeta = N.X$

$$\text{Trong đó: } \zeta = \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \\ \dots \\ \zeta_n \end{bmatrix}; N = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots \\ x_n & y_n & 1 \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} a \\ b \\ \zeta_0 \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Trong trường hợp số hệ số nhỏ hơn số điểm thủy chuẩn chúng ta áp dụng bài toán bình sai gián tiếp để tính ra các hệ số.

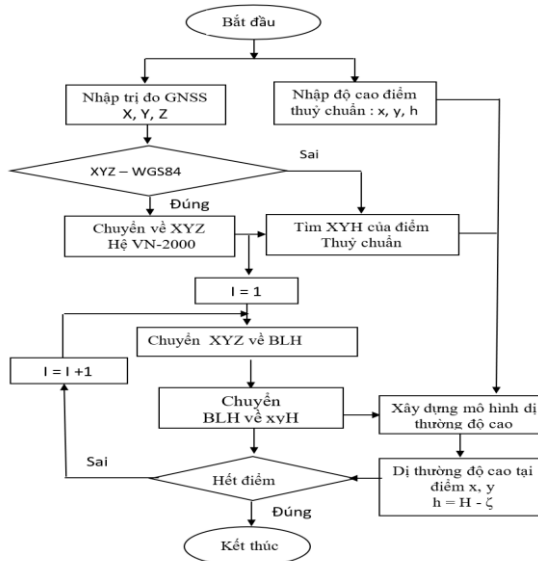
Trong bài toán xác định hệ số mô hình dị thường độ cao, mức độ ảnh hưởng của các điểm song trùng độ cao khác nhau đến số hiệu chỉnh cho từng điểm theo trọng số ảnh hưởng. Với mỗi điểm đo hệ số của mô hình dị thường độ cao được xác định lại với trọng số được xác định tỷ lệ nghịch với khoảng cách từ điểm đo đến các điểm có độ cao thủy chuẩn.

Tọa độ các điểm đo được bằng công nghệ GNSS (X, Y, Z) trong hệ tọa độ địa tâm quốc tế WGS84 chuyển về hệ tọa độ phẳng hệ VN-2000 theo sơ đồ:

$$(XYZ)_{\text{WGS84}} \rightarrow (XYZ)_{\text{VN-2000}} \rightarrow (BLH)_{\text{VN-2000}} \rightarrow (xyh)_{\text{VN-2000}}$$

2.2.2 Các bước tính toán và sơ đồ khối modul chương trình

Quy trình thực hiện việc tính chuyển trị đo bằng công nghệ GNSS về tọa độ VN-2000 và độ cao thủy chuẩn được thực hiện theo sơ đồ khối Hình 2.6 dưới đây.



Hình 2.6 Sơ đồ khối modul tính chuyển trị đo bằng công nghệ GNSS về hệ tọa độ VN-2000 và độ cao thủy chuẩn

2.3 Tính chuyển tọa độ đo bằng công nghệ GNSS/CORS

2.3.1 Thuật toán tính chuyển tọa độ mặt bằng

Bài toán biến đổi tọa độ phẳng từ hệ $(xoy)_1$ thứ nhất sang hệ $(xoy)_2$ thứ hai được thực hiện trong phạm vi hẹp (nằm trên mặt phẳng) theo các phép biến đổi [8],[9]: Phép biến đổi Helmert; Phép biến đổi Affine; Phép biến đổi đa thức bậc 2 hoặc bậc 3.

2.3.2 Bài toán trọng số trong biến đổi phẳng và mô hình dị thường độ cao.

Theo các công thức trong bài toán biến đổi phẳng và mô hình dị thường độ cao cần xác định các hệ số thông qua tọa độ và độ cao của các điểm gốc.

