

TS. TRẦN BẠCH GIANG

GIỚI THIỆU
HỆ QUY CHIỀU VÀ HỆ TOẠ ĐỘ
QUỐC GIA VIỆT NAM

HÀ NỘI - 2003

I. MỞ ĐẦU

Xác định hệ quy chiếu tức là xác định gốc toạ độ và hệ trục cơ sở toạ độ để dựa vào đó có thể biểu diễn được tất cả các điểm trong không gian. Một hệ quy chiếu được gọi là phù hợp với phạm vi lãnh thổ đang xét nếu đạt được 3 tiêu chuẩn sau:

- Có độ lệch nhỏ nhất theo một nghĩa toán học nào đó giữa mô hình toán học và không gian vật lý của thế giới thực.
- Thuận tiện sử dụng trong thực tiễn có lưu ý tới các tập quán hình thành từ lịch sử và tính phổ cập trên thế giới.
- Dễ dàng tính toán chuyển đổi với các hệ quy chiếu đang sử dụng mà đặc biệt là hệ quy chiếu toàn cầu hiện hành.

Bài toán xác định hệ quy chiếu và hệ toạ độ được đưa về dạng cơ bản là:

1. *Xác định một ellipsoid quy chiếu có kích thước phù hợp (bán trục lớn a và bán trục nhỏ b , hoặc bán trục lớn a và độ dẹt $f=(a-b)/a$) được định vị phù hợp trong không gian thông qua việc xác định toạ độ tâm của ellipsoid (X_0, Y_0, Z_0) trong hệ toàn cầu. Đối với Ellipsoid Toàn cầu còn phải xác định các tham số vật lý: hằng số trọng lực GM , khối lượng trái đất M , tốc độ quay trái đất ω , thế trọng lực thường U_0 , giá trị trọng lực thường trên xích đạo γ_e và trên cực γ_p .*

2. *Xác định phép biến đổi phù hợp từ hệ quy chiếu mặt ellipsoid về hệ quy chiếu mặt phẳng để thành lập hệ thống bản đồ cơ bản quốc gia bao gồm cả hệ thống phân chia mảnh và danh pháp từng tờ bản đồ theo từng tỷ lệ.*

3. *Xử lý toán học chặt chẽ lưới các điểm toạ độ bao gồm tất cả các loại trị đo có liên quan sao cho đảm bảo độ chính xác cao nhất.*

Xây dựng hệ quy chiếu và hệ toạ độ quốc gia là một việc quan trọng đối với mỗi quốc gia. Trước hết đây là cơ sở toán học mang tính chuẩn để thể hiện chính xác các thể loại bản đồ nhằm mô tả trung thực các thông tin điều tra cơ bản của đất

nước. Hệ quy chiếu và hệ toạ độ quốc gia còn đóng vai trò hạt nhân trong hệ thống quản lý hành chính lãnh thổ, phục vụ giải quyết tốt các vấn đề phân định và quản lý biên giới quốc gia, địa giới hành chính các cấp cũng như ranh giới của từng thửa đất. Trong đời sống của một xã hội hiện đại hệ quy chiếu và hệ toạ độ quốc gia còn phải đáp ứng cho hoạt động của các ngành nhằm phát triển kinh tế như nghiên cứu vật lý trái đất, quan trắc hoạt động vỏ trái đất, đảm bảo hàng hải, dẫn đường hành không, bố trí xây dựng các công trình, quan trắc độ biến dạng công trình, quản lý các mạng lưới hoạt động kinh tế theo lãnh thổ, v.v. Hệ thống này có vai trò quan trọng trong các hoạt động đảm bảo an ninh - quốc phòng. Hơn nữa các hoạt động của cư dân trong cộng đồng cũng cần tới một hệ toạ độ thống nhất như đánh bắt cá, đi rừng, giao thông, v.v. Việc xây dựng hệ quy chiếu và hệ toạ độ quốc gia cần có tiếng nói chung của các ngành vì đây là một hệ thống đa mục tiêu.

