

GIẢI PHÁP TRẠM THAM CHIẾU ẢO CÓ ĐỊNH SỬ DỤNG MẠNG LƯỚI THAM CHIẾU HOẠT ĐỘNG LIÊN TỤC CORS CỦA VIỆT NAM

LẠI ĐỨC TRƯỜNG, DƯƠNG THÀNH TRUNG,
PHẠM MINH ĐỨC, BÙI NGỌC QUYỀN

Trường Đại học Mở - Địa chất Hà Nội

Tóm tắt:

Ngày nay công nghệ định vị toàn cầu sử dụng rộng rãi trong công tác trắc địa bản đồ, từ công tác thành lập lưới khống chế cho đến đo chi tiết thành lập bản đồ địa hình, địa chính. Phương pháp đo tương đối động thời gian thực được áp dụng một cách phổ biến trong việc thu thập dữ liệu đo chi tiết. Đo RTK sử dụng mạng lưới các trạm tham chiếu thường trực (NRTK) đang được áp dụng với nhiều ưu điểm như đảm bảo tính liên tục, trên quy mô toàn quốc và độ chính xác ổn định cỡ cm. Ưu điểm của công nghệ RTK đã được chứng minh qua các nghiên cứu và thử nghiệm thực tế. Tuy vậy, đo RTK cũng có vấn đề là chỉ đo được trong phạm vi của mạng lưới, những trường hợp ở biên và ngoài vùng sẽ không thực hiện được. Để khắc phục vấn đề này, bài báo này đề xuất giải pháp đo RTK ngoài vùng biên NRTK dựa trên nguyên lý của của phương pháp VRS. Thử nghiệm được tiến hành ở một số khu vực ven biển của Việt Nam với mạng lưới trạm CORS. Kết quả cho thấy rằng phương pháp đề xuất đã khắc phục được tính không phủ trùm của mạng lưới VNGEONET tại các khu vực ven biển và biên giới mà phương pháp RTK thông thường không thể thực hiện được.

1. Mở đầu

Ngày nay công nghệ định vị toàn cầu (GPS) được sử dụng rộng rãi trong công tác trắc địa bản đồ, từ công tác thành lập lưới khống chế cho đến đo chi tiết thành lập bản đồ địa hình, địa chính (Đỗ Ngọc Đường và Đặng Nam Chính 2009, Seeber, 2003), phương pháp đo tương đối động thời gian thực RTK được áp dụng một cách phổ biến trong việc thu thập dữ liệu đo chi tiết (Takasu và Yasuda 2008). Tuy vậy, RTK vẫn có những hạn chế nhất định như hạn chế về khoảng cách truyền tín hiệu liên tục từ trạm cơ sở (trạm Base) đến trạm đo (trạm Rover). Trong khi đó phương pháp đo động xử lý sau (PPK) có thể khắc phục vấn đề trên của phương pháp RTK. Tuy nhiên phương pháp PPK có những nhược điểm không kiểm soát được độ chính xác vị trí tạm thời điểm đo đạc và độ chính xác suy giảm khi tăng dần khoảng cách từ Base đến Rover (Parkinson và Spikker, 1996). Để nâng cao độ chính xác đo đạc bằng phương pháp PPK, một số

phương pháp đã được đề xuất như sử dụng máy thu 2 tần để hạn chế sai số do tầng ion hoặc sử dụng các loại anten đặc biệt để chống nhiễu đa đường dẫn (Sunil và nnk, 2004). Tuy nhiên, các giải pháp trên làm tăng giá thành của máy thu GPS. Trong phương pháp này, các trạm tham chiếu thường trực (CORS) được kết nối với nhau tạo thành một mạng lưới, một phần mềm tại máy chủ đồng thời thu nhận dữ liệu từ trạm CORS thực tế để tính toán, tạo ra một trạm tham chiếu ảo gần với trạm đo đạc nhất nhằm khắc phục độ 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. Ưu điểm của VRS đã được chứng minh qua các nghiên cứu và thử nghiệm thực tế.