Khi số lượng tọa độ và độ cao gốc sử dụng lớn hơn số lượng ẩn số cần tìm, để xác định được hệ số, bài toán bình sai gián tiếp theo nguyên lý của số bình phương nhỏ nhất được áp dụng. Kết quả các hệ số xác định được là tin cậy nhất, tuy vậy, số liệu gốc nhận được sau tính chuyển thông qua hệ số sẽ bị sai lệch so với giá trị ban đầu. Sự sai lệch này phụ thuộc vào số lượng và phân bố số liệu gốc, kết quả nhận được sẽ không được thuyết phục.

Để khắc phục nhược điểm này, trọng số đã được đưa vào bài toán. Trong bài toán áp dụng trọng số thì với mỗi điểm chúng ta xác định lại các hệ số, các phương trình số hiệu chỉnh có trọng số P tỷ lệ nghịch với khoảng cách hoặc bình phương khoảng cách từ điểm đo đến điểm gốc, trọng số P được lựa chọn khi thực hiện tính toán. Trong bài toán xử lý theo trọng số, sẽ thực hiện cho từng điểm đo cần hiệu chỉnh, mỗi điểm đo có khoảng cách đến các điểm gốc khác nhau (trọng số P sẽ khác nhau), khi đó nhận được giá trị các hệ số khác nhau. Kết quả nhận được sau khi xử lý sẽ xấp xỉ giá trị ban đầu đối với các điểm gốc (điểm song trùng). Số liệu xử lý của các điểm khác sẽ được nắn chỉnh dựa theo điểm gốc trong phạm vi hẹp (hiệu chỉnh từng vùng nhỏ theo số liệu gốc).

2.3.3 Độ chính xác trị đo bằng công nghệ GNSS/CORS khi kết hợp với điểm khống chế tọa độ và độ cao

Độ chính xác trị đo bằng công nghệ GNSS/CORS cho kết quả không ổn định, phụ thuộc vào phương pháp đo (PPK, RTK, VRS), vị trí khu vực đo và sơ đồ bố trí các trạm CORS. Bài toán nâng cao độ chính xác dữ liệu đo bằng công nghệ GNSS/CORS được thực hiện bằng việc kết hợp trị đo và dữ liệu tọa độ có trên khu vực để tính chuyển dữ liệu đo.

2.4 Đồng bộ dữ liệu bản đồ địa hình tỷ lệ lớn

2.4.1 Nội dung bài toán đồng bộ dữ liệu

Để đồng bộ dữ liệu đo hiện chỉnh với bản đồ gốc thì cần đo nối đến một số điểm địa hình rõ nét hoặc điểm khống chế còn tồn tại trên khu vực đo hiện

chính. Thông qua bài toán biến đổi tọa độ trên mặt phẳng và mô hình dị thường độ cao tính cho từng điểm có sử dụng bài toán trọng số, xác định các hệ số biến đổi theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất, tính chuyển tọa độ và độ cao các điểm đo về chung một hệ thống tọa độ.

2.4.2 Bài toán kiểm tra tọa độ và độ cao các điểm song trùng

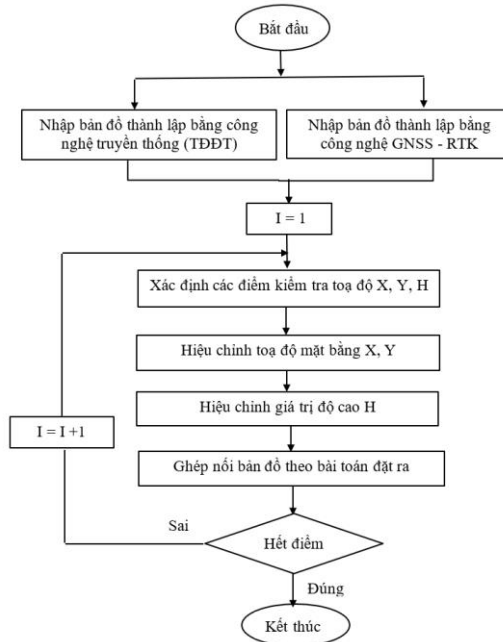
Căn cứ vào tọa độ và độ cao các điểm kiểm tra cùng mã, xác định khoảng cách và chênh lệch độ cao giữa chúng trong 2 hệ thống dữ liệu. Giá trị chênh lệch khoảng cách phải nhỏ hơn giá trị cho phép được tính dựa vào sai số vị trí điểm không chế cấp đo vẽ (m_d) tính theo tỷ lệ bản đồ.

