

TRẠM QUY CHIẾU SỬ DỤNG KỸ THUẬT ĐỊNH VỊ TOÀN CẦU BẰNG VỆ TINH GNSS CORS

Sự hình thành, phát triển, ứng dụng và tương lai

RICHARD A. SNAY VÀ TOMAS SOLER

Dịch và biên soạn HOÀNG KIM QUANG

PHẦN I: LỊCH SỬ HÌNH THÀNH CORS

Những năm gần đây trong lĩnh vực định vị dẫn đường, đo đạc và bản đồ chúng ta đã quen với thuật ngữ trạm quy chiếu sử dụng kỹ thuật định vị toàn cầu bằng vệ tinh hoạt động liên tục CORS GNSS (CORS-Continuously Operating Reference Station). Tại Việt Nam, ở thời điểm này cũng đã có một số trạm, lưới CORS hoạt động và cung cấp dịch vụ hiệu chỉnh tăng cường độ chính xác cho các máy đo GNSS di động. Trong giai đoạn trước năm 2000, để các phép đo GPS đạt độ chính xác ở mức centimet trong chế độ thời gian thực, phương pháp đo duy nhất mà có thể sử dụng tại Việt Nam là kỹ thuật đo động thời gian thực RTK (Real Time Kinematic) với sự hiện diện của ít nhất một bộ máy thu GPS trạm quy chiếu được trang bị bộ phát vô tuyến để gửi đi các số liệu hiệu chỉnh tăng cường độ chính xác và một bộ máy thu GPS trạm di động với máy tính chạy phần mềm điều khiển đo và bộ thu vô tuyến để nhận được tín hiệu hiệu chỉnh phát từ trạm quy chiếu. Phương pháp đo RTK truyền thống gặp phải khá nhiều hạn chế, điển hình như khoảng cách truyền số liệu giữa trạm quy chiếu và trạm di động luôn bị giới hạn bởi công suất của thiết bị thu, phát vô tuyến và địa hình khu vực triển khai hay kinh phí đầu tư thường lớn vì bắt buộc phải có trạm quy chiếu riêng cùng với thiết bị thu, phát vô tuyến.

Những tiến bộ vượt bậc trong lĩnh vực công nghệ thông tin, truyền nhận số liệu thông qua mạng điện thoại di động (2G, 3G, 4G), phần mềm ứng dụng, các chùm vệ tinh định vị mới, đặc biệt là những giao thức truyền phát số liệu hiệu chỉnh tăng cường độ chính xác các phép định vị vệ tinh GNSS thời gian thực thông qua mạng internet đã tạo ra những thay đổi to lớn trong lĩnh vực định vị dẫn đường, đo đạc và bản đồ

khai thác GNSS. Phương thức đo đạc RTK truyền thống với nhiều hạn chế đã được thay thế bằng kỹ thuật RTK dựa trên một lưới, hợp thành bởi các trạm quy chiếu CORS liên kết với nhau và các máy đo GNSS di động có khả năng kết nối với mạng internet để truy cập tới các máy chủ cung cấp số liệu hiệu chỉnh GNSS dưới dạng dịch vụ. Phương thức cung cấp dịch vụ số liệu hiệu chỉnh GNSS RTK mới này khắc phục được gần như tất cả những hạn chế của kỹ thuật RTK truyền thống, đồng thời còn mở ra những hướng đi mới đặc biệt hữu dụng cho hiện tại và tương lai, ví dụ như phương tiện giao thông không người điều khiển, các kỹ thuật thu thập số liệu không gian mới như laser ba chiều, thiết bị bay không người lái... Rõ ràng sự xuất hiện của CORS và kỹ thuật đo RTK mới không phải ngẫu nhiên, vậy đâu là căn nguyên của kỹ thuật này? Chúng ta sẽ cùng đi ngược lại thời gian để tìm hiểu kỹ hơn về nguồn gốc của khái niệm trạm quy chiếu sử dụng kỹ thuật định vị toàn cầu bằng vệ tinh hoạt động liên tục CORS GNSS.