2. Công nghệ trạm CORS (Continuously Operation Reference Station)

2.1. Khái niệm trạm CORS

Trạm CORS là hệ thống trạm tham chiếu làm việc liên tục, có thể được hiểu là một hoặc nhiều

Ngày nhận bài: 03/08/2020, ngày chuyển phản biện: 07/08/2020, ngày chấp nhận phản biện: 15/08/2020, ngày chấp nhận đăng: 18/08/2020

trạm tham chiếu GNSS (Global Navigation Satellite System) vận hành liên tục tại các điểm cố định, ứng dụng công nghệ máy tính hiện đại và internet truyền dữ liệu tạo thành một mạng lưới. Do có nhiều thông tin từ nhiều trạm tham chiếu truyền tới nên tại trạm chủ người ta có thể xây dựng được mô hình số cải chính vi phân tức thời như là hàm của vị trí điểm các trạm tham chiếu. Trong mô hình này, người ta có thể xét tới một số nguồn sai số như sai số quỹ đạo vệ tinh, sai số đồng hồ vệ tinh, ảnh hưởng của tầng đối lưu, tầng điện ly, ...

Các trạm tham chiếu hoạt động liên tục được xây dựng bảo đảm cho mật độ tương đối đồng đều, khoảng cách giữa các trạm tham chiếu là một tham số đặc trưng cho độ chính xác của hệ thống. Vị trí các trạm tham chiếu sẽ được xác định chính xác trong hệ thực dụng. Tại mỗi trạm tham chiếu sẽ lắp đặt máy thu GNSS đa tần số độ chính xác cao và liên tục thu tín hiệu vệ tinh. Các trạm CORS được kết nối với trạm chủ (MS) thông qua internet. Trạm chủ có nhiệm vụ xử lý và lưu giữ các thông tin từ các trạm tham chiếu gửi tới, ngoài ra cung cấp một nền tảng để ánh xạ chính xác từng cơ sở hạ tầng với định vị được tiêu chuẩn hóa.

2.2. Hiện trạng về xây dựng trạm CORS ở Việt Nam

Việt Nam đang trong quá trình xây dựng lưới GNSS/CORS Quốc gia. Hệ thống này của Việt Nam được thiết kế với mục tiêu là lưới đa mục đích, đáp ứng được nhiều nhiệm vụ với độ chính xác khác nhau.

Hiện nay, Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam đang thực hiện xây dựng 65 trạm GNSS CORS trên lãnh thổ Việt Nam với mục tiêu cơ bản và quan trọng nhất là cung cấp dịch vụ số liệu hiệu chỉnh độ chính xác cao, phục vụ cho tất cả các ứng dụng xác định vị trí và dẫn đường trong chế độ thời gian thực dựa trên nền tảng truyền số liệu qua Internet. Trong số 65 trạm được xây dựng nêu trên có 24 trạm Geodetic CORS, các trạm còn lại là NTRK CORS. 24 trạm Geodetic CORS được xây dựng

dựa trên cơ sở nâng cấp 6 trạm DGNSS hiện có của Bộ Tài nguyên và Môi trường và 18 trạm được xây dựng mới. 6 trạm hoạt động hiện tại của Bộ Tài nguyên và Môi trường phục vụ công tác phân giới cắm mốc biên giới và phục vụ khảo sát, đo đạc biển và dẫn đường cho các phương tiện hoạt động trên biển. Ngoài ra, các trạm DGNSS/CORS của Bộ Quốc phòng có chức năng phát số hiệu chỉnh phân sai và vi phân phục vụ khảo sát, đo đạc biển và dẫn đường cho các phương tiện hoạt động trên biển và phục vụ cho việc xây dựng hệ quy chiếu, hệ tọa độ quân sự, nghiên cứu địa động lực, đánh giá hậu quả do thảm họa thiên tai gây ra trong nước, khu vực và trên thế giới, tham gia vào việc khẳng định chủ quyền lãnh thổ và lãnh hải của đất nước (Dương Thành Trung, 2019).



