

# KINH NGHIỆM ỨNG DỤNG GPS TRONG NGHIÊN CỨU CHUYỂN DỊCH KIẾN TẠO HIỆN ĐẠI

VY QUỐC HẢI, TRẦN ĐÌNH TÔ,  
DƯƠNG CHÍ CÔNG

## 1. Đặt vấn đề

Việc xác định một cách định lượng các thông số chuyển dịch kiến tạo hiện đại là một trong các nhiệm vụ quan trọng, và cũng là mong muốn của các nhà chuyên môn địa chất. Để nghiên cứu các quá trình kiến tạo hiện đại có thể áp dụng nhiều phương pháp khác nhau : địa chất, địa mao, địa vật lý, địa hoá... Song duy nhất chỉ có phương pháp trắc địa mới có khả năng xác định các đại lượng chuyển dịch hiện đại (chuyển dịch, vận tốc và từ đó là các thông số ứng suất...).

Trong khoảng vài chục năm trước đây, một số phương pháp trắc địa (thủy chuẩn, tam giác cổ điển) đã được áp dụng. Bằng phương pháp thủy chuẩn đo lập vận tốc chuyển dịch đứng vỏ Trái Đất đã được xác định trên các khu vực lớn, điển hình là các kết quả đạt được ở Phần Lan, phần châu Âu của Liên Xô (trước đây) và một số nước Đông Âu. Ở nước ta trong những năm 80, Viện Địa chất cũng như Cục Đo đạc và Bản đồ Nhà nước cũng đã tiến hành các nghiên cứu và đạt được kết quả trên lĩnh vực này. Do đặc điểm của phương pháp, việc ứng dụng phương pháp tam giác đo lập có nhiều khó khăn hơn. Vì vậy, phương pháp này chỉ được triển khai ở lưới có quy mô nhỏ, nhằm nghiên cứu một vài đứt gãy cụ thể (lưới tam giác Thác Bà, Tam Đảo, Chí Linh).

Trên thế giới, trong những thập niên trước đây các phương pháp trắc địa không gian như Doppler, VLBI (Very Long Baselines Interferencia) đã được áp dụng để nghiên cứu chuyển dịch của các mảng kiến tạo, và cũng đã đạt được các kết quả nhất định. Song do yêu cầu kỹ thuật cũng như kinh phí, các phương pháp này không thể áp dụng có hiệu quả một cách rộng rãi.

Từ năm 1980, sự phát triển của công nghệ GPS đã mở ra khả năng to lớn trong việc nghiên cứu các

chuyển dịch kiến tạo hiện đại. Công nghệ GPS với nhiều ưu điểm :

- Hệ thống hoạt động mang tính toàn cầu, hoạt động (và vì vậy có thể khai thác) liên tục,

- Việc quan trắc (thu thập số liệu) có thể diễn ra liên tục trên quy mô lớn với yêu cầu kỹ năng tương đối đơn giản, dễ đào tạo, chuyển giao,

- Độ chính xác (trên quy mô hàng ngàn kilomet) hơn hẳn phương pháp tam giác cổ điển truyền thống,

- Kinh phí thực hiện tương đối thấp so với các phương pháp khác, nên đã được ứng dụng rộng rãi trên thế giới nhằm nghiên cứu các chuyển động kiến tạo thông qua các dự án toàn cầu, khu vực và quốc gia.

Trên quy mô thế giới, số liệu của mạng lưới GPS với quy mô toàn cầu đã được thu thập bởi Dịch vụ GPS quốc tế vì Địa động lực (International GPS Service for Geodynamics - IGS) và được xử lý tại trường Đại học Công nghệ California (California Institute of Technology) với sự hợp tác chặt chẽ với Cơ quan Hàng không và Vũ trụ Mỹ (National Aeronautics and Space Administration). Vận tốc chuyển dịch ngang mà thành phần chủ yếu do chuyển dịch kiến tạo của các mảng được trình bày trên trang Web: <http://sideshow.jpl.nasa.gov/mbh/series.html>.