Cơ quan Trắc đạc Hoa Kỳ NGS (National Geodetic Survey) trực thuộc Cục Quản lý Đại dương và Khí quyển quốc gia Hoa Kỳ NOAA (The National Oceanic and Atmospheric Administration) là đơn vị trực tiếp quản lý và vận hành hệ thống các trạm quy chiếu hoạt động liên tục CORS xuất hiện sớm và có quy mô lớn nhất thế giới với hàng nghìn trạm, mỗi trạm CORS đều được trang bị các máy thu tín hiệu định vị dẫn đường bằng vệ tinh GNSS thế hệ mới. Hệ thống các trạm CORS Hoa Kỳ này hiện vẫn đang tăng về số lượng với tốc độ trung bình khoảng 15 trạm mỗi tháng. Trong hệ thống này NGS có nhiệm vụ thu nhận, xử lý và cấp phát số liệu từ tất cả các trạm CORS phục vụ cho các nhu cầu khai thác sử dụng kỹ thuật định vị đa chiều

trên toàn lãnh thổ Hoa Kỳ, các vùng lãnh thổ và một số quốc gia lân cận. Số liệu từ các trạm CORS được sử dụng bởi các nhà đo đạc bản đồ, địa chất, khí tượng, nghiên cứu không gian, các nhà khoa học chuyên về tầng điện ly và rất nhiều các ứng dụng thực tiễn khác.

Lịch sử hình thành của trạm tham chiếu hoạt động liên tục CORS gắn liền với Cơ quan Trắc đạc Hoa Kỳ (NGS) và Cục Quản lý Đại dương và Khí quyển quốc gia Hoa Kỳ (NOAA) với giai đoạn khởi đầu là nhiệm vụ thành lập, vận hành, duy tu và cung cấp dịch vụ truy cập hệ thống các trạm quy chiếu không gian quốc gia Hoa Kỳ NSRS (U.S. National Spatial Reference System).

NSRS là hệ thống quy chiếu chính thống trong lĩnh vực dân sự cho phép người sử dụng xác lập kinh độ, vĩ độ và độ cao trực giao của bất kỳ điểm đo đạc nào trong quá trình nghiên cứu địa chất, trọng lực, đo đạc, bản đồ trên tất cả các vùng lãnh thổ thuộc quyền quản lý của Hoa Kỳ. Hệ thống NSRS bao hàm thông tin liên quan tới thông số định hướng và tỷ lệ liên hệ mật thiết tới các hệ thống khung quy chiếu quốc tế, cũng như thông tin chính xác về quỹ đạo của tất cả các vệ tinh được sử dụng trong quá trình xác định vị trí hoặc thời gian truy cập vào NSRS. Cuối cùng hệ thống NSRS còn lưu trữ lịch sử tất cả những thông tin mô tả một cách chi tiết về sự thay đổi số lượng các yếu tố nội dung đã đề cập ở trên theo thời gian diễn ra như thế nào. NSRS là minh chứng một cách rõ ràng nhất cho một giải pháp cung cấp số liệu tập trung có khả năng đáp ứng những yêu cầu phát triển có liên quan trực tiếp tới kinh tế, xã hội và môi trường trên bình diện quốc gia.

NGS đã sớm nhận ra những đóng góp tiềm năng của kỹ thuật định vị mới sử dụng hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu GPS (Global Positioning System) để cải thiện và nâng cấp cho NSRS. Vì thế, ngay từ những năm đầu của thập kỷ 1980, NGS đã bắt đầu sử dụng thiết bị GPS cũng như các kỹ thuật ứng dụng trên thực địa để nâng cấp và cải thiện hệ thống NSRS. NGS nhanh chóng chuyển đổi các hoạt động đo đạc thực địa theo phương ngang truyền thống (các thiết bị đo bắt buộc phải thông hướng) sang phương pháp định vị ba chiều (3D Positioning) trên thực địa sử dụng các thiết bị đo GPS thế hệ mới. Năm 1989 trong một báo cáo, A. Snay đã chỉ ra rằng các kỹ thuật đo đạc



Một trạm NSRS Hoa Kỳ trong giai đoạn đầu tiên

truyền thống buộc phải thông hướng có khả năng cung cấp tọa độ điểm với độ chính xác tương đối ước khoảng 1:250.000 khi quy chiếu tới các trạm nằm trên mặt phẳng trong hệ NSRS. Với kỹ thuật GPS, dễ dàng đạt được độ chính xác tương đối vượt ngưỡng 1/1.000.000. Đặc biệt, vì bắt buộc phải thông hướng trong quá trình đo nên rất nhiều trạm tham chiếu NSRS buộc phải đặt ở các điểm cao như đỉnh núi, đỉnh đồi, đỉnh tháp... và rất khó để có thể tiếp cận được những vị trí này.