Hình 1: Sơ đồ 65 trạm CORS (Điểm chấm tròn) và vùng phủ mạng lưới VNGEONET

(Vùng phủ trong nổi trạm CORS)

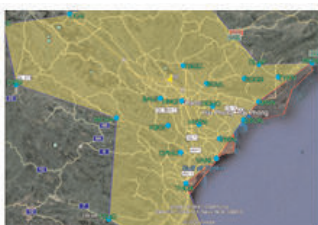
2.3. Vấn đề của mạng lưới trạm CORS

Một trong những mục tiêu của việc xây dựng mạng lưới trạm CORS quốc gia là để đảm bảo tính liên tục việc cung cấp số liệu cải chính cho đo RTK ở mọi lúc, mọi nơi với độ chính xác đồng đều, ổn định. Để đảm bảo mục tiêu này, đồ hình mạng lưới các trạm CORS phải rải đều, phủ trùm trên toàn quốc với mật độ khoảng 50km có một điểm trạm CORS. Tuy nhiên, trong thực tế, do hạn chế về mặt kinh phí và do điều kiện về vị trí lắp đặt, đồ hình mạng lưới trạm CORS không thể phủ trùm và đồng đều trên phạm vi toàn quốc, hệ quả là có những khu vực ngoài biên của mạng lưới như khu vực ven biển và dọc đường

biên giới là không thể phủ trùm (Hình 2). Các khu vực cụ thể có thể kể đến như huyện Tiên Hải, Thái Bình, Thành Phố Cẩm Phả tỉnh Quảng Ninh và khu vực ven biển miền Trung. Mặt khác, ở một số khu vực mật độ các trạm CORS thưa làm cho tính liên tục, ổn định của trạm mạng lưới bị ảnh hưởng khi đo RTK tại các khu vực này như khu vực phía Tây Bắc Bộ, khu vực miền Trung-Nam Bộ. Hình 3 mô tả các khu vực mạng lưới VNGEONET vừa bị thưa vừa có khu vực ngoài vùng phủ. Tại các khu vực ngoài biên và những khu vực thưa trạm như vậy việc đo RTK bị hạn chế rất nhiều như không thể nhận được số liệu cải chính hoặc nhận được nhưng độ chính xác không ổn định. Khắc phục những vấn đề này chính là mục tiêu chính của bài báo này



Hình 2a: Khu vực ngoài biên của mạng lưới



Hình 2b: Khu vực mạng lưới bị thưa có khu vực ngoài biên

3. Cơ sở toán học của phương pháp đo RTK ngoài khu vực mạng lưới VNGEONET

3.1. Nguyên lý hoạt động của một mạng lưới trạm VRS

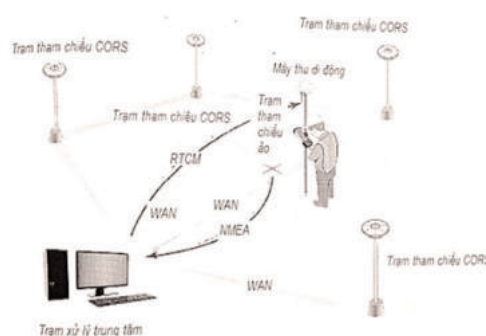
Giả thiết mạng lưới công nghệ VRS bao gồm n trạm quy chiếu liên tục thu các tín hiệu từ các vệ tinh. Các dữ liệu vệ tinh thu được từ các trạm tham chiếu được truyền về Trạm xử lý trung tâm nhờ các mạng LAN, Internet Modem. Trạm xử lý trung tâm tiến hành xử lý các dữ liệu vệ tinh

theo các baselines giữa các trạm tham chiếu trên cơ sở giải các trị nguyên đa trị theo các phương trình hiệu kép của trị đo pha. Kết quả xác định tiếp theo các số hiệu chỉnh khí quyển bao gồm tổng của số hiệu chỉnh do ảnh hưởng của tầng điện ly và số hiệu chỉnh do ảnh hưởng của tầng đối lưu. Các số hiệu chỉnh khí quyển được mô hình hoá bởi mô hình nội suy tuyến tính với việc xác định được các hệ số của mô hình nhờ các số hiệu chỉnh khí quyển đã được xác định trên n trạm tham chiếu.

Trạm Rover gửi các tọa độ gần đúng của nó về Trạm xử lý trung tâm nhờ các dịch vụ GSM, GPRS, 3G, ... Trạm xử lý trung tâm sẽ thiết lập trạm VRS gần khu vực của trạm Rover dựa trên các dữ liệu vệ tinh trên n trạm tham chiếu và gửi các dữ liệu tính toán đối với trạm VRS đến trạm Rover trong định dạng chuẩn RTCM. Dựa trên các dữ liệu nhận được, trạm Rover giải đa trị và xác định vector baseline giữa trạm VRS và trạm Rover. Từ đây xác định được vị trí của trạm Rover.