Trong bảo vệ tổ quốc và xây dựng đất nước việc xác định một hệ quy chiếu và hệ toạ độ thống nhất luôn phải đi trước một bước. Khi mới đặt chân đến Việt nam Pháp đã tiến hành ngay việc xây dựng hệ quy chiếu và hệ toạ độ quốc gia với ellipsoid Clarke, điểm gốc tại Hà nội, lưới chiếu toạ độ phẳng Bonne và lưới các điểm toạ độ cơ sở phủ trùm cả Đông dương. Mỹ đặt chân tới Miền Nam nước ta cũng đã xây dựng ngay hệ quy chiếu và hệ toạ độ quốc gia với ellipsoid Everest, điểm gốc tại Ấn độ, lưới chiếu toạ độ phẳng UTM và lưới các điểm toạ độ cơ sở phủ trùm toàn Miền Nam. Sau ngày hoà bình lập lại ở Việt nam (1954) Chính phủ ta đã quyết định thành lập Cục Đo đạc và Bản đồ Nhà nước có nhiệm vụ chính trong giai đoạn đầu là xây dựng hệ quy chiếu và hệ toạ độ với ellipsoid Krasovski, điểm gốc theo hệ thống Xã hội chủ nghĩa, lưới chiếu toạ độ phẳng Gauss và lưới các điểm toạ độ cơ sở có độ chính xác cao phủ trùm toàn Miền Bắc.

II. QUÁ TRÌNH XÂY DỰNG HỆ QUY CHIẾU VÀ HỆ TOẠ ĐỘ QUỐC GIA VIỆT NAM

Quá trình xây dựng hệ quy chiếu và hệ toạ độ quốc gia nước ta được phân ra các giai đoạn như sau:

II.1 GIAI ĐOẠN 1959 - 1975

Trong giai đoạn này Cục Đo đạc - Bản đồ nước ta với sự giúp đỡ trực tiếp của Tổng cục Trắc hội Trung quốc đã xây dựng lưới các điểm toạ độ cơ sở theo phương pháp tam giác đo góc truyền thống phủ trùm toàn Miền Bắc ở dạng lưới tam giác hạng I (mật độ khoảng 250 Km² có 1 điểm) và lưới tam giác hạng II (mật độ khoảng 100 Km² có 1 điểm). Song song với lưới toạ độ, lưới độ cao hạng I và hạng II cũng được xây dựng phủ trùm Miền Bắc. Hệ toạ độ - độ cao này có độ chính xác khá cao và đáp ứng mọi nhu cầu đòi hỏi của thực tiễn phát triển kinh tế và bảo vệ đất nước.

II.2 GIAI ĐOẠN 1975 - 1991

Sau ngày thống nhất đất nước (1975) Cục Đo đạc và Bản đồ Nhà nước tiếp tục phát triển lưới toạ độ trên vào các tỉnh phía Nam để đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế. Lưới tam giác đo góc hạng I được phát triển tới Đà Nẵng và lưới tam giác đo góc hạng II dọc theo các tỉnh duyên hải Miền Trung cho tới Thành phố Hồ Chí Minh. Để đáp ứng cung cấp toạ độ kịp thời cho các ngành và các địa phương, lưới toạ độ phủ trùm cho miền Nam được xây dựng theo từng lưới nhỏ gối nhau, toạ độ điểm cuối của lưới trước là toạ độ khởi đầu của lưới sau, thậm chí tại đồng bằng Nam bộ còn phải chọn 2 điểm khởi đầu là các điểm gần đúng được tính chuyển từ Miền Bắc vào (điểm 64629 - Nhà thờ Hạnh Thông Tây tại Tp. Hồ Chí Minh làm khởi đầu cho lưới toạ độ Đông Nam bộ, điểm II-06 tại An giang làm khởi đầu cho lưới toạ độ Tây Nam bộ). Đây là một tồn tại lịch sử đương nhiên phải trải qua, đồng thời cũng là nguyên nhân làm cho hệ thống toạ độ hiện tại Hà Nội - 72 thiếu tính thống nhất, một điểm có thể có vài toạ độ tham gia vào các lưới địa phương khác nhau có độ lệch lớn nhất tới trên 10m. Song song với lưới điểm toạ độ, Cục Đo đạc - Bản đồ Nhà nước đã tiến hành xây dựng lưới điểm độ cao hạng I, hạng II nối dài từ Miền Bắc.

Để chỉnh lý chính xác một lưới toạ độ quốc gia cần phải đo lưới các điểm thiên văn (kinh độ, vĩ độ và phương vị) với mật độ khoảng 18.000 Km² có 1 điểm, lưới điểm trọng lực cơ sở và chi tiết, lưới điểm trắc địa vệ tinh. Trước đây Tổng cục

Trắc hội Trung Quốc đã giúp ta đo đạc các điểm thiên văn đủ mật độ cho khu vực Miền Bắc. Từ sau năm 1975 Tổng cục Trắc địa - Bản đồ Liên xô cũ đã tiếp tục giúp ta đo đạc đủ mật độ các điểm thiên văn phủ kín khu vực phía Nam, xây dựng lưới trọng lực cơ sở toàn quốc có đo nối với lưới quốc tế và đo một số lưới trọng lực chi tiết, xây dựng lưới trắc địa vệ tinh Doppler.