$$\Delta_d < (2-3).m_d.M_{bd} \sqrt{2} \quad (2.31)$$

Giá trị hiệu chênh lệch độ cao được xác định bằng giá trị độ chính xác đo thủy chuẩn kỹ thuật là 50 mm/1 km. Khi các giá trị chênh lệch lớn hơn giá trị cho phép thì cần kiểm tra lại độ chính xác của các điểm song trùng.

2.4.3 Sơ đồ khối modul đồng bộ hóa dữ liệu bản đồ

Quy trình đồng bộ dữ liệu bản đồ trong các trường hợp đo hiệu chỉnh, đo theo các công nghệ khác nhau được nêu trong sơ đồ khối Hình 2.9.



Hình 2. 9 Sơ đồ khối đồng bộ dữ liệu bản đồ GNSS/CORS và toàn đạc điện tử

CHƯƠNG 3

THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH TỶ LỆ LỚN KHU VỰC CÓ THỰC PHỦ TỪ DỮ LIỆU ẢNH UAV

3.1 Giới thiệu chung

Nội dung nghiên cứu của luận án là đề xuất giải pháp hiệu chỉnh mô hình phủ thực vật (DSM) từ dữ liệu ảnh máy bay không người lái, dựa vào các điểm kiểm tra đo bằng công nghệ GNSS/CORS trong thành lập bản đồ địa hình. Kết quả nghiên cứu là phần mềm tự động hiệu chỉnh độ cao điểm đo ảnh trên bề mặt lớp phủ thực vật về độ cao điểm địa hình, đã minh chứng tính chính xác của thuật toán.

3.2 Hiệu chỉnh mô hình số bề mặt vùng có phủ thực vật từ dữ liệu UAV trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn

3.2.1 Phương pháp mô hình số bề mặt

Bài toán mô hình số bề mặt đã được nêu ra trong nhiều tài liệu. Mỗi phương pháp đều có phạm vi áp dụng khác nhau dựa vào những ưu điểm và nhược điểm của từng phương pháp [26].

3.2.2 Hiệu chỉnh mô hình số bề mặt vùng có phủ thực vật

Trong nghiên cứu này bài toán hàm đa thức đã được áp dụng để xác định độ dày của lớp phủ thực vật. Bài toán hiệu chỉnh độ cao điểm đo ảnh bằng công nghệ UAV về độ cao điểm địa hình tại mỗi điểm được mô tả như sau: Hàm số biểu diễn giữa lớp phủ thực vật và bề mặt địa hình có dạng:

$$Z_i = F(x_i, y_i) \quad (3.3)$$

Với Z_i : độ dày lớp phủ thực vật tại điểm có tọa độ (x_i, y_i) ; Hàm F là hàm đa thức từ bậc 1 đến bậc 3 được áp dụng tùy theo khu vực địa hình.

Trong trường hợp số điểm kiểm tra lớn hơn số các hệ số, lý thuyết nguyên lý số bình phương nhỏ nhất được áp dụng tìm ra hệ số tối ưu nhất. Cuối cùng, trị số hiệu chỉnh độ cao phủ thực vật về độ cao bề mặt địa hình theo công thức (3.7):

$$H_{dh} = H_{DSM} - Z \quad (3.7)$$

3.2.3. Quy trình thực hiện hiệu chỉnh

Quá trình thực hiện được tiến hành theo 2 bước: 1) Làm trơn mô hình số bề mặt DSM; 2) Xác định mô hình số địa hình từ mô hình số bề mặt DSM.