Từ những năm 1990, công nghệ GPS đã được ứng dụng ở Viện Địa chất để nghiên cứu các quá trình địa động lực. Cùng các nước trong khu vực và một số nước trong cộng đồng châu Âu, chúng tôi đã tham gia và tiến hành Đề án GEODYSSSEA. GEODYSSSEA là nhóm từ viết tắt của Đề án mang tên "Geodynamics of South and South-East Asia". Sơ đồ các vệt chuyển dịch của khu vực tính được trên cơ sở số liệu đo chu kỳ 1994 và 1996, cùng các kết quả của Đề án có thể tìm hiểu kỹ hơn

ở Simon W.J.F et al. (1998) và trang Web : <http://www.geologie.ens.fr/~vigny/geodysee.html>.

Bên cạnh các dự án mang tính khu vực, Viện đã tiến hành nghiên cứu hoạt động một số đứt gãy chính, có tầm quan trọng trong quá trình nghiên cứu địa động lực hiện đại trên lãnh thổ Việt Nam. Số liệu của một số lưới hỗn hợp tam giác cổ điển - GPS (Thác Bà), lưới GPS (Tam Đảo - Ba Vì, Quảng Trị, Huế) cũng đã được xử lý nhằm cung cấp số liệu định lượng cho việc nghiên cứu đứt gãy Sông Hồng, Đăcrông - Huế. Một trong số các kết quả nghiên cứu này được giới thiệu trong [8].

Trên cơ sở các kết quả ban đầu, cũng như một số kinh nghiệm khi triển khai các dự án trên, trong công trình này chúng tôi mạnh dạn trao đổi một vài quan điểm (tất nhiên là chưa đầy đủ) liên quan tới việc ứng dụng công nghệ GPS trong nghiên cứu chuyển động kiến tạo hiện đại.

## 2. Thiết lập mốc

Thông thường các mốc trắc địa (tùy phương pháp thi công) tham gia rất nhiều chuyển động có nguồn gốc khác nhau. Ngoài chuyển động mang tính nội sinh như chuyển dịch vỏ Trái Đất, do ảnh hưởng của các hoạt động ngoại sinh nên mốc còn có thể chuyển động do :

- Thay đổi của nhiệt độ,
- Thay đổi của độ ẩm,
- Thay đổi của tầng nước ngầm,
- Sụt lún của các lớp trầm tích ...

Các chuyển dịch do các nguyên nhân nêu trên (tuy chưa có các khảo sát định lượng cụ thể, chính xác) thường cỡ mm đến cm và vì vậy tất nhiên sẽ ảnh hưởng tới kết quả xác định chuyển dịch kiến tạo. Có hai phương án giải quyết tồn tại nêu trên.

1. Bằng các khảo sát xác định định lượng các thành phần tham gia chuyển động của mốc, từ đó loại các phân nhiễu để nhận được thông số chuyển động kiến tạo.

2. Bằng phương pháp thi công mốc để loại các thành phần nhiễu, và vì vậy sự thay đổi vị trí của mốc chủ yếu là do chuyển động kiến tạo gây ra.

Trong thực tế phương pháp 2 thường được áp dụng bằng cách thi công mốc trên khối đá gốc lộ trên mặt đất. Mốc trắc địa được gắn trên khối đá gốc, với hy vọng khối đá gốc liên kết chặt chẽ với

lớp vỏ Trái Đất, và vì vậy phần lớn chuyển động của mốc chính là chuyển động của vỏ Trái Đất. Mốc thường được thi công bằng cách: dùng khoan máy khoan lỗ sâu 10 cm rộng 10 mm, sau đó gắn dấu mốc bằng thép không gỉ. Việc thi công mốc theo phương pháp này có các ưu điểm : thi công đơn giản, tiến hành rất nhanh, độ ổn định cao, có khả năng tồn tại lâu dài, rất kinh tế. Tuy vậy cũng có các hạn chế : việc tìm được các khối đá gốc ổn định trên các mảng thích hợp trên một khu vực nhỏ là không dễ dàng. Bởi vậy, chuyên gia địa chất nên tham gia khi triển khai làm mốc, nhằm xác định trên thực địa ranh giới các mảng (vị trí các đứt gãy trên thực địa), tìm và đánh giá sự ổn định của các khối đá gốc để có thể bố trí các mốc trắc địa.

Cũng cần lưu ý, ca đo trong khảo sát chuyển dịch kiến tạo thường được kéo dài (có thể tới 24 giờ), bởi vậy độ thông thoáng để thu tín hiệu cần được đảm bảo ở mức tối đa cho tất cả các hướng tại các điểm đo. Kinh nghiệm khi xử lý số liệu cho thấy, độ thông thoáng có ảnh hưởng rất lớn tới chất lượng số liệu đo cũng như kết quả tính cạnh.

