

TRẠM THAM 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 II: CÁCH THỨC TỔ CHỨC SỐ LIỆU VÀ HOẠT ĐỘNG CỦA CORS HOA KỲ

Toàn bộ số liệu CORS của Hoa Kỳ được thu thập và lưu trữ tại hai địa điểm khác nhau, một đặt tại Silver Spring, bang Maryland và điểm thứ hai đặt tại Boulder, bang Colorado. Tại mỗi điểm đều trang bị hạ tầng công nghệ thông tin hoàn chỉnh, số liệu GPS tổ chức dưới nhiều định dạng chuẩn khác nhau (như RINEX, Hatanaka, ...) phục vụ cho việc cung cấp tới cộng đồng. Tất cả mọi người đều có thể truy cập miễn phí vào các tập tin số liệu và số liệu metadata có liên quan sau khi được chuẩn hóa thông qua giao thức truyền dẫn tập tin tại địa chỉ <ftp://www.ngs.noaa.gov/cors/> hoặc thông qua địa chỉ trang chủ <http://www.ngs.noaa.gov/CORS/>.

Tháng 01/2000, NGS giới thiệu giao diện hoàn toàn mới dành riêng cho trang chủ CORS. Giao diện mới này được biết đến với tên gọi CORSSAGE

(CORS Amiable Geographic Environment) bởi vì cho phép tất cả mọi người truy cập vào số liệu CORS và metadata thông qua một tập hợp các bản đồ địa lý trực quan. Bản thân trang chủ CORS đã được trang bị sẵn tính năng bản đồ chỉ dẫn, trên đó thể hiện rõ diện tích khu vực phủ trùm của các trạm CORS phân chia theo mã mẫu từng vùng, mỗi vùng liên quan tới một vài bang của Hoa Kỳ. Trên bản đồ khu vực, người sử dụng có thể bấm chuột trên các biểu tượng thể hiện vị trí trạm CORS cụ thể để truy cập vào cửa sổ mới thể hiện rõ hơn vị trí trạm CORS quan tâm đi kèm với các đối tượng có liên quan như điểm dân cư tập trung, các tuyến đường giao thông chính và các đặc điểm địa lý điển hình khác.

Một “thực đơn” lựa chọn cũng xuất hiện trên

góc trái trên cửa sổ bản đồ chi tiết, cho phép người sử dụng có thể xem và tải về những thông tin liên quan tới vị trí trạm CORS đang quan tâm, ví dụ tập tin tải về chứa thông tin điển hình như tọa độ xác định vị trí trạm CORS, tốc độ chuyển dịch vị trí. Những lựa chọn khác trong “thực đơn” cho phép người sử dụng xem lịch hiển thị với độ phân giải 10 phút một, đây chính là khoảng dân cách thời gian khi số liệu CORS được cập nhật cho trạm đang xem thông tin. Chính việc xem lịch chi tiết này sẽ giúp người sử dụng tải về các tập tin phục vụ cho xử lý sau số liệu đo đúng với khoảng thời gian đo của máy di động tránh việc bị thiếu hoặc thừa số liệu. Các lựa chọn khác cung cấp khả năng truy cập tới số liệu GPS của trạm CORS và tới các tập tin chứa toàn bộ thông tin mô tả về trạm CORS này (ví dụ chủng loại máy thu GPS, đơn vị quản lý trạm, người liên hệ, lịch sử về việc bảo dưỡng duy tu và thay đổi máy thu cùng với ăng ten thu số liệu GPS, ...). Khả năng truy cập thông tin trạm CORS thông qua giao diện bản đồ địa lý của Google mới đây cũng đã được bổ sung.