3.2.4 Số liệu mô hình

Để kiểm định kết quả tính toán, số liệu mô hình DSM được thực hiện

trên khu vực thực nghiệm có diện tích khoảng 1km^2 , tiến hành xây dựng mô hình đa thức bậc 3 để biểu diễn độ dày phủ thực vật. Trên cơ sở độ cao các điểm mặt đất và độ dày lớp phủ thực vật để xác định được giá trị mô hình số địa hình DSM. Số liệu tính toán cho thấy: Cơ sở lý thuyết và modul chương trình là phù hợp và có độ tin cậy cao. Sai số trung phương xác định độ cao tính theo sai số thực là $m = \pm 0,2$ m.

CHƯƠNG 4

TÍNH TOÁN THỰC NGHIỆM

4.1 Kết quả đánh giá độ chính xác GNSS/CORS

4.1.1 Độ chính xác đo GPS động (RTK)

Khu vực thực nghiệm tại Cát Linh-Hà Đông, Âu Cơ, đo bằng công nghệ RTK, sử dụng máy Aitogy B20, xử lý bằng phần mềm Alnavi, cho kết quả độ chính xác như sau: $m_x = \pm 0.042$ (m); $m_y = \pm 0.028$ (m); $m_d = \pm 0.050$ (m); $m_h = \pm 0.078$ (m). Giá trị sai số lớn nhất: $\Delta_x = 0.079$ m, $\Delta_y = 0.042$ m, $\Delta_d = 0.087$ m, $\Delta_h = 0.136$ m.

4.1.2 Độ chính xác đo GNSS/CORS (VRS)

Đối với công nghệ VRS, tọa độ và độ cao được đo lại bằng công nghệ VRS. Kết quả đo được so sánh với giá trị gốc đã biết. Số liệu đánh giá độ chính xác như sau: $m_x = \pm 0.014$ m, $m_y = \pm 0.025$ m, $m_d = \pm 0.029$ m, $m_h = \pm 0.028$ m. Giá trị sai số lớn nhất: $\Delta_x = 0.031$ (m); $\Delta_y = 0.118$ (m); $\Delta_d = 0.119$ (m); $\Delta_h = 0.069$ (m).

4.1.3 Nhận xét về độ chính xác đo GNSS/CORS (RTK và VRS)

Từ kết quả nhận được thấy rằng chênh lệch tọa độ của mặt bằng và độ cao đối với phương pháp đo GNSS động với một trạm CORS (RTK) so với giá trị tọa độ gốc mang tính hệ thống cục bộ và sai lệch đáng kể. Cụ thể, về mặt bằng sai lệch lớn nhất đến 0.087 m, trong khi đó độ cao sai lệch lớn nhất là 0.136 m. Bên cạnh đó, sai số trung phương xác định theo công thức sai số thực cho kết quả về mặt bằng $m_d = \pm 0.050$ (m) và độ cao $m_h = \pm 0.078$ (m).

Để khắc phục sự tồn tại các sai số này, một số cơ sở sản xuất đã hiệu chỉnh các sai số này bằng cách đo đến một số điểm khống chế trắc địa gần khu vực đo xác định lượng sai số hệ thống cục bộ tại đó để hiệu chỉnh vào kết quả đo. Giá trị sai số hệ thống cục bộ này tại mỗi vùng miền khác nhau là khác nhau và có thể cài đặt số hiệu chỉnh vào máy đo để thuận tiện với người sử dụng và đảm bảo độ chính xác. Tuy nhiên, cách làm trên chỉ mang tính chất

tức thời, gần đúng và trong phạm vi nhỏ.

Đối với phương pháp trạm tham chiếu ảo VRS đã khắc phục được những nhược điểm của phương pháp CORS trạm đơn. Về mặt bằng sai lệch lớn nhất đến 0.118 m, độ cao sai lệch lớn nhất 0.069m. Sai số trung phương xác định theo công thức sai số thực: $md = \pm 0.029$ (m) và $mh = \pm 0.028$ (m). Phương pháp trạm tham chiếu ảo (VRS), độ chính xác đã tăng đáng kể phụ thuộc từng khu vực khác nhau do phân bố của các trạm CORS.