## 3. Bố trí các ca đo, độ dài ca đo

Việc bố trí các ca đo phụ thuộc vào số lượng máy thu (quan trọng nhất), điều kiện giao thông, kinh phí, nhân lực. Tuy vậy, bên cạnh các cân nhắc về kinh tế cũng có thể lưu ý một số điểm sau đây nhằm đảm bảo chất lượng ca đo theo các quan điểm chuyên môn :

- Các ca đo được bố trí sao cho sử dụng toàn bộ máy thu đã có, vì càng nhiều máy tham gia một ca đo càng có nhiều khả năng lựa chọn khi tính cạnh, đồng thời có nhiều khả năng để kiểm tra.

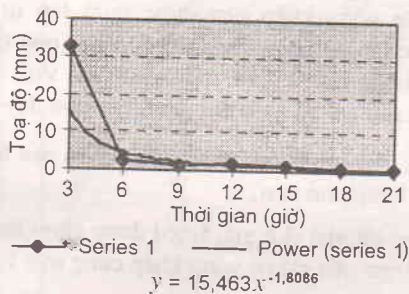
- Các ca đo bố trí sao cho khi tính cạnh với phương án tự chọn, độc lập thiết lập được càng nhiều càng tốt các đa giác với các cạnh độc lập được đo từ các ca đo khác nhau. Dựa trên giá trị sai số khép đa giác để có thể chọn được lời giải cạnh tối ưu.

Bên cạnh việc bố trí các ca đo, việc quyết định độ dài ca đo cũng hết sức quan trọng. Độ dài ca đo phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố : độ dài của cạnh, số lượng vệ tinh, giá trị DOP, chủng loại máy thu, phần mềm xử lý số liệu. Bởi vậy khó có thể nêu ra một giá trị định lượng cụ thể. Trong các yếu tố nêu trên, độ dài cạnh đóng một vai trò quan trọng nhất. Vì đối tượng nghiên cứu là chuyển dịch kiến tạo thường là rất nhỏ, bởi vậy trong điều kiện kinh phí

cho phép có thể kéo dài ca đo càng lâu càng tốt. Trong đề án GEODYSSSEA, các điểm được quan trắc 5 ngày liên tục. Dr Joo, I. kiến nghị độ dài ca đo là 24 giờ, do các ảnh hưởng của tầng điện ly (ionosphere) cũng không bị loại hết, cho dù đo bằng máy thu 2 tần số [5].

Trong thực tế, vì lí do kinh phí, nên độ dài ca đo cũng nên được cân nhắc và xem xét. Chúng tôi đã khảo sát độ dài ca đo cho một lưới cụ thể, có thể áp dụng cho các lưới khảo sát chuyển dịch [4]. Đối với lưới chuyển dịch cụ thể, chu kỳ thứ nhất (dựa trên kinh nghiệm, và các tài liệu tham khảo) có thể chọn độ dài ca đo dài hơn bình thường. Sau khi có kết quả chu kỳ thứ nhất, tiến hành khảo sát để chọn độ dài ca đo thích hợp, phù hợp với các yêu cầu kỹ thuật.

Một phần kết quả khảo sát bằng phương pháp nêu trên có thể thấy ở hình 1, biểu thị sự thay đổi toạ độ điểm theo độ dài ca đo của một lưới có cạnh dài vài trăm kilomet. Có thể thấy rằng, sau 15 giờ toạ độ của các điểm hầu như không thay đổi (một vài 0,1mm) so với toạ độ của ca đo 24 giờ. Trên cơ sở phương pháp khảo sát này có thể chọn được độ dài ca đo phù hợp với các yêu cầu kỹ thuật.