Máy chủ UFCORS

Tháng 11/1998, NGS giới thiệu máy chủ thông tin CORS “thân thiện” UFCORS (User Friendly CORS) cho phép người sử dụng gửi yêu cầu và nhận số liệu GPS đi kèm số liệu metadata (thông tin lịch vệ tinh và thông tin mô tả cho mỗi trạm CORS xác định) cho bất kỳ trạm CORS nào trong lưới CORS Hoa Kỳ thông qua giao thức World Wide Web. UFCORS cung cấp thêm lựa chọn tiện lợi hơn cho cả hai ứng dụng máy chủ thông tin FTP và máy chủ thông tin CORS “chuẩn” trên nền tảng WEB để lưu trữ và phục hồi thông tin CORS. UFCORS cho phép mỗi người sử dụng lựa chọn gói thông tin bổ sung hoàn chỉnh cho một trạm và thang thời gian cụ thể liên quan tới số liệu của trạm đó. Máy chủ thông tin CORS chuẩn và FTP chỉ cung cấp thông tin theo khuôn dạng được lưu trữ tại NGS, trong khi đó UFCORS có khả năng đóng gói lại thông tin vào một vài gói khuôn dạng khác nhau. Ví dụ với UFCORS bất kỳ ai cũng có thể tải về những tập tin số liệu GPS theo bất kỳ khoảng thời gian nào (miễn là ≤ 24 giờ). Đồng thời UFCORS cũng cho phép tất cả mọi người sử dụng lựa chọn các giao thức mà các tập tin số liệu yêu cầu khai thác được nén lại như thế nào. UFCORS cũng có khả năng nội suy số liệu GPS để lấy tỷ lệ mẫu so với tỷ lệ tiêu chuẩn là 30 giây.

Máy chủ FTP vẫn được duy trì là máy chủ thông tin CORS phổ dụng nhất nếu xét theo dung lượng số liệu. Hơn 581 gigabyte số liệu CORS đã được cấp phát thông qua hệ thống tải về FTP trong tháng 04/2008, trong khi đó UFCORS cấp phát khoảng 66 gigabyte trong cùng thời gian này. Hệ thống tải về FTP là máy chủ được người sử dụng lựa chọn để tải về số liệu GPS từ rất nhiều trạm CORS. Những người sử dụng tải về số liệu CORS không thường xuyên hoặc chỉ quan tâm tới số liệu của một số trạm CORS nhất định thường thích sử dụng dịch vụ từ máy chủ UFCORS hơn.

Các ứng dụng của CORS

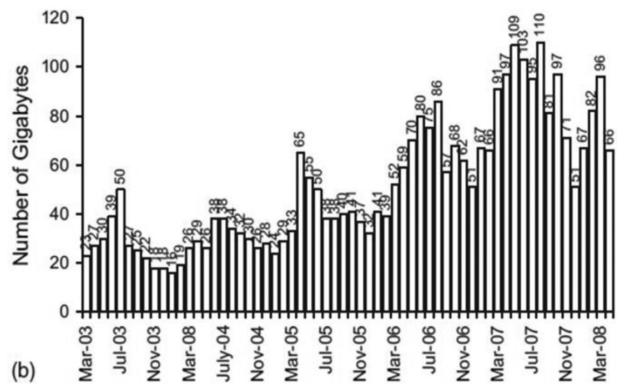
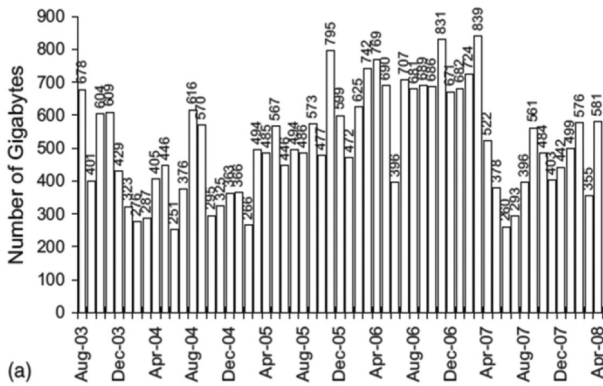
Bổ sung vào ứng dụng cơ bản nhất của CORS là cho phép định vị chính xác với hệ thống NSRS, lưới CORS Hoa Kỳ còn được thiết kế phục vụ cho nhiều ứng dụng nâng cao khác, thực tiễn cho thấy các nhà khoa học trái đất đã công bố rất nhiều đề tài nghiên cứu, tài liệu khoa học, luận văn, nghiên cứu mở rộng các ứng dụng tiềm năng khai thác số liệu CORS ... và đặc biệt xu hướng này vẫn sẽ tiếp diễn trong tương lai. Rõ ràng CORS đã tạo ra sự ảnh hưởng rất lớn trong các ngành khoa học có liên quan tới trái đất, khí quyển và khí hậu.