Hệ thống trạm VRS hoạt động dựa trên nguyên tắc sau:

- Mạng lưới phải có ít nhất 3 trạm tham chiếu cố định CORS. Các trạm này kết nối đến một mạng chủ thông qua các liên kết truyền thông (LAN, Internet hoặc Radio Modem), Hình 3.



Hình 3: Trạm tham chiếu ảo

- Một hay nhiều Rover hoạt động trong vùng bao phủ của mạng lưới các trạm CORS. Các Rover này gửi vị trí tương đối của nó về trung tâm xử lý số liệu. Các số liệu về vị trí tương đối của Rover được gửi bằng các giao thức truyền

dữ liệu trên điện thoại di động như GSM hoặc GPRS. Định dạng chuẩn của dữ liệu gửi từ Rover thường là NMEA (National Marine Electronics Association). Loại định dạng này có sẵn ở hầu hết các máy thu GPS.

- Trung tâm xử lý phải được trang bị các phần mềm có khả năng phân tích, tổng hợp các dữ liệu thu được từ các trạm CORS và Rover như các phần mềm GPSNet, GPSTimeServer hoặc CRNet. Sau khi nhận thông điệp thông qua chuẩn NMEA từ Rover, máy chủ trung tâm sẽ gửi lại tín hiệu RTCM từ trung tâm xử lý dữ liệu để cập nhật lại vị trí của mình và tiếp tục gửi vị trí mới của mình về trung tâm xử lý dữ liệu. Lúc này máy chủ trung tâm mới tính toán cho ra tín hiệu hiệu chỉnh tham chiếu ảo gần sát với Rover.

Mạng lưới các trạm tham chiếu này tạo ra một trạm tham chiếu gần sát với Rover, nhưng trạm tham chiếu này hoàn toàn không có thực nên trạm này gọi là trạm tham chiếu ảo.

3.2. Thuật toán tạo ra trạm VRS

Giả sử trạm RTK gần nhất máy di động được chọn là trạm A, dựa vào các vectơ địa tâm \vec{x}_A và \vec{x}_i các khoảng cách hình học P_A^i với từng vệ tinh i tính được như sau:

$$P_A^i = \|\vec{x}_i - \vec{x}_A\| \quad (1)$$

Sau khi nhận được tọa độ gần đúng ($\vec{x}_{U,virtual}$) từ máy di động (U), trung tâm tính các khoảng cách hình học ($P_{U,virtual}^i$) tới những vệ tinh nhìn thấy theo biểu thức sau:

$$P_{U,virtual}^i = \|\vec{x}_i - \vec{x}_{U,virtual}\| \quad (2)$$

Và xác định chênh lệch Δp^i đối với từng cặp khoảng cách hình học:

$$\Delta p^i = P_A^i - P_{U,virtual}^i \quad (3)$$

Δp^i là khoảng cách hình học gần đúng vì các vị trí vệ tinh đối với trạm quy chiếu ảo chưa được xác định. Khoảng cách giả ngẫu nhiên ảo ($PR_{U,virtual}^i$) được xác định là khoảng cách giả ngẫu nhiên chênh lệch tại trạm RTK gần nhất và có thể coi như là hiệu giữa các khoảng cách hình học P_A^i và ($P_{U,virtual}^i$) của trạm RTK gần nhất vị trí gần đúng của người sử dụng (biểu

thức 1). Sau khi có các khoảng cách giả ngẫu nhiên ảo thì các vị trí vệ tinh đối với trạm quy chiếu ảo cũng có thể tính được.

Hiệu hình học sau đó được tính lại trên cơ sở các vị trí vệ tinh được cập nhật và các trị đo chênh lệch trạm quy chiếu ảo. Các biểu thức 4, 5 và 6 cung cấp thông tin đo pha sóng mang ($\theta_{U,virtualL1}^i$) và khoảng cách giả ngẫu nhiên ảo ($PR_{U,virtualL1}^i$) tần số L1.

$$\Delta p^i = P_A^i - P_{U,virtual}^i \quad (4)$$

$$\theta_{U,virtualL1}^i = \theta_A^i + \frac{f_L}{c} \Delta p^i \quad (5)$$

$$PR_{U,virtualL1}^i = PR_A^i + \Delta p^i \quad (6)$$

Trong đó θ_A^i và PR_A^i các trị đo tương ứng tại trạm S. Có thể áp dụng các phương trình tương tự như trên để tạo ra các trị đo L2.