II.3 GIAI ĐOẠN 1991 - 1994

Vào năm 1991 Cục Đo đạc - Bản đồ Nhà nước đã quyết định đưa công nghệ định vị toàn cầu GPS (global positioning system) vào áp dụng ở Việt Nam để hoàn chỉnh hệ thống toạ độ quốc gia. Lưới toạ độ cơ sở tại các địa bàn chưa phủ lưới là Tây nguyên, Sông bé, Minh hải trên đất liền và lưới toạ độ biển trên tất cả các đảo chính tới tận 21 đảo thuộc quần đảo Trường sa đã được xây dựng bằng công nghệ GPS. Đến năm 1993 trên địa bàn cả nước đã được phủ kín các lưới thiên văn, trắc địa, trọng lực, vệ tinh, đủ số liệu để tính toán chỉnh lý hệ quy chiếu và hệ toạ độ quốc gia.

Từ 1992 đến năm 1994 công trình tính toán bình sai lưới thiên văn - trắc địa - vệ tinh cả nước đã được tiến hành. Kết quả chính của công trình này là: xác định hệ quy chiếu phù hợp với lãnh thổ Việt Nam bao gồm ellipsoid Krasovski định vị theo lưới vệ tinh Doppler, điểm gốc tại điểm thiên văn Láng, lưới chiếu toạ độ phẳng Gauss - Kruger như đang sử dụng; xác định độ lệch dây dọi ξ , η và dị thường độ cao ζ theo các số liệu thiên văn - trắc địa - trọng lực đủ độ chính xác phục vụ chuyển các trị đo từ mặt đất tự nhiên về ellipsoid quy chiếu; kiểm tra lại toàn bộ tập hợp trị đo toàn lưới, loại trừ các sai số thô, chuyển toàn bộ các trị đo về mặt ellipsoid quy chiếu và mặt phẳng; bình sai tổng thể các trị đo góc, cạnh, phương vị, doppler, GPS của toàn lưới trên mặt phẳng Gauss - Kruger theo phương pháp chia nhóm điều khiển; đánh giá độ chính xác toạ độ tất cả các điểm trong lưới.

II.4 GIAI ĐOẠN 1994 - 1999

Khi xem xét việc hoàn chỉnh hệ quy chiếu và hệ toạ độ quốc gia, Tổng cục Địa chính đã nhận thấy một số yếu tố mới về công nghệ cần nghiên cứu thêm để sự

lựa chọn phù hợp hơn cho giai đoạn phát triển tiếp theo. Các định hướng sau đây đã được xác định:

1. Công nghệ GPS đã được xác định là công nghệ định vị của tương lai và sẽ được áp dụng rộng rãi trong hầu hết các mục đích kinh tế và quốc phòng, vì vậy hệ quy chiếu cần xác định phù hợp với việc áp dụng công nghệ GPS.

2. Có thể sử dụng ngay công nghệ GPS khoảng cách dài để xây dựng lưới toạ độ cơ sở cạnh dài có độ chính xác cao hơn hạng I, một mặt để kiểm tra lại độ chính xác các trị đo truyền thống và mặt khác nâng cao độ chính xác hệ thống điểm cơ sở toạ độ.

3. Xác định chính xác mối liên hệ giữa hệ quy chiếu quốc gia với hệ quy chiếu quốc tế, tạo điều kiện thuận lợi để giải quyết các bài toán toàn cầu, khu vực.

4. Nghiên cứu xác định một hệ toạ độ phẳng hợp lý hơn so với hệ thống đang sử dụng, phù hợp với tập quán quốc tế.

Trong 2 năm 1996 và 1997 Tổng cục Địa chính đã quyết định đo lưới GPS cạnh dài độ chính xác cao phủ lên lưới toạ độ truyền thống đã xây dựng, lưới này có tên là lưới toạ độ cơ sở cấp "0". Cuối năm 1998 đến cuối năm 1999 công trình xây dựng hệ quy chiếu và hệ toạ độ quốc gia đã tổ chức nhiều hội thảo quốc gia để thảo luận các kết quả đã đạt được. Các kết quả chủ yếu là: tính toán lại toàn bộ các trị đo GPS; sử dụng các trị đo GPS cấp "0" để kiểm tra các trị đo mặt đất, từ đó phát hiện các khu vực có trị đo không đạt yêu cầu độ chính xác để tiến hành đo bổ sung hoặc đo lại; xây dựng điểm gốc tại Hà Nội và đo nối điểm gốc với lưới cạnh ngắn và lưới cấp "0"; đo toạ độ tuyệt đối trong hệ WGS-84 Quốc tế với độ chính xác toạ độ khoảng 1m tại 7 điểm phân bố đều cả nước; đo nối với lưới toạ độ IGS quốc tế (trong hệ quy chiếu WGS-84 Quốc tế) tại 6 điểm phân bố đều cả nước; xây dựng một tập hợp khá dày đặc các điểm GPS có độ cao thuỷ chuẩn để xây dựng mô hình dị thường độ cao Geoid, tính toán độ lệch dây dọi theo phương pháp nội suy thiên văn - trắc địa - trọng lực; lựa chọn 25 điểm GPS có độ cao thuỷ chuẩn phân bố đều trên địa bàn cả nước để định vị ellipsoid quy chiếu phù hợp tại Việt Nam; lựa chọn hệ quy chiếu quốc gia bao gồm ellipsoid WGS-84, định vị phù hợp tại Việt Nam,