4.2 Bài toán tính chuyển độ cao điểm địa hình đo bằng công nghệ GNSS về độ cao thủy chuẩn

4.2.1 Modul tính chuyển trị đo bằng công nghệ GNSS



Hình 4. 1 Modul tính chuyển trị đo bằng công nghệ GNSS về hệ tọa độ VN-2000 và độ cao thủy chuẩn

4.2.2 Sơ đồ và số liệu khu vực thực nghiệm

Khu vực thực nghiệm tại huyện Mù Cang Chải, tỉnh Yên Bái có diện tích 400 km². Khu thực nghiệm có 5 điểm thủy chuẩn hạng III Nhà nước và 5 điểm gốc tọa độ ĐCCS Nhà nước. Tiến hành đo 30 điểm GPS phân bố trên toàn khu vực, thực hiện đo bằng máy Trimble 5700 và Trimble R8S. Số liệu đo thủy chuẩn bằng máy Ni030.

4.2.3 Kết quả tính toán bằng modul chương trình

Phương án 1 : Lựa chọn trọng số : $P=1/s.s$

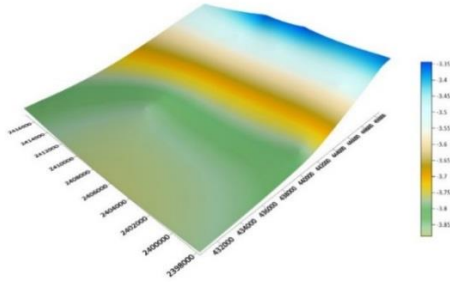
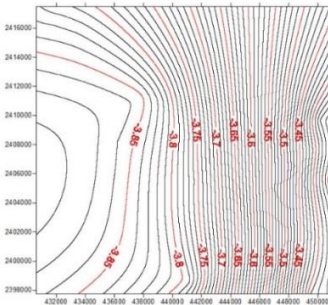
S	TEN DIEM DO	X1	X2	x2				
T		Y1 (TRI DO)	Y2 (VN2000)	y2 (VN2000)				
T		Z1 (XYZ)	Z2 (XYZ)	H2 (Trac_Dia)	h(TC)	h(TC_Goc)	Chenh_lech	
1	077423	-1441162.2847 5746484.0925 2358410.7752	-1441162.2847 5746484.0925 2358410.7752	2415171.1282 430644.4203 1408.9848	1405.150	1405.150	0.000	
2	077432	-1460685.7912 5743315.5849 2352476.7272	-1460685.7912 5743315.5849 2352476.7272	2408956.7659 450315.9563 790.5237	787.160	787.160	0.000	

4.2.4 Kết quả hiệu chỉnh độ cao GNSS về độ cao thủy chuẩn áp dụng trọng số

Trường hợp áp dụng hiệu chỉnh với trọng số $P=1$, cho kết quả độ chính xác tính được : $[\Delta\Delta]= 0.0031882$, $n = 40$, $m = \pm 0.056$ (m)

Trường hợp áp dụng hiệu chỉnh với trọng số $P=1/SS$, cho kết quả độ chính xác tính được : $[\Delta\Delta]= 0.000502375$, $n = 40$, $m = \pm 0.023$ (m).

Căn cứ số liệu hiệu chỉnh độ cao đo bằng công nghệ GNSS về độ cao thủy chuẩn, thông qua độ cao thủy chuẩn gốc. Chúng ta có được bình đồ và mô hình số địa thường độ cao được xây dựng như hiển thị ở Hình 4.3 và Hình 4.4.