Với ứng dụng triển khai lần đầu, NGS sử dụng GPS để xác định tọa độ của các vị trí điểm cho các mốc quốc gia, mẫu mốc được đúc bằng đồng theo quy chuẩn để phục vụ cho lưới quy chiếu truyền thống của Hoa Kỳ. Bắt đầu tại bang Tennessee vào năm 1987, NGS phối hợp với nhiều bang cũng như các cơ quan liên bang để hình thành hệ thống lưới quy chiếu không chế có độ chính xác cao hơn với tên gọi HARN (High Accuracy Reference Network), hay còn được biết đến với tên gọi khác là lưới khống chế trắc địa độ chính xác cao, hiện diện trên tất cả 50 bang của Hoa Kỳ. Trong mỗi phiên đo của HARN, có thêm nhiều điểm quy

chiều mới được xác định và sử dụng để so sánh với các điểm quy chiếu đang tồn tại trong hệ thống NSRS. Điểm đặc biệt nữa là các điểm trong hệ thống HARN mới đều được đặt ở những vị trí dễ tiếp cận như gần đường giao thông, khu dân cư... mà không bị che khuất bởi các đối tượng liên kề như nhà cao tầng, cây xanh tán lớn... Sau thời gian triển khai xây dựng, HARN đã trở thành hệ thống lưới phủ trùm diện rộng và được nhúng vào mạng lưới khống chế Quốc gia Hoa Kỳ với độ chính xác cao hơn và tất cả các điểm khống chế đều được xác định toạ độ dựa trên kỹ thuật đo đạc định vị vệ tinh GPS lần đầu vào năm 1987 và lần đo lại vào năm 1990. NGS cũng đưa ra quy định cứ mỗi hệ thống HARN hoàn thiện ở một bang, NGS sẽ tiến hành bình sai lại số liệu HARN của bang đó dựa trên số liệu đo mới, kết hợp với số liệu liên bang nhằm đảm bảo tính toàn vẹn của số liệu đo mới, cũng như đảm bảo độ chính xác và tính gắn kết trong toàn bộ lưới HARN bang cũng như liên bang.

Thấy trước được tầm quan trọng của việc đo đạc chính xác để xây dựng hệ thống HARN, cũng như ứng dụng của lưới HARN trong thực tiễn, vào cuối năm 1986 NGS đã giới thiệu mạng lưới GPS phối hợp Quốc tế CIGNET (Cooperative International GPS Network). Đây chính là tiền thân và định dạng đầu tiên của hệ thống lưới các trạm quy chiếu hoạt động liên tục CORS sau này. Mỗi trạm CIGNET được trang bị một máy thu GPS hai tần số chất lượng cao, có khả năng ghi nhận số liệu liên tục từ tất cả các vệ tinh GPS trong tầm quan sát, với mục đích quan trọng là thu thập số liệu vệ tinh một cách độc lập tại các trạm, sau đó gộp nhóm số liệu từ các trạm này để tính toán một cách chính xác quỹ đạo của tất cả các vệ tinh GPS. Cuối năm 1989, CIGNET gồm có ba trạm trên lãnh thổ Hoa Kỳ (MOJA tại Mojave, California; RICH ở Richmond, Florida; WEST ở Westford, Massachusetts).

Các trạm CORS thế hệ đầu tiên được trang bị máy tính Mini-Mac 2816-AT và máy thu hai tần số không sử



Ăng ten GPS của hãng Trimble trang bị tại một trạm CORS của NGS

dụng mã (Dual Frequency Codeless Receivers, sản xuất bởi Aero Service Division, Western Geophysical Company of America, Houston). Năm 1990, CIGNET bắt đầu được mở rộng sang phần phía nam bán cầu. Đến cuối năm 1991, CIGNET là lưới được cấu thành bởi 21 vị trí lắp đặt trạm thu hoàn chỉnh trải khắp trên tất cả các châu lục ngoại trừ Châu Nam Cực. Mô hình này vẫn đang được duy trì tới hiện tại, tất cả số liệu theo dõi đều được thu nhận bởi một số đối tác của chương trình và công bố rộng rãi miễn phí cho tất cả các nhà nghiên cứu quan tâm tới GPS thông qua địa chỉ lưu trữ của NGS. NGS chính là đơn vị đã điều chỉnh lưới CIGNET, tổng hợp và tạo ra hợp phần lõi đối với mạng lưới các trạm GPS đầu tiên trên thế giới mà ở thời điểm đó còn chưa có được tên gọi rõ ràng. Có một điểm đặc biệt, đây chính là nền tảng quan trọng để sau này ra đời một tổ chức chuyên cung cấp số liệu và các dịch vụ liên quan tới kỹ thuật định vị toàn cầu bằng vệ tinh với tên gọi IGS (International Global Navigation Satellite System Service), đặt dưới sự bảo trợ của Tổ chức Trắc địa Quốc tế IAG (International Association of Geodesy).