điểm gốc tại Hà Nội, lưới chiếu toạ độ phẳng UTM, danh pháp bản đồ theo hệ hiện hành có ghi chú danh pháp quốc tế; bình sai tổng thể tất cả các loại trị đo của lưới trên hệ WGS-84 Quốc tế và hệ quy chiếu Việt Nam; đánh giá độ chính xác toạ độ, cạnh, phương vị sau bình sai; đưa ra giải pháp hợp lý để chuyển toạ độ giữa các hệ thống đang sử dụng. Cho đến nay tất cả các ý kiến cá nhân cũng như cơ quan điều nhất trí với kết luận trên của công trình.

III. QUÁ TRÌNH ĐO ĐẠC LƯỚI KHỔNG CHẾ TRẮC ĐỊA QUỐC GIA VIỆT NAM

III.1 GIAI ĐOẠN ĐO ĐẠC LƯỚI TAM GIÁC HẠNG I VÀ II MIỀN BẮC

Mạng lưới thiên văn- trắc địa miền Bắc bao gồm 1.035 điểm tam giác hạng I và II tạo thành mạng lưới kiểu dày đặc, trong đó có 339 điểm hạng I, 696 điểm hạng II, 13 cạnh đáy, 28 điểm thiên văn và 13 phương vị Laplace. Các tham số kỹ thuật của lưới tam giác đo góc hạng I và hạng II Miền Bắc như sau: cạnh hạng I có chiều dài trung bình 25 km (cạnh dài nhất là 42 km, cạnh ngắn nhất là 9 km); khoảng cách giữa các đường đáy khoảng 130 km; đo góc trong mạng lưới đã được tiến hành bằng máy kinh vĩ quang học TT-2"/6" và Wild T3 theo phương pháp tổ hợp toàn nhóm; các điểm hạng II được bố trí chủ yếu theo phương pháp chêm lưới vào hạng I; trong 13 cạnh đáy có 7 cạnh được đo trực tiếp bằng máy đo xa điện quang, 6 cạnh còn lại được phát triển theo lưới đường đáy từ đường đáy đo bằng thước dây invar; các điểm thiên văn được bố trí tại hai đầu cạnh đáy, được đo bằng các máy kinh vĩ thiên văn AY 2"/10" và Wild-T4; các trị đo được chiếu lên mặt Ellipsoid quy chiếu Krasowski, sau đó chiếu lên mặt phẳng chiếu Gauss; tính toán bình sai được tiến hành trên mặt phẳng Gauss, lưới hạng I được chia thành 3 khu có độ gói phủ 2 hàng điểm để tính toán bình sai, mỗi khu được bình sai riêng theo phương pháp điều kiện nhiều nhóm Pranhis-Pranhevich; hệ thống toạ độ được xác định trên cơ sở tính chuyển từ điểm Núi Ngũ Lĩnh thuộc lưới của Trung Quốc; mô hình Geoid phục vụ bình sai được xây dựng theo phương pháp đo cao thiên văn-trắc địa, giá trị độ cao Geoid từ 27m đến 39 m, trung bình là 33m; lưới hạng II được bình sai theo phương pháp gián tiếp theo góc.

Mạng lưới được đo đạc từ 1960-1964, tính toán bình sai xong năm 1966. Trên cơ sở mạng lưới này Nhà nước Việt nam đã công bố Hệ toạ độ Hà Nội-1972. Như vậy Hệ toạ độ Hà nội-1972 bao gồm các đặc trưng sau:

- + Ellipsoid quy chiếu Krasovski, mặt chiếu phẳng Gauss - Kruger;
- + Điểm gốc toạ độ được tính chuyển từ hệ thống của Trung quốc sang tại 1 điểm, lưới không được định vị chặt chẽ;
- + Mô hình Geoid của hệ thống này được xây dựng theo phương pháp thiên văn - trắc địa, độ chính xác không cao, chưa đảm bảo chất lượng cao trong xử lý toán học, tính toán độ lệch dây dọi và dị thường độ cao chưa có số liệu trọng lực tham gia;
- + Đây không không phải là một hệ quy chiếu địa phương của một quốc gia mà là hệ quy chiếu chưa được định vị chặt chẽ trong hệ toạ độ của các nước xã hội chủ nghĩa cũ.