Tất cả các thuật toán nội suy đều có thể áp dụng được để nội suy hiệu chỉnh VRS nhưng phần lớn các phần mềm mạng RTK thương mại đều sử dụng nội suy tuyến tính. VRS yêu cầu truyền dữ liệu hai chiều liên tục, từ máy di động tới trung tâm và ngược lại. Trong mạng lưới giữa các trạm RTK từ 70 - 80 (km) là đảm bảo điều kiện chính xác định vị trí chính xác. Thuật toán baseline trạm đơn được áp dụng để xác định vị trí máy di động, do đó không cần nâng cấp hay cài đặt phần mềm bổ sung. Trong khi đó, nếu di chuyển quá xa (một vài km) so với vị trí ban đầu thì phải đăng ký lại với trung tâm. Nếu không sẽ xuất hiện sai số vị trí không bỏ qua được. Để khắc phục hạn chế này, một phần mềm “đẩy” tọa độ trạm quy chiếu ảo đi khoảng 4 - 5 (km) so với vị trí gần đúng ban đầu do máy gửi đến.

4. Đo kiểm tra độ chính xác VRS tại các mốc chuẩn

Công tác thực nghiệm được tiến hành trên các điểm tọa độ nhà nước, khu vực quận Bắc Từ Liêm Thành phố Hà Nội và khu vực Tiền Hải, tỉnh Thái Bình. Việc thực nghiệm được tiến hành các hạng mục đo kiểm tra độ chính xác VRS tại các mốc chuẩn. Trong thực nghiệm này, chúng tôi sử dụng phương pháp tính trung bình kết quả

đo đạc.

Thiết bị đo đạc để thử nghiệm bao gồm 2 máy thu GPS: Aitogy – Ainav-C290, Aitogy. Ainav là dòng máy thu GPS được phát triển bởi công ty Aitogy., JSC (Trung tâm nghiên cứu trắc địa công trình kiểm định) dựa trên Chipset của hãng U-blox, Thụy Sĩ (Hình 5) chức năng đo đạc.



Hình 4: Máy thu GNSS Ainav-C290 và Ứng dụng di động Ainav

Để tiến hành thực nghiệm, đánh giá độ chính xác phương pháp đo VRS ngoài biên, chúng tôi tiến hành đo thực nghiệm tại Hà Nội và vùng ven biển tỉnh Thái Bình Hình 5. Tiến hành đo RTK với công nghệ trạm ảo bằng máy Ainav C290 vào 5 điểm mốc tọa độ Quốc gia. Kết quả đo sau đó được so sánh tọa độ đã biết của các điểm. Độ lệch giữa tọa độ gốc và tọa độ đo phản ánh độ chính xác của công nghệ đo RTK với giải pháp VRS. (Xem hình 5, bảng 1, 2, 3, 4, 5)



Hình 5: Khu vực đo kiểm nghiệm tại Thái Bình và Hà Nội

Kết quả tọa độ từng mốc được chuyển về hệ tọa độ VN2000 Kinh tuyến trực $105^{\circ}30'$ với khu vực Thái Bình và $105^{\circ}00'$ với khu vực Hà Nội, múi chiếu 3° và so sánh với tọa độ các điểm mốc chuẩn, kết quả nêu trên. Từ kết quả trên cho sai số trung phương giữa đo bằng VRS với các mốc

chuẩn nằm trong khoảng 2-5cm về mặt bằng, khoảng 5 cm về độ cao. Khi các điểm đo càng xa trạm tham chiếu ảo thì sai số càng lớn.

5. Kết luận

Từ những kết quả nghiên cứu, chúng tôi rút ra kết luận sau:

Phương pháp đo RTK sử dụng hệ thống VNCORS có thể áp dụng tốt trong việc thu thập dữ liệu đo chi tiết thành lập bản đồ tỷ lệ lớn. Tuy nhiên phương pháp này có hạn chế nhất định đối với các khu vực mạng lưới thưa hoặc ngoài vùng phủ của mạng lưới. Với giải pháp trạm ảo cố định cho phép đo RTK ngoài vùng phủ của của mạng lưới VNCORS với khoảng cách lên tới 20km.