Ý tưởng phủ trùm lãnh thổ Hoa Kỳ bằng một lưới các trạm CORS nhằm nâng cấp và cải thiện chất lượng cho NSRS, do Strange đề xuất lần đầu tiên vào năm 1994. Ngay sau thời điểm này, vào năm 1995 Strange và Weston đã công bố những tài liệu đầu tiên mô tả về một hệ thống CORS sẽ triển khai trong tương lai. Cũng trong thời gian này, một số cơ quan tổ chức ở các bang cũng đã bắt tay vào xây dựng các lưới đo cấu thành bởi các trạm quy chiếu GPS hoạt động liên tục nhưng để phục vụ cho những mục đích ứng dụng khác nhau. Ví dụ, Lực lượng Tuần duyên Hoa Kỳ USCG (U.S. Coast Guard) mong muốn có thêm giải pháp hỗ trợ cho dịch vụ dẫn đường vô tuyến LORAN, bằng dịch vụ hiệu chỉnh sai phân DGPS MSK Beacon để đảm bảo an toàn cho dẫn đường hàng hải trong vùng lãnh hải Hoa Kỳ.

Tương tự như vậy, công binh Lục quân Hoa Kỳ USACE (U.S. Army Corps of Engineers) công bố một hệ thống dẫn đường hiệu quả với giá thành hợp lý, có khả năng hỗ trợ cho các hoạt động trên các tuyến đường thủy nội địa Hoa Kỳ như nạo vét, đo đạc thủy văn, nghiên cứu dòng chảy ... USACE phối hợp với USCG mở rộng dịch vụ DGPS MSK Beacon dọc theo các tuyến đường thủy huyết mạch trên toàn lãnh thổ

Hoa Kỳ. Hay như Cục Hàng không Liên bang FAA (Federal Aviation Administration) mong muốn sử dụng một vài dạng thức của các trạm CORS để hỗ trợ cho dẫn đường an toàn trong lĩnh vực hàng không. FAA đã nghiên cứu và phát triển hệ thống hiệu chỉnh riêng với tên gọi hệ thống hiệu chỉnh diện rộng WAAS (Wide Area Augmentation System). Các cơ quan liên bang khác như phòng thí nghiệm động cơ phản lực của NASA JPL (Jet Propulsion Laboratory) và Cơ quan Đo đạc Địa chất Liên bang USGS (U.S. Geological Survey) đã đầu tư rất lớn để phát triển các trạm CORS phục vụ nghiên cứu quỹ đạo vệ tinh, nghiên cứu kiến tạo và dịch chuyển mảng. Chính bởi sự chồng chéo này mà Văn phòng Ngân khố Liên bang Hoa Kỳ phải ban hành hướng dẫn cho tất cả các đơn vị, buộc họ phải trao đổi và hợp tác với nhau trong các hoạt động mua sắm trang thiết bị xây dựng trạm CORS GPS nhằm giảm chi tiêu sử dụng nguồn ngân sách của Chính phủ liên bang. NGS đã trở thành nhà tư vấn giúp xác định các chỉ tiêu kỹ thuật cho các thiết bị GPS để có thể hỗ trợ những nhiệm vụ của tất cả các cơ quan và tổ chức đã nêu trên.

Ngay từ cuối những năm 80, số liệu GPS thu từ các trạm quan trắc cố định thuộc hai hệ thống CIGNET và JPL đã được sử dụng để hỗ trợ cho quá trình tính toán quỹ đạo các vệ tinh GPS. Năm 1994, NGS chính thức bắt tay xây dựng lưới CORS Hoa Kỳ bằng việc lắp đặt máy thu GPS đầu tiên trong khuôn viên của Viện nghiên cứu quốc gia về các tiêu chuẩn và kỹ thuật công nghệ NIST (National Institutes of Standards and Technology) Gaithersburg. Sáu tháng sau thời điểm đó, NGS tiếp tục lắp đặt máy thu GPS gần Boulder, bang Colorado đồng thời kết hợp ngay với lưới CORS gồm một số trạm thu số liệu GPS liên tục là một phần của hệ thống CIGNET. Số liệu từ tất cả các vị trí trạm GPS hoạt động liên tục này được công bố ngay trên Internet. Mạnh mẽ hơn, NGS đã tiến hành lựa chọn và bổ sung một số trạm cố định GPS của Hoa Kỳ vào lưới CORS mới hình thành.