Nâng cấp NSRS

Gần đây NGS đã hoàn thành nhiệm vụ bình sai số liệu đo GPS thu từ gần 70.000 điểm khống chế được xây dựng trong vòng 20 năm qua. Quá trình bình sai thực hiện trong hệ NAD83 (NSRS 2007) giúp cố định các tọa độ vị trí 3D đã công bố NAD83 (CORS96) để cho ra kết quả là lời giải mà tất cả các tọa độ vị trí đều gắn chặt với khung tham chiếu NAD83 (CORS96). Một điểm nữa, lưới CORS Hoa Kỳ cũng đóng góp phần quan trọng vào nhiệm vụ trọng yếu trong việc xây dựng NSRS. Tới thời điểm hiện tại, tọa độ vị trí của 70.000 điểm khống chế trên lãnh thổ Hoa Kỳ đã được gắn kết chặt chẽ với khung tham chiếu NAD83 (CORS96).

Đánh giá độ chính xác trong quan trắc GPS

Khả năng quan trắc thu nhận và cấp phát số liệu GPS liên tục từ các trạm tham chiếu cố định CORS trên toàn lãnh thổ Hoa Kỳ đã tạo ra một nền tảng kỹ thuật có khả năng giải thích và trả lời cho rất nhiều câu hỏi liên quan tới các phương pháp ứng dụng GPS trong quá khứ, hiện tại và tương lai, đồng thời



Dung lượng số liệu CORS được tải về tính theo tháng sử dụng máy chủ FTP (a) và máy chủ UFCORS (b)

giúp chúng ta hiểu rõ hơn những yếu tố khoa học có liên quan. Ví dụ như quá trình nghiên cứu về độ chính xác của các phép đo GPS liên quan tới vị trí, khoảng cách và thời gian quan trắc giữa các trạm đo liên tiếp nhau. Quá trình nghiên cứu thực hiện trên 19 trạm CORS, 11 cạnh độ kết nối từng cặp của 19 trạm với nhau với chiều dài mỗi cạnh thay đổi từ 20km đến 300km. Số liệu GPS của mỗi cạnh được phân chia thành 10 phiên đo 24 giờ không trùng lặp. Cũng cùng số liệu này sau đó được chia nhỏ thành 20 phiên đo 12 giờ không trùng lặp, lần lượt được chia nhỏ tiếp thành 30 phiên đo 8 giờ không trùng lặp, 40 phiên đo 6 giờ không trùng lặp và cuối cùng là 60 phiên đo 4 giờ không trùng lặp.

Nghiên cứu nhiễu đa đường (Multipath)

Đối với các ăng ten thu tín hiệu GPS, nhiễu đa đường gây ra những sai số nghiêm trọng ảnh hưởng tới độ chính xác các phép đo trong thực tiễn. Hiện tượng nhiễu đa đường xuất hiện do việc các tín hiệu GPS đến được ăng ten thu từ hai hoặc nhiều đường tới khác nhau, hiện tượng nhiễu tín hiệu này có nguyên nhân lớn nhất đến từ việc tín hiệu GPS thay vì đi thẳng từ vệ tinh tới ăng ten thu lại bị va đập và phản xạ từ bề mặt của các đối tượng xung quanh (như nhà cao tầng, tán cây, mặt nước ...) làm sai lệch chỉ số khoảng cách khi tín hiệu tới được ăng ten thu GPS. Việc hiểu thấu đáo những ảnh hưởng của nhiễu đa đường vô cùng quan trọng trong việc xác định sai số mang tính hệ thống, từ đó xác định chính xác ảnh hưởng của nhiễu đa đường cho từng trạm CORS, chủng loại ăng ten để có phương pháp hiệu chỉnh tối ưu nhất. Theo đó các nhà khoa học Hoa Kỳ đã tiến hành một công trình nghiên cứu chuyên sâu về nhiễu

đa đường trên hơn 390 trạm thuộc lưới CORS Hoa Kỳ. Công trình nghiên cứu này đã xác định được những vị trí có mức nhiễu đa đường thấp nhất và cao nhất, so sánh việc kết hợp ăng ten với máy thu GPS để tìm ra cặp tối ưu, xác định mô hình trạm CORS tối ưu để ít bị ảnh hưởng của nhiễu đa đường nhất. Quá trình nghiên cứu này kéo dài trong thời gian 1 năm, một trong những kết luận quan trọng loại ăng ten đa tần số được trang bị vòng cảm kháng (GPS Choke Ring) là loại ăng ten có khả năng loại nhiễu đa đường tốt nhất đồng thời nghiên cứu cũng chỉ ra rằng nhiễu đa đường phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện địa hình, địa vật của từng vị trí xây dựng trạm CORS trên thực tiễn.