Hình 1. RMS toạ độ các điểm theo độ dài ca đo

#### 4. Toạ độ điểm khởi tính, tệp số liệu đạo hàng

Như đã biết việc tính cạnh được bắt đầu bằng việc chọn điểm khởi đầu. Toạ độ của điểm khởi đầu có ảnh hưởng tới kết quả tính cạnh. Theo tài liệu của Hãng Trimble, sai số của toạ độ của điểm khởi đầu cỡ 10 m sẽ gây ra sai số tính cạnh cỡ 1ppm. Toạ độ của điểm khởi đầu có thể xác định bằng :

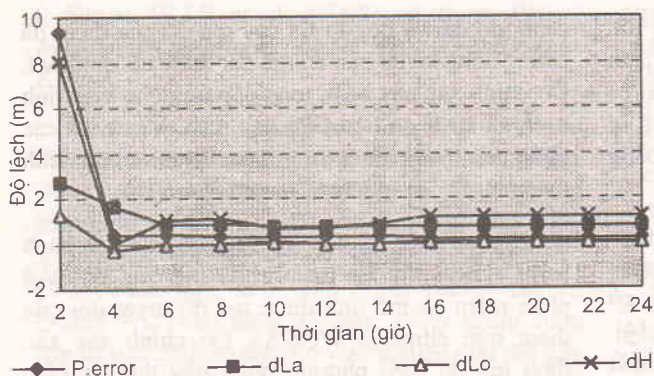
1. phép đo tương đối : tiến hành ca đo đồng thời trên điểm chưa biết và ít nhất trên một điểm đã biết toạ độ ở ellipsoid WGS-84. Xử lý số liệu này sẽ nhận được các cạnh (dX, dY, dZ) và từ đó sẽ tính được toạ độ của điểm chưa biết. Độ chính xác toạ độ của điểm mới phụ thuộc vào độ dài của

cạnh, độ dài ca đo, độ tin cậy toạ độ của điểm đã biết..., song về cơ bản có thể đạt được cỡ centimet. Độ chính xác này hoàn toàn đáp ứng cho việc tính cạnh và xử lý số liệu GPS tiếp theo. Vì vậy, ở các phần tiếp theo chúng tôi gọi toạ độ được xác định theo phương pháp này là **toạ độ chính xác**.

2. phép đo tuyệt đối : việc thu số liệu tiến hành bằng 1 máy thu tại điểm chưa biết toạ độ. Với phần mềm có thể tính được toạ độ tuyệt đối của điểm trên ellipsoid WGS-84. Độ chính xác xác định toạ độ theo phương pháp này thường kém hơn so với phương pháp trên. Tùy theo độ dài ca đo, tệp số liệu đạo hàng, độ tin cậy của toạ độ có thể đạt tới cỡ met (trong một vài trường hợp đặc biệt : ví dụ như sử dụng PPP - **Precise Point Position** - có thể đạt được có vài centimet). Vì vậy, chúng tôi gọi toạ độ xác định theo phương pháp này là **toạ độ gần đúng**.

Việc tính toạ độ của điểm theo phương pháp nào phụ thuộc vào tình trạng số liệu GPS (lưới GPS quốc gia). Trong điều kiện lưới chuẩn GPS quốc gia đã được hoàn thiện (như ở một số nước tiên tiến) thì việc đo nối với các điểm đã biết toạ độ trên WGS-84 là đơn giản. Có thể tính toạ độ điểm khởi đầu theo phương pháp 1, bằng việc nhận toạ độ và các tệp số liệu đo của các điểm đo thường xuyên (permanent) trong hệ thống lưới GPS toàn cầu từ Internet. Tất nhiên một điều cũng cần lưu ý, vì lấy số liệu từ các điểm như trên nên độ dài của cạnh đo (từ Việt Nam đi các nước lân cận) là rất dài (vài ngàn kilomet) nên độ dài ca đo phải được cân nhắc thận trọng để có thể nhận được toạ độ của điểm khởi đầu với độ tin cậy cần thiết.

Việc xác định toạ độ theo phương pháp 2 cũng có thể được áp dụng, song phải dùng tệp đạo hàng chính xác (precise ephemeris). Về nguyên tắc toạ độ tuyệt đối tính theo tệp đạo hàng chính xác phải có độ tin cậy lớn hơn so với khi tính bằng tệp đạo hàng thông dụng (broadcasting ephemeris). Sai số thực của điểm khởi đầu tính theo tệp đạo hàng thông dụng ít ổn định, thường ở mức xấp xỉ 10 m, và vì vậy sẽ gây ra sai số tính cạnh tương đối lớn. Để khắc phục điểm yếu này có thể tính toạ độ điểm theo tệp đạo hàng chính xác. Theo khảo sát của chúng tôi (hình 2), với đạo hàng chính xác toạ độ tuyệt đối của điểm (với ca đo 10 giờ) có thể đạt độ chính xác ~ 1,5 m cho cả 3 chiều (thường sai số chiều cao lớn hơn chiều ngang). Tùy tình hình cụ thể của các nhiệm vụ trắc địa, có thể sử dụng toạ độ với độ tin cậy nêu trên để tính cạnh.