Song song với các hoạt động của NGS, USCG và USACE cũng bắt đầu lắp đặt các trạm DGPS MSK Beacon mới, theo kế hoạch mở rộng trên các tuyến đường thủy nội địa vào năm 1995, cùng thời gian này FAA cũng bắt tay vào triển khai dự án WAAS. NGS đã làm việc và thảo luận với cả USCG, USACE và FAA để đưa các trạm DGPS và WAAS tham gia vào lưới

CORS Hoa Kỳ. Giai đoạn khởi động dự án xây dựng lưới trạm DGPS của USCG đã hoàn thành rất nhiều hạng mục vào tháng 1/1996, mặc dù sau thời điểm này vẫn còn rất nhiều vị trí trạm khác đang triển khai xây dựng và lắp đặt thiết bị. Các cơ quan và tổ chức liên bang, bang và địa phương cũng tài trợ khá mạnh cho các hoạt động xây dựng trạm cố định GPS và trang bị máy thu ngay cho những trạm mới xây này, số lượng các trạm gia nhập lưới CORS tăng lên nhanh chóng kể từ năm 1995. Đến cuối năm 1995, NGS có thể truy cập vào hơn 50 máy thu GPS chất lượng và độ chính xác cao, hầu hết trong số 50 máy thu GPS này được triển khai với USCG cùng các đối tác khác mà không cần tới các hoạt động lắp đặt, vận hành và duy tu bảo dưỡng của NGS. Cục Giao thông bang Texas là đơn vị cấp bang đầu tiên tham gia vào hệ thống CORS bằng việc đưa 10 trạm quy chiếu khu vực vào lưới của NGS phủ trùm toàn bộ lãnh thổ của bang Texas.

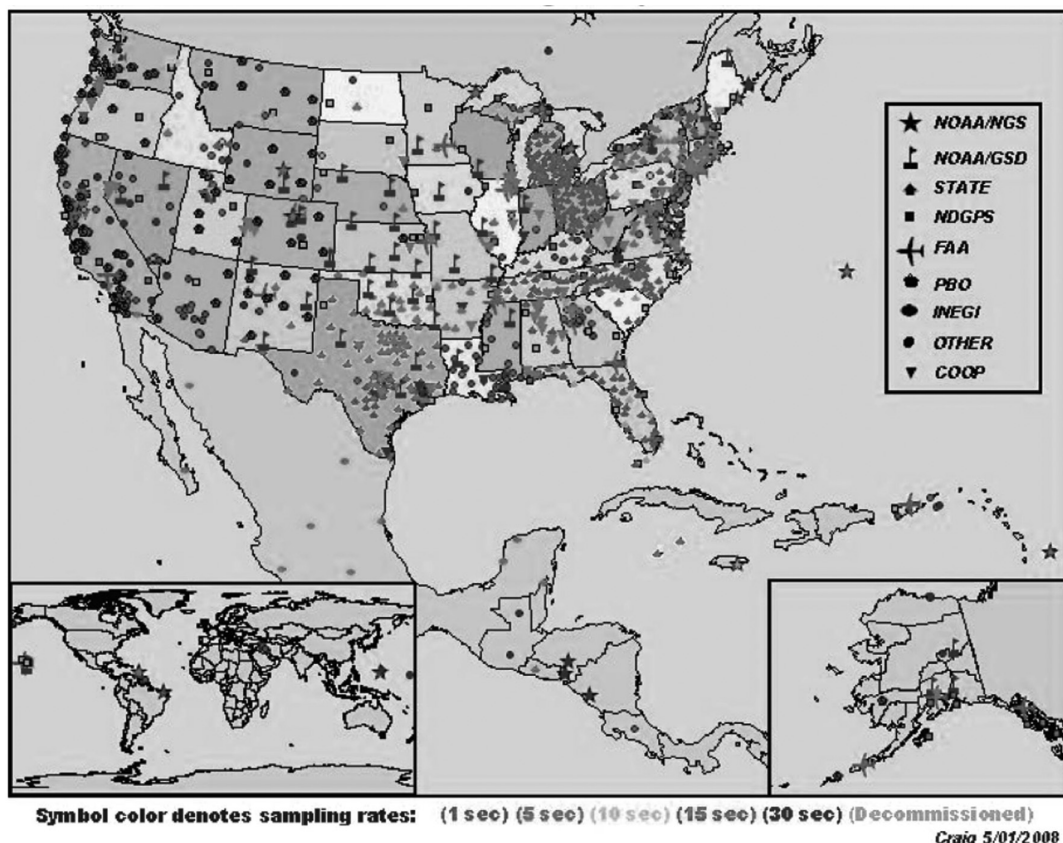
Cuối năm 1996, số lượng trạm CORS trên lãnh thổ Hoa Kỳ đã tăng lên có số 85 trạm. Thông qua việc liên hệ với các đối tác có cùng mối quan tâm cùng chia sẻ số liệu GPS, NGS đã mở rộng lưới lên con số 108 trạm thu số liệu vào cuối tháng 12/1997. Cột mốc quan trọng đạt 200 trạm đã cán đích năm 2000 và cũng kể từ thời điểm này số lượng trạm CORS trong lưới liên tục tăng nhanh và đạt tới con số 1.350 trạm tính tới thời điểm hiện tại và quan trọng hơn là số lượng trạm CORS tham gia vào lưới của NGS vẫn không ngừng tăng, đây cũng là cách thức tốt nhất để cộng đồng các nhà đo đạc chuyên nghiệp truy cập vào hệ thống NSRS. Tới thời điểm hiện tại, lưới CORS Hoa Kỳ bao gồm các trạm CORS phân bố trên lãnh thổ Hoa Kỳ, Canada, Mexico, Trung và Nam Mỹ, vùng biển Caribe và Iraq với hơn 200 cơ quan tổ chức tham gia vào chương trình.