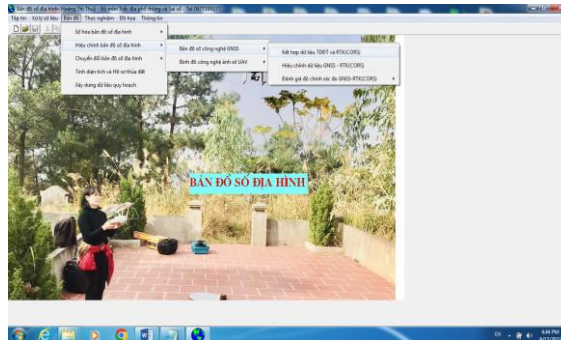


Hình 4.3 Bình đồ địa thường độ cao Hình 4.4 Mô hình số địa thường độ cao

Qua tính toán thực nghiệm có thể thấy rằng, việc áp dụng trọng số cho kết quả hiệu chỉnh nhận được sai số vị trí điểm $m = \pm 0.023$ (m) nhỏ hơn so với kết quả hiệu chỉnh không xét đến trọng số $m = \pm 0.056$ (m), tọa độ sau hiệu chỉnh của các điểm gốc xấp xỉ giá trị ban đầu. Như vậy kết quả hiệu chỉnh có xét đến trọng số có độ tin cậy cao hơn và chính xác hơn.

4.3 Bài toán tính chuyển tọa độ đo bằng công nghệ GNSS/CORS

4.3.1 Modul tính chuyển tọa độ và độ cao các điểm đo GNSS/CORS



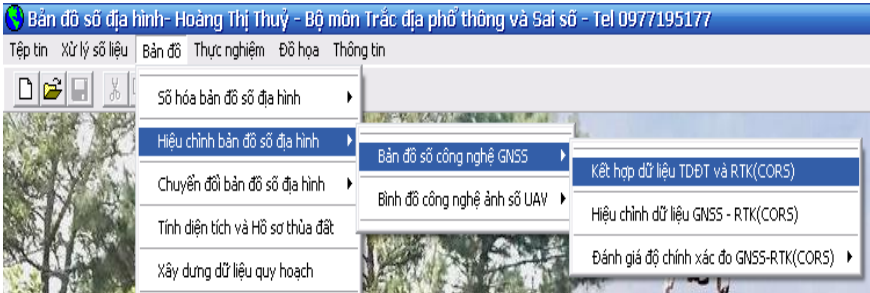
Hình 4. 5 Modul tính chuyển tọa độ và độ cao các điểm đo bằng GNSS/CORS

4.3.2 Độ chính xác đo GNSS(CORS) sau hiệu chỉnh

Tính toán cho khu vực thực nghiệm đường chuyên Hạng II Cát Linh - Hà Đông và Âu Cơ. Tọa độ và độ cao các điểm khống chế được coi là trị thực để đánh giá độ chính xác kết quả đo và hiệu chỉnh. Độ chính xác đo RTK (CORS đơn) về mặt bằng được cải thiện đáng kể, trong khi đó phương pháp RTK (CORS VRS) tăng từ 10% đến 20%. Về độ cao, độ chính xác đã được cải thiện đáng kể với sai số $m = \pm 0.10$ (m) đến $m = \pm 0.03$ (m).

4.4 Bài toán đồng bộ dữ liệu bản đồ địa hình tỷ lệ lớn

4.4.1 Modul chương trình đồng bộ dữ liệu bản đồ



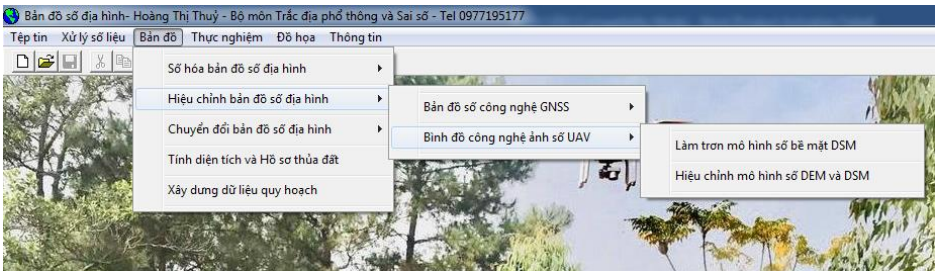
Hình 4. 6 Modul đồng bộ dữ liệu bản đồ đo bằng các công nghệ khác nhau