Nghiên cứu chuyển dịch

Nghiên cứu chuyển dịch có lẽ là một trong số những ứng dụng rất quan trọng và thiết thực trong tất cả các ứng dụng của lưới CORS. Thực tiễn cho thấy số liệu quan trắc thu từ các trạm CORS liên tục trong nhiều năm, sau đó tiếp tục được xử lý bình sai và gắn kết tất cả các trạm CORS tạo thành lưới thống nhất có liên kết chặt chẽ thì bất kỳ một chuyển dịch nhỏ xảy ra ở bất kỳ vị trí ăng ten nào cũng đều được hệ thống phát hiện ra ngay lập tức.

Gan và Prescott năm 2001 đã phân tích số liệu quan trắc thu được từ năm 1996 đến năm 2000 đối với 62 trạm CORS phân bố ở khu vực trung tâm và rìa phía đông Hoa Kỳ. Các kết quả phân tích cho thấy không có những chuyển dịch ngang đáng kể nào diễn ra trong giai đoạn này, ngoại trừ chuyển dịch ở khu vực thung lũng sông Mississippi.

Sella và các đồng nghiệp năm 2002 đã sử dụng số liệu GPS từ lưới CORS kết hợp với số liệu từ

các trạm quan trắc khác phân bố trên toàn thế giới để tạo ra mô hình chuyển dịch toàn cầu REVEL nhằm xác định mức độ chuyển dịch của 19 mảng kiến tạo và các khối lục địa trong giai đoạn từ năm 1993 đến năm 2000.

Xác định sự thay đổi của mực nước biển

Các giá trị biến thiên chuyển dịch theo chiều thẳng đứng tại các vị trí trạm CORS lắp đặt gần các trạm nghiệm triều có thể được sử dụng để xác định trị tuyệt đối sự thay đổi của mực nước biển trên cơ sở khung tham chiếu mặt đất quốc tế ITRF (International Terrestrial Reference Frame). Phương pháp phân tích này trước đây không thực hiện được khi các trạm CORS chưa được triển khai xây dựng ở các khu vực ven biển. Gần đây thông qua công trình nghiên cứu của Snay và đồng nghiệp (năm 2007) liên quan tới 37 trạm nghiệm triều phân bố dọc bờ biển Hoa Kỳ và Canada, tất cả các trạm nghiệm triều này đều có vị trí lắp đặt ở khoảng cách dưới 40 km từ vị trí lắp đặt trạm CORS, quá trình nghiên cứu, phân tích và đánh giá sự thay đổi của mực nước biển kết hợp số liệu nghiệm triều và số liệu GPS quan trắc trong thời gian từ 3 đến 11 năm.

Sau khi định chuẩn số liệu thủy triều lịch sử với các giá trị kết quả phân tích tốc độ chuyển dịch theo chiều thẳng đứng của các trạm CORS, kết quả thể hiện giá trị tuyệt đối của sự thay đổi mực nước biển tương đương với 1.80 ± 0.18 mm/năm dọc theo đường bờ biển nam Alaska. Việc các giá trị thủy triều khu vực bờ biển nam Alaskan thay đổi chậm có thể đến từ nguyên nhân tan chảy của các khối băng ở vùng cực. Theo thời gian, sự tham gia vào quá trình phân tích đánh giá và xác định mức độ thay đổi mực nước biển của số liệu CORS sẽ càng nhiều hơn bởi số liệu các trạm CORS phân bố gần các trạm nghiệm triều cũng tăng lên, chính điều này làm cho các số liệu tham gia vào quá trình phân tích đánh giá đầy đủ và chuẩn hơn so với thời điểm hiện tại, đây là điểm cần hết sức lưu ý đối với các Quốc gia sẽ tiến hành xây dựng hệ thống lưới các trạm CORS trong tương lai, đặc biệt là các Quốc gia sở hữu đường bờ biển dài.