Mặc dù có thể đo ngoài vùng phủ của mạng lưới VNCORS, độ chính xác lời giải RTK bị suy giảm khi khoảng cách từ máy đo đến trạm ảo cố định càng xa. ○

Tài liệu tham khảo

[1]. Dương Thành Trung, Hoàng Thị Thủy, Võ Minh Tuấn. Giải pháp định vị GPS tương đối động xử lý sau với nhiều trạm cơ sở trong công tác thành lập bản đồ tỷ lệ lớn.

[2]. Đặng Nam Chinh, Đỗ Ngọc Đường, 2012. Định vị vệ tinh. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật.

[3]. Tăng Quốc Cương. “Nghiên cứu thử nghiệm thành lập mô hình số độ cao độ chính xác cao bằng công nghệ GPS – RTK kết hợp đo thủy chuẩn phục vụ gis phòng chống lũ lụt đồng bằng sông Cửu Long”. Báo cáo tổng kết khoa học và kỹ thuật. Viện nghiên cứu địa chính - Bộ tài nguyên và môi trường. 2005.

[4]. Groves, P. D., 2008. Principles of GNSS, Inertial, ang multi – sensor intergrated navigation systems.

[5]. Muhammad Isma'il, Iyortim OpeLuwa Saanyol. “Application of Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) in flood vulnerability mapping: Case study of River Kaduna” INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMATICS Volume 3, No 3, 2013. ○

Bảng 1: Tọa độ gốc khu vực Hà Nội và Thái Bình

Hệ tọa độ VN-2000, kinh tuyến trực 105°00', múi chiếu 3°, cao độ Hòn Dấu-Hải Phòng)					
TT	Tên điểm	Tọa độ (m)		Cao độ (m)	Ghi chú
		X	Y	h	
1	104548	2332590.897	581018.698	7.977	Điểm DCCS
2	GPS C	2329985.972	581381.351	6.759	Điểm GPS
3	GPS D	2330690.946	581501.441	8.318	Điểm GPS
4	GPS O	2330574.866	582444.075	7.232	Điểm GPS
5	GPS E	2330440.992	581632.527	7.255	Điểm GPS
6	DC 43	2337324.461	579767.835	11.085	Điểm GPS

Hệ tọa độ VN-2000, kinh tuyến trực 105°30', múi chiếu 3°, cao độ Hòn Dấu-Hải Phòng)					
STT	Tên điểm	Tọa độ (m)		Cao độ (m)	Ghi chú
		X	Y	h	
1	130426	2256918.522	612533.676	2.075	Điểm ĐCCS
2	130428	2252590.873	605759.826	0.973	Điểm ĐCCS
3	130429	2253283.347	611456.616	4.468	Điểm ĐCCS
4	130430	2250672.814	606725.492	0.868	Điểm ĐCCS
5	130431	2250791.102	610388.701	1.205	Điểm ĐCCS

Bảng 2: Tọa độ và độ chính xác đo VRS khu vực Hà Nội với khoảng cách 10km

STT	Số hiệu điểm	Bảng tọa độ gốc			Bảng tọa độ đo bằng VRS			Sai số vị trí điểm (m)			
		Tọa độ (m)		Cao độ (m)	Tọa độ (m)		Cao độ (m)	mX	mY	mh	mP
		X	Y	h	X	Y	h				
1	104548	2332590.897	581018.698	7.977	2332590.922	581018.724	8.014	-0.025	-0.026	-0.037	0.036
2	GPS C	2329985.972	581381.351	6.759	2329985.947	581381.325	6.731	0.025	0.026	0.028	0.036
3	GPS D	2330690.946	581501.441	8.318	2330690.969	581501.415	8.289	-0.023	0.026	0.029	0.035
4	GPS O	2330574.866	582444.075	7.232	2330574.887	582444.108	7.253	-0.021	-0.033	-0.021	0.039
5	GPS E	2330440.992	581632.527	7.255	2330441.021	581632.556	7.291	-0.029	-0.029	-0.036	0.041
6	DC 43	2337324.461	579767.835	11.085	2337324.483	579767.865	11.116	-0.022	-0.030	-0.031	0.037