Hình 2: Sai số thực tọa độ điểm với độ dài ca đo

Các kết luận trên liên quan tới khoảng thời gian trước 2/5/2000, khi hệ định vị toàn cầu còn tồn tại chế độ SA. (Selective Availability). Từ khi chế độ SA được dỡ bỏ, độ tin cậy của tọa độ tuyệt đối chắc chắn được nâng cao lên rất nhiều. Hy vọng trong thời gian tới sẽ có các kết quả khảo sát về khía cạnh này.

Như đã biết, khi thu thập số liệu ngoài thực địa, chúng ta nhận được tệp đạo hàng thông dụng để có thể sử dụng cho cả hai trường hợp xử lý số liệu: thời gian thực (real time) và hậu kỳ (post-processing). Vì số liệu của tệp đạo hàng thông dụng có độ tin cậy cỡ met, vì vậy người ta đã cung cấp đạo hàng chính xác cho hậu kỳ của một số ứng dụng yêu cầu độ chính xác cao. Cho tới nay, có nhiều dạng tệp đạo hàng chính xác như SP1, ECF1, SP2, ECF2, SP3, ECF3, EF18. Tồn tại các phần mềm để có thể biến đổi tệp đạo hàng từ dạng này sang dạng khác.

Tệp đạo hàng chính xác cung cấp vị trí, vận tốc, hiệu chỉnh đồng hồ của từng vệ tinh với khoảng thời gian nhất định (30 giây/lần). Các số liệu này, được xác định bằng số liệu quan trắc từ các điểm có tọa độ chính xác của lưới được phân bố đều trên toàn cầu (ví dụ như lưới của IGS).

Tệp đạo hàng chính xác có thể nhận được từ Internet từ 3-6 ngày sau khi đo với độ chính xác nhỏ hơn 15 cm cho từng thành phần tọa độ. Tệp đạo hàng chính xác nhanh có thể nhận được trong vòng 21 giờ sau khi đo, với độ chính xác cỡ 30 cm. Sai số quỹ đạo cỡ 30-50 cm gây ra sai số tính cạnh cỡ 0,02 ppm khoảng 2 mm/100km (Paul R. Spoford: Announcement National Geodetic Survey NOAA, December 7, 1993. <http://www.navcen.uscg.mil/gps/precise.annrefr.txt>).

Như đã viết ở trên, khảo sát chuyển dịch kiến tạo yêu cầu việc xác định tọa độ với độ chính xác cao nhất, bởi vậy trong điều kiện có thể nên sử dụng tệp đạo hàng chính xác. Với đạo hàng chính xác ta có thể xác định tọa độ điểm khởi đầu chính xác hơn; với tọa độ khởi đầu chính xác, cùng đạo hàng chính xác, việc tính cạnh sẽ đạt được độ chính xác cao hơn so với tính bằng đạo hàng thông dụng.

### 5. Chọn lời giải cạnh thích hợp

Cần lưu ý, từ tệp số liệu có thể nhận được rất nhiều lời giải cạnh khác nhau. Kết quả tính cạnh phụ thuộc vào các

thông số:

- Chất lượng số liệu ca đo,
- Tọa độ của điểm khởi đầu,
- Tệp số liệu đạo hàng,
- Độ dài ca đo,
- Số vệ tinh...

Trong rất nhiều lời giải cạnh đó nên chọn lời giải nào là thích hợp nhất? Theo chúng tôi, chỉ tiêu quan trọng nhất để đánh giá độ tin cậy của lời giải cạnh là vòng khép của các đa giác (Loop closure). Tất nhiên vòng khép nên được thiết lập từ các vervo độc lập, vì vòng khép từ các vervo phụ thuộc có thể không chỉ ra được một số sai số. Việc chọn lời giải cạnh có thể theo thứ tự ưu tiên sau đây:

- Giá trị vòng khép (vervo được chọn nếu trị sai số vòng khép nhỏ hơn),
- Loại lời giải (lời giải fixed được chọn thay vì lời giải float nếu giá trị vòng khép cùng một bậc),
- Độ dài ca đo (chọn lời giải có độ dài ca đo lớn hơn),
- Số vệ tinh (chọn lời giải có số vệ tinh tham gia nhiều hơn),
- Góc ngưỡng cao (chọn lời giải có góc ngưỡng cao nhỏ hơn).