4.4.2 Kết quả thực hiện đồng bộ dữ liệu bản đồ

Thực hiện modul chương trình đồng bộ dữ liệu bản đồ, modul cho kết quả ghép nối giữa dữ liệu đo hiệu chỉnh với dữ liệu bản đồ gốc, kết quả nhận được sau ghép nối phù hợp và chính xác.

4.5 Tính toán hiệu chỉnh mô hình số bề mặt vùng có phủ thực vật từ dữ liệu UAV trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn

4.5.1 Modul làm trơn mô hình số bề mặt thực phủ và xây dựng mô hình số địa hình



Hình 4. 11 Modul làm trơn mô hình số bề mặt thực phủ và xây dựng mô hình số địa hình

4.5.2 Công tác thực nghiệm xây dựng mô hình số địa hình từ dữ liệu ảnh UAV khu vực có phủ thực vật

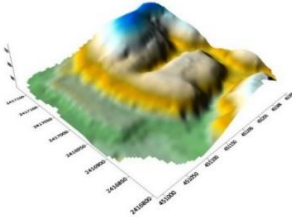


Hình 4. 16 UAV thực nghiệm tại Lạng Sơn

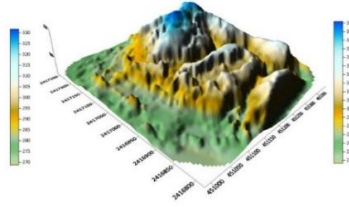


Hình 4. 21 Ảnh bay chụp tại khu thực nghiệm Lạng Sơn

Để xác thực thêm kết quả nghiên cứu, modul chương trình đã được tiến hành với số liệu đo đạc thực tế tại Thành phố Lạng Sơn bằng TĐĐT thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:1000 như Hình 4.22; Kết quả bay chụp bằng công nghệ UAV thu được mô hình số bề mặt của lớp phủ thực vật DSM, Hình 4.23

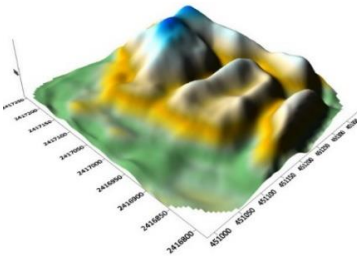


Hình 4.22 Mô hình số địa hình từ số liệu đo trực tiếp tại TP Lạng Sơn

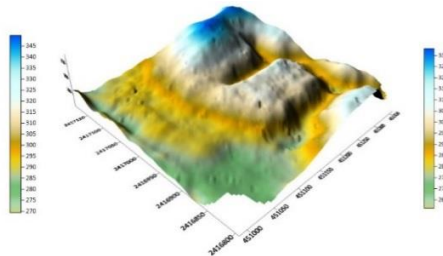


Hình 4.23 Mô hình số bề mặt lớp phủ thực vật DSM bằng công nghệ UAV

Thông qua modul chương trình, tiến hành làm trơn mô hình DSM, với bán kính làm trơn 50m, khi đó mô hình số địa hình DSM được thể hiện trên Hình 4.24. Kết quả hiệu chỉnh loại bỏ lớp phủ thực vật bằng modul chương trình là mô hình số độ cao DEM, được thể hiện trên Hình 4.25