Mặc dù số lượng các trạm CORS hiện vẫn đang tiếp tục tăng với tốc độ khoảng 15 trạm mỗi tháng, tổng số trạm quy chiếu GPS cố định trên lãnh thổ Hoa Kỳ có tốc độ tăng trưởng gấp đôi tốc độ trung bình (khoảng 30 trạm mỗi tháng). Theo như dự báo của các nhà khoa học và nhà quản lý, vẫn còn cần tới vài năm nữa để có thể hoàn chỉnh toàn bộ hệ thống lưới để đảm bảo khả năng đo đạc chính xác độ cao thẳng đứng của bất kỳ trạm CORS nào trong lưới. Việc đo đạc chính xác độ cao thẳng đứng của trạm CORS đòi

hỏi phải áp dụng phương pháp đo đặc biệt phụ thuộc vào vị trí phân bố và kiểu gá lắp ăng ten GNSS sử dụng tại trạm. Ăng ten GNSS của trạm CORS quốc tế được lắp đặt bởi NGS gần đây nhất đặt gần Fortaleza, (Brazil), tại đây vị trí trạm được gán giữa điểm khống chế cũ và mới với độ chính xác đo lại tọa độ khoảng 1mm. Máy thu GNSS sử dụng tại trạm này được kết nối với đồng hồ nguyên tử Atomic Hydrogen-Maser. Theo thông tin công bố thì năng lực hoạt động của đồng hồ H-Maser là tốt nhất trong số tất cả các trạm kết hợp thuộc lưới CORS-IGS có lắp đồng hồ dạng H-Maser.