Kinh nghiệm cho thấy, để có được tập lời giải tối ưu, cần đầu tư nhiều công sức cũng như thời gian để tính cạnh theo các thông số khác nhau rồi lựa chọn theo các chỉ tiêu nêu trên.

### KẾT LUẬN

Việc ứng dụng công nghệ GPS là một công việc mới mẻ, song cũng đầy hấp dẫn đối với các

nhà chuyên môn ở nước ta. Với các phần trình bày ở trên, để có thể tiến hành nghiên cứu chuyển dịch kiến tạo có hiệu quả, cần phải thực hiện một số điểm sau :

- Thi công mốc trên khối đá gốc, ổn định được xem xét và chọn bởi các nhà chuyên môn.
- Bố trí ca đo thích hợp, sao cho thiết lập được càng nhiều đa giác gồm các cạnh đo độc lập càng tốt.
- Trên cơ sở chu kỳ đo đầu, với đồ hình lưới cụ thể, nên khảo sát mối liên hệ giữa độ tin cậy của tọa độ điểm với độ dài ca đo, nhằm xác định độ dài ca đo thích hợp cho các chu kỳ sau.
- Cố gắng xác định tọa độ điểm khởi đầu với độ chính xác cao nhất, sử dụng đạo hàng chính xác trong xử lý hậu kỳ.
- Trên cơ sở sai số khép vòng, có thể chọn được lời giải cạnh thích hợp nhất.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] M. BECKER et al, 1998 : GPS Measurements of Crustal Movements at the Red River fault in Vietnam. The GEODYNAMICS of S and SE Asia (GEODYSSEA) Project, Scientific Technical Report STR 98/14, GeoForschungs Zentrum Postdam, 185-190.

[2] Gy. BUSICS, 2000 : Planning and Qualifying the GPS Survey Control Networks. *Geodézia és Kartográfia 3/2000. Budapest.*

[3] DUONG CHI CONG, KURT L. FEIGL, 1999 : Geodetic Measurement of Horizontal Strain across the Red River fault near Thac Ba, Vietnam, 1963-1994, *Journal of Geodesy*, 73, 298-310.

[4] VY QUỐC HẢI, TRẦN ĐÌNH TÔ, DUONG CHÍ CÔNG, 1998 : Về độ dài ca đo qua việc xử lý số liệu một lưới GPS. *Tạp chí các khoa học về Trái Đất*, 3, 200-203. Hà Nội.

[5] Dr. JOO, I. 2000 : The Effect of Terrestrial Atmosphere on the Satellite-Assisted Distance. *Geodézia és Kartográfia 2/2000. Budapest.*

[6] YONG-CHANG LEE, 1999 : The coordinates computation of the GPS base Station by Precise Point Position. *Journal of the Korean Society of Geodesy, Fotogrammetry and Cartography*, V.17, 2.

[7] W.J.F. SIMONS, et al 1998 : The final Geodetic Results of the GEODYSSEA project : the combined Solution in the Geodynamics of South and South-East Asia ; *Scientific Technical Report STR98/14; Geoforschungs Zentrum Postdam*, 27-38.

[8] TRẦN ĐÌNH TÔ và nnk, 2000 : Result of GPS measurement of the Red River fault zone at Ba Vi - Tam Dao area. *Journal of Geology*, series B, 15-16, 29-37. Hà Nội.

[9] GPSurvey Software User's Guide, *Trimble Navigation, Sunnyvale, Calif., 1995*

### SUMMARY

#### Some experience from the application of GPS on geodynamic studies

The authors exchange some experience from the application of GPS on geodynamic studies in global, regional scale in Vietnam.

The application of GPS with the highest precision for the study of is tectonic movement should be carried out in the following order :

- Establishment of benchmark,
- Planning measurement session and determination of session duration,
- Using precise ephermeris, good coordinates of reference point,
- Choosing the baseline solution set-up,

Ngày nhận bài : 5-10-2001

Viện Địa chất