Hình 4.24 Mô hình DSM nhận được sau khi tiến hành làm trơn



Hình 4.25 Mô hình số địa hình nhận được từ dữ liệu DSM khu vực Lạng Sơn

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

KẾT LUẬN

Thuật toán tính tọa độ mặt bằng và xác định độ cao thủy chuẩn dựa vào dị thường độ cao thông qua điểm thủy chuẩn có trên khu đo khi đo địa hình bằng công nghệ GNSS thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn có ý nghĩa khoa học và thực tiễn. Thông qua modul chương trình đã đồng bộ hóa được dữ liệu từ công nghệ GNSS/CORS, UAV và công nghệ truyền thống trong thành lập bản đồ địa hình, đảm bảo yêu cầu kỹ thuật và đạt hiệu quả kinh tế. Thông qua số liệu thực nghiệm đã cho thấy khi ứng dụng kết quả đo địa hình bằng công nghệ GNSS kết hợp với số liệu đo thủy chuẩn của một số điểm hoàn toàn đảm bảo độ chính xác trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn.

Luận án đã ứng dụng bài toán biến đổi tọa độ phẳng có trọng số để xây dựng modul chương trình tự động công tác ghép nối bản đồ khi hiện chỉnh, thành lập kết hợp công nghệ truyền thống với công nghệ GNSS và UAV có ý nghĩa thực tiễn.

Việc ứng dụng thuật toán, quy trình và modul chương trình thành lập mô hình số địa hình từ dữ liệu công nghệ ảnh số UAV khu vực có phủ thực vật, thành lập bản đồ số địa hình tỷ lệ lớn đạt độ chính xác yêu cầu theo quy phạm.

Từ cơ sở lý thuyết và kết quả thực nghiệm cho thấy kết quả nghiên cứu hoàn toàn có thể ứng dụng hiệu quả trong công tác thành lập bản đồ địa hình, địa chính khi kết hợp dữ liệu đo UAV, GNSS/CORS và Toàn đạc điện tử.

KIẾN NGHỊ

Thành lập bản đồ số địa hình tỷ lệ lớn khi ứng dụng công nghệ mới ngày càng phát triển, cần có những nghiên cứu để theo kịp với sự phát triển không ngừng của khoa học và kỹ thuật, đặc biệt trong lĩnh vực Trắc địa- Bản đồ.

Công nghệ GNSS/CORS trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn đối với khu vực biên giới và hải đảo cần được tiếp tục nghiên cứu khi phân bố các trạm CORS không đồng đều về mật độ và đồ hình trong ứng dụng thành lập bản đồ địa hình.

Cần tiếp tục nghiên cứu khả năng ứng dụng công nghệ ảnh số UAV thành lập bản đồ địa hình đối với khu vực có độ dốc lớn và có thực phủ.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ ĐÃ CÔNG BỐ CÓ LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ TÀI LUẬN ÁN

1. Hoàng Thị Thủy, Đinh Công Hoà (2017), “Ứng dụng công nghệ RTK và máy toàn đạc điện tử trong thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn”, *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa Chất*, Tập 58 (Kỳ 6)16-21.
2. Dương Thành Trung, Hoàng Thị Thủy, Võ Minh Tuấn (2019), “Giải pháp định vị GPS tương đối động xử lý sau với nhiều trạm cơ sở trong công tác thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn“, *Tạp chí khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa Chất*, Tập 60 (Kỳ 2)98-105.
3. Hoàng Thị Thủy, Đinh Công Hoà (2020). “Giải pháp thành lập bản đồ địa hình từ dữ liệu UAV vùng có phủ thực vật “, *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, Tập 44 (Kỳ 6) 49-55.
4. Hoàng Thị Thủy (2021). “Giải pháp hiệu chỉnh tọa độ và độ cao điểm chi tiết trên bản đồ địa hình tỷ lệ lớn thành lập từ công nghệ kết hợp GNSS/CORS và toàn đạc điện tử “, *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*,Tập 47 (kỳ 3) 13-17
5. Hoàng Thị Thủy (2023). “Xây dựng modul chương trình hỗ trợ công tác lập bản đồ quy hoạch sử dụng đất từ dữ liệu bản đồ địa hình, địa chính“, *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, Tập 55(kỳ3) 55-64.