Nghiên cứu tầng đối lưu

Độ trễ của các tín hiệu GPS gây ra bởi nguyên nhân khúc xạ của tầng đối lưu hay nói cách khác là các điện tử tự do trong khí quyển, kết hợp với

các yếu tố khí tượng khác như nhiệt độ, áp suất và sự thay đổi của sự bốc hơi nước theo chiều thẳng đứng lên tới độ cao khoảng 16 km. Nếu như áp suất khí quyển được biết đến với độ chính xác chấp nhận được ở độ cao ngang với độ cao của ăng ten thu GPS, khi đó độ trễ ƯỚT (wet) và KHÔ (dry) tại vị trí có thể tách riêng với sai số nhỏ. Nếu chúng ta xây dựng được bản đồ kết quả độ trễ tín hiệu ướt tích hợp trong mô hình bốc hơi nước IPW theo chiều thẳng đứng (với điều kiện đã biết được trọng số biến thiên nhiệt độ trong tầng khí quyển). Sự bốc hơi là một trong những biến số quan trọng nhất trong nghiên cứu tầng khí quyển trái đất, đây là nguồn gốc cơ bản hình thành nên các đám mây cũng như tham gia vào quá trình kiến tạo các dạng thức thời tiết khác nhau. Chỉ số IPW có sự biến đổi khá lớn trên bề mặt trái đất, <5mm ở gần các vùng cực và >50mm ở gần khu vực xích đạo. Hầu hết (lên tới khoảng 95%) lượng nước trong khí quyển nằm trong khu vực có độ cao dưới 5 km (hoặc nằm dưới bề mặt có áp suất khoảng 500 hPa). Những biến động lớn của sự bốc hơi nước phân bố theo cả chiều thẳng đứng và chiều ngang có khả năng xuất hiện liên tục và lặp lại (theo từng phút hoặc giờ), đặc biệt trong những thời điểm thời tiết có biến động mạnh.

ESRL là Phòng nghiên cứu các hệ thống trái đất của NOAA (hoặc còn được biết đến với tên gọi khác là Phòng thí nghiệm các hệ thống cảnh báo của NOAA) đã phát triển hoàn chỉnh khả năng ước định biến thiên độ trễ tầng đối lưu trên toàn bộ lãnh thổ Hoa Kỳ (còn được biết đến với tên gọi CONUS). Quá trình xử lý ước định dựa trên nền tảng mô hình độ trễ sử dụng số liệu quan trắc GPS từ lưới các trạm CORS kết hợp với các số liệu khí tượng khác. NOAA cập nhật mô hình kết quả theo từng giờ. Thực tiễn cho thấy có thể sử dụng các vị trí trạm CORS để ước định độ trễ tín hiệu tầng đối lưu cho từng trạm với độ chính xác cao bởi các trang thiết bị quan trắc cũng như các cảm biến cung cấp số liệu khí tượng cũng ngày càng hiện đại và chính xác hơn, chính điều này đã tạo ra số liệu hiệu chỉnh phép định vị GPS độ chính xác cao. Số liệu đến từ lưới hợp thành bởi 385 trạm CORS cập nhật liên tục theo giờ lên mô hình dự báo thời tiết tham chiếu trên lưới mặt phẳng hai chiều có khoảng cách mỗi nốt khoảng 13 km.

Cũng chính ESRL cũng đã phát triển ứng dụng NOAA Trop, đây là cách thức mới giúp cải thiện khả năng định vị GPS, độ chính xác thời gian và dẫn

đường thông qua việc sử dụng số liệu thời tiết trong chế độ thời gian thực do các trạm CORS cung cấp. Độ chính xác bình phương tối thiểu của mô hình độ trễ hiện tại được NOAA Trop xác định nằm trong khoảng xấp xỉ 2 cm trong mùa lạnh và <4 cm trong mùa ấm.

Nghiên cứu tầng điện ly

Các mô hình tầng điện ly diện rộng đã được phát triển để mô hình hóa và làm giảm bớt những ảnh hưởng của tầng điện ly cục bộ địa phương. Các mô hình này được xây dựng dựa trên số liệu quan trắc đa tần số thu nhận từ mạng lưới các trạm CORS. Tầng điện ly nằm phân tán ở vị trí trung bình phía trên tầng khí quyển bắt đầu từ độ cao khoảng 50 km và mở rộng lên phía trên khoảng vài trăm kilomet. Bức xạ từ mặt trời và các hạt ngưng tụ từ khí quyển tạo ra các điện tử tự do và ion, đây chính là nguyên nhân dẫn tới việc gây ra độ trễ cho sóng vô tuyến truyền dẫn trong môi trường này. Trạng thái của tầng điện ly là hàm của một độ bức xạ và hoạt động điện từ, vị trí điểm trên bề mặt trái đất, thời gian địa phương và những yếu tố khác. Khi các tín hiệu GPS đi ngang qua tầng điện ly, chúng bị trễ bởi tổng các hợp phần điện tử TEC (Total Electron Content) trong khu vực tầng điện ly ở một điểm thời gian xác định. Bản đồ hàng ngày thể hiện giá trị ước định của TEC trên CONUS được xây dựng trên nền tảng số liệu CORS gửi về từ 180 trạm đã được xử lý tạo NGS và công bố rộng rãi trên Internet kể từ năm 1997.