Hệ thống CORS Quốc gia của Hoa Kỳ ngày càng chứng minh được những lợi ích to lớn và trở thành phương pháp được lựa chọn phục vụ cho việc tính toán chính xác vị trí ba chiều ở bất kỳ đâu trên lãnh thổ Hoa Kỳ cũng như các Quốc gia lân cận. Lợi ích đầu tiên mà những người ứng dụng kỹ thuật đo đạc GNSS được hưởng đó là thay vì phải mua tới ba máy thu như trước đây thì giờ chỉ cần sử dụng một máy thu GNSS duy nhất, sau đó sẽ tải số liệu từ các trạm CORS phù hợp thông qua đường truyền internet để xử lý, hiệu chỉnh sau số liệu đã thu từ một máy duy nhất trên. Việc truy cập, tìm kiếm và tải số liệu trạm CORS thường được thực hiện dưới dạng WEB (Web-based); ví dụ như UFCORS, tại đây số liệu đã được tổ chức một cách khoa học để cho việc tải số liệu về diễn ra một cách dễ dàng. Là một phần của dự án CORS, NGS phối hợp làm việc với các nhà khoa học trên thế giới, phát triển các mô hình số và các kỹ thuật, cho phép người sử dụng GNSS có thể tính toán chính xác các vị trí một cách tiết kiệm cả về kinh phí lẫn thời gian. Hình 1 thể hiện vị trí phân bố địa lý của các trạm CORS vào tháng 5/2008. Các truy cập để kiểm tra thông tin về lưới CORS Hoa Kỳ thực hiện một cách đơn giản bằng cách truy cập vào trang chủ : <http://www.ngs.noaa.gov/CORS/>.

Như đã đề cập trong các phần trước, lưới CORS ngày càng tham gia nhiều vào các ứng dụng thực tiễn, số lượng các trạm CORS trên thế giới cũng tăng lên nhanh chóng (ghi nhận vào năm 2008 là 200 trạm) cùng với đó là sự xuất hiện các lưới GNSS cung cấp số liệu hiệu chỉnh thời gian thực và gần đây nhất là lưới giám sát dịch chuyển mảng lớn PBO của EarthScope. Tốc độ tăng nhanh số lượng các trạm CORS cũng là hệ quả của yêu cầu kỹ thuật khoảng cách giữa mỗi



Hình 1: Số lượng trạm CORS trên lãnh thổ Hoa Kỳ và vùng lân cận tính đến tháng 5/2008

trạm (dưới 100km). Để đảm bảo cho việc phát triển cũng như định hướng ổn định lưới, NGS đã soạn lại hướng dẫn thành lập các trạm CORS mới tham gia vào lưới, cải thiện khả năng thu số liệu (đặc biệt là số liệu metadata), nâng cấp các phần mềm phân tích GNSS (với tên gọi PAGES) và kế hoạch phân tích xử lý lại toàn bộ số liệu của IGS cộng với số liệu CORS đã thu được từ năm 1994. Năm 2010, NGS đã hoàn thành Trung tâm Phân tích IGS (IGS Analysis Centers) để thực hiện những nhiệm vụ phối hợp nghiên cứu giữa các tổ chức với nhau.

Khi nói về lưới CORS Hoa Kỳ, một trong những tính năng nổi bật có từ giai đoạn đầu cần được nhắc tới đó là dịch vụ hỗ trợ người dùng xử lý số liệu trực tuyến OPUS (Online Positioning User Service). Các nhà đo đạc, bản đồ, cộng đồng GIS, nhà nghiên cứu khoa học trái đất... là nhóm những người sử dụng dịch vụ OPUS thường xuyên nhất. Theo số liệu thống kê từ hệ thống,

trong vòng 12 tháng kể từ tháng 05/2007 đến 04/2008 đã có 171.573 lời giải OPUS thành công, cũng cần lưu ý rằng trong cùng thời gian nêu trên đã có tới 23.502 tập hợp số liệu đo ở ngoài lãnh thổ Hoa Kỳ tải lên hệ thống để sử dụng dịch vụ OPUS. Ngày 31/01/2007 lần đầu tiên NGS giới thiệu dịch vụ mới OPUS-RS (Rapid Static), theo đó dịch vụ này có khả năng xử lý các tập hợp số liệu thu trong thời gian 15 phút thay vì chỉ xử lý khối số liệu đo tính 2 giờ như trước đây. Bên cạnh OPUS-RS, NGS cũng giới thiệu tiếp các dịch vụ tiện ích mới như OPUS-DB (Database) với yêu cầu số liệu thu trong vòng 4 giờ liên tục, nhưng bù lại người sử dụng có thêm tùy chọn nhận và gửi số liệu từ/lên cơ sở dữ liệu của NGS để thuận tiện hơn cho việc công bố rộng rãi, hay dịch vụ OPUS-Mapper để xử lý số liệu một tần số L1 phục vụ cho các ứng dụng bản đồ và GIS□

Phần II: Cách thức tổ chức, số liệu và hoạt động của CORS Hoa Kỳ

(Đăng tải trong Tạp chí Trắc địa - Bản đồ số 02 - Quý 1/2018)