Bảng 3: Tọa độ và độ chính xác đo VRS khu vực Thái Bình với khoảng cách 10km

TT	Số hiệu	Bảng tọa độ gốc			Bảng tọa độ đo bằng VRS			Sai số vị trí điểm (m)			
		Tọa độ (m)		Cao độ (m)	Tọa độ (m)		Cao độ (m)	mX	mY	mh	mP
		X	Y	h	X	Y	h				
1	130426	2256918.522	612533.676	2.075	2256918.493	612533.648	2.050	0.029	0.028	0.025	0.040
2	130428	2252590.873	605759.826	0.973	2252590.902	605759.852	1.002	-0.029	-0.026	-0.029	0.039
3	130429	2253283.347	611456.616	4.468	2253283.371	611456.645	4.494	-0.024	-0.029	-0.026	0.038
4	130430	2250672.814	606725.492	0.868	2250672.786	606725.471	0.843	0.028	0.021	0.025	0.035
5	130431	2250791.102	610388.701	1.205	2250791.131	610388.730	1.234	-0.029	-0.029	-0.029	0.041

Bảng 4: Tọa độ và độ chính xác đo VRS khu vực Hà Nội với khoảng cách 20km

STT	Số hiệu điểm	Bảng tọa độ gốc			Bảng tọa độ đo bằng VRS			Sai số vị trí điểm (m)			
		Tọa độ (m)		Cao độ (m)	Tọa độ (m)		Cao độ (m)	mX	mY	mh	mP
		X	Y	h	X	Y	h				
1	104548	2332590.897	581018.698	7.977	2332590.942	581018.739	7.932	-0.045	-0.041	0.045	0.061
2	GPS C	2329985.972	581381.351	6.759	2329985.927	581381.308	6.798	0.045	0.043	-0.039	0.062
3	GPS D	2330690.946	581501.441	8.318	2330690.991	581501.402	8.364	-0.045	0.039	-0.046	0.060
4	GPS O	2330574.866	582444.075	7.232	2330574.908	582444.117	7.187	-0.042	-0.042	0.045	0.059
5	GPS E	2330440.992	581632.527	7.255	2330441.038	581632.571	7.294	-0.046	-0.044	-0.039	0.064
6	DC 43	2337324.461	579767.835	11.085	2337324.503	579767.878	11.126	-0.042	-0.043	-0.041	0.060

Bảng 5: Tọa độ và độ chính xác đo VRS khu vực Thái Bình với khoảng cách 20km

TT	Số hiệu	Bảng tọa độ gốc			Bảng tọa độ đo bằng VRS			Sai số vị trí điểm (m)			
		Tọa độ (m)		Cao độ (m)	Tọa độ (m)		Cao độ (m)	mX	mY	mh	mP
		X	Y	h	X	Y	h				
1	130426	2256918.522	612533.676	2.075	2256918.487	612533.645	2.027	0.035	0.031	0.048	0.047
2	130428	2252590.873	605759.826	0.973	2252590.919	605759.870	1.016	-0.046	-0.044	-0.043	0.064
3	130429	2253283.347	611456.616	4.468	2253283.381	611456.651	4.505	-0.034	-0.035	-0.037	0.049
4	130430	2250672.814	606725.492	0.868	2250672.766	606725.444	0.825	0.048	0.048	0.043	0.068
5	130431	2250791.102	610388.701	1.205	2250791.147	610388.742	1.250	-0.045	-0.041	-0.045	0.061

Summary

Solutions of fixed virtual reference stations using network of continuously operating reference stations of Vietnam

Lai Duc Truong, Duong Thanh Trung, Pham Minh Duc, Bui Ngoc Quyen.

Hanoi University of Mining and Geology

Today, Global Navigation Satellite System(GNSS) technology is widely used in surveying, from the establishment of control network to collecting measurements of topographic and cadastral maps. Real-time kinematic positioning (RTK) technology is commonly used for collecting geographical data. RTK technology using a network of permanent reference stations (NRTK) is being applied with many advantages such as ensuring continuity, on a national scale and stable accuracy of centimeter. The advantages of RTK technology have been proven through research and practical tests. However, such technology also has the problem that it can only be measured within the network's range, out of the region will not be possible. To overcome this problem, this paper proposes solutions for RTK measurement outside the NRTK boundary area based on the principle of fixed Virtual Reference Station. Experiments were conducted in some coastal areas of Vietnam with the network of CORS. The results show that the proposed method overcomes the lack of coverage of the VNGEONET network in coastal and border areas that conventional RTK method cannot implement.○