Gần đây Trung tâm Dự báo Thời tiết không gian SWPC của NOAA bắt đầu tiến hành mô hình hóa giá trị TEC dưới dạng 3D phục vụ cho CONUS sử dụng số liệu trạm CORS. Mô hình này được cập nhật cứ mỗi 15 phút với độ trễ thời gian khoảng 30 phút. Sản phẩm này được thiết kế để xác định số lượng TEC trên CONUS trong chế độ cận thời gian thực và được triển khai thông qua mối liên hệ hợp tác giữa các bên như SWPC, NGS, ESRL và Trung tâm số liệu địa vật lý Quốc gia NOAA.

Tham chiếu địa lý phục vụ cho các thiết bị bay

Số liệu khả dụng từ các trạm CORS đã được sử dụng phục vụ trong nhiều ứng dụng viễn thám. Khả năng xác định chính xác vị trí của thiết bị bay sử dụng trong đo vẽ ảnh hàng không là tối quan trọng để cải thiện và tăng cường tính tin cậy trong quá trình đo vẽ giải tích ảnh phục vụ cho thành lập bản đồ tỷ lệ lớn,

đặc biệt là bản đồ ở các khu vực nguy hiểm khó tiếp cận trực tiếp. Cũng với khái niệm tương tự như vậy phục vụ đánh dấu tham chiếu tại các điểm quan trọng từ trong không gian phục vụ cho các camera kỹ thuật số đã được mở rộng cho nhiều ứng dụng thành lập bản đồ địa hình sử dụng các cảm biến số liệu thế hệ mới như máy quét radar, thiết bị quét laser 3D hàng không LiDAR, hệ thống định hướng trong, cảm biến đo đạc ngầm.

Việc sử dụng số liệu trạm CORS trong quá trình xử lý đo vẽ ảnh hàng không đã được xác định là một trong số các lựa chọn hết sức ấn tượng. Cộng đồng những người làm đo vẽ ảnh hàng không là đối tượng sớm được hưởng lợi từ việc tăng cường số lượng các trạm CORS trong lưới. Việc sử dụng các trạm CORS trong quá trình phân sai GPS để xác định chính xác vị trí của thiết bị bay cho kết quả chính xác hơn rất nhiều dựa trên các phép đo sóng mang trên các cạnh đo có độ dài lớn hơn trước đây rất nhiều. Theo đó khi số lượng các trạm CORS trong thực tiễn tăng lên cũng đồng nghĩa với việc công tác bay chụp và đo vẽ ảnh hàng không có được nhiều tiện ích hơn, ví dụ khả năng truy cập vào các khối số liệu đo GPS với tần suất ghi số liệu lên tới 1 giây thay vì tần suất chuẩn trước đây là 30 giây như vậy tọa độ tâm ảnh chụp được định vị với độ chính xác cao hơn rất nhiều so với trước đây.

Như vậy chúng ta đã xem xét lại toàn bộ lịch sử, quá trình hình thành phát triển, các ứng dụng tiềm năng cũng như tương lai của kỹ thuật đo đạc định vị dựa trên nền tảng vệ tinh, thông qua hệ thống lưới các trạm cố định hoạt động liên tục CORS mà cụ thể ở đây là lưới CORS phủ trùm trên lãnh thổ Hoa Kỳ. Có thể nói sự xuất hiện của lưới CORS đã đóng góp một phần rất quan trọng cho cộng đồng. Rất nhiều nhà trắc địa, địa lý, địa chất, địa mạo, khí tượng, thủy văn, bản đồ và hệ thống thông tin địa lý cũng như các nhà khoa học ứng dụng khác đã và đang sử dụng số liệu CORS hàng ngày thông qua việc tải số liệu về từ địa chỉ UFCORS và FTP của NGS. Tới thời điểm hiện tại khó có thể hình dung được sự thiếu vắng của lưới CORS trong các hoạt động nghiên cứu khoa học về trái đất, sự hình thành và tham gia vào lưới CORS toàn cầu ngày càng trở nên rõ ràng hơn bởi có sự tham gia của nhiều quốc gia trên thế giới □