III.2 GIAI ĐOẠN ĐO ĐẠC LƯỚI TAM GIÁC HẠNG I BÌNH -TRỊ-THIÊN

Sau ngày thống nhất đất nước, từ 1977-1983, Cục Đo đạc và Bản đồ Nhà nước đã giao nhiệm vụ cho Liên đoàn Đo đạc Đại địa tiến hành đo đạc lưới tam giác hạng I khu vực Bình-Trị-Thiên từ vĩ độ $16^{\circ}10'$ đến $17^{\circ}10'$ nối tiếp lưới Thiên văn-Trắc địa miền Bắc. Lưới gồm 25 điểm, trong đó 3 điểm đo trùng với lưới Thiên văn-Trắc địa miền Bắc và 22 điểm mới được bố trí như là khoá tam giác kép giữa 2 cạnh mở rộng có xác định góc phương vị Laplace, chiều dài cạnh từ 20 km đến 25 km, góc được đo bằng máy kinh vĩ Wild-T3. Các chỉ tiêu kỹ thuật của lưới này đạt như lưới hạng I miền Bắc.

III.3 GIAI ĐOẠN ĐO ĐẠC LƯỚI TAM GIÁC HẠNG II MIỀN TRUNG

Năm 1983, với sự tham gia của chuyên gia Liên xô (cũ) Cục Đo đạc và Bản đồ Nhà nước đã quyết định phương án xây dựng mạng lưới tam giác hạng II dày đặc thay thế cho việc xây dựng mạng lưới tam giác hạng I dày đặc và chêm lưới tam giác hạng II. Tổng số 351 điểm tam giác hạng II đã được xây dựng ở khu vực miền Trung từ vĩ độ $10^{\circ}30'$ đến $16^{\circ}25'$. Chiều dài cạnh từ 10-15 km, góc được đo bằng máy kinh vĩ Wild-T3 và OT-02. Sai số trung phương đo góc tính theo Phererô đạt được nhỏ hơn $1''00$.

Lưới được đo đạc từ năm 1983 đến 1989 theo 8 khu đo: Khu Bình-Trị -Thiên đến Bắc Nghĩa Bình (1983-1984); Khu Nghĩa Bình (1984-1985); Khu Nghĩa Bình-Phú Khánh (1986); Khu Phú Khánh-Thuận Hải (1987); Khu Thuận Hải-Lâm Đồng (1988); Khu Đắc Lắc-Lâm đồng (1989); Khu Gia Lai-Kon Tum (1990-1991); Khu Đồng Nai-Vũng Tàu (1992).

Lưới tam giác hạng II miền Trung được bố trí 16 cạnh đáy đo bằng máy đo xa điện quang AGA-600 với độ chính xác $m_S/S < 1/300.000$. Trên hai đầu các cạnh đáy có đo 26 điểm thiên văn và 13 phương vị thiên văn. Lưới đã được tính toán theo 4 khu như sau: khu 1 bao gồm các khu đo từ 1 đến 5 với 236 điểm dựa trên 2 điểm khởi tính của lưới tam giác hạng I Bình-Trị-Thiên, 5 cạnh đáy, 1 phương vị thiên văn; khu 2 là lưới Đắc Lắc - Lâm đồng gồm 67 điểm và 10 điểm đã xử lý thuộc khu 1; khu 3: là lưới Gia Lai - Kon Tum gồm 82 điểm và 6 điểm đã xử lý thuộc khu 2; khu 4 là lưới Đồng nai - Vũng tàu gồm 37 điểm và 16 điểm đã xử lý ở các khu trước, lưới được bình sai ghép với lưới đường chuyên Đông Nam bộ gồm 50 điểm.

III.4 GIAI ĐOẠN ĐO ĐẠC LƯỚI ĐƯỜNG CHUYÊN HẠNG II NAM BỘ

Lưới khống chế trắc địa khu vực Đồng bằng Nam bộ được thiết kế dưới dạng đường chuyên hạng II. Lưới đường chuyên hạng II Tây Nam bộ gồm 124 điểm được đo đạc trong 2 năm 1988-1989, lưới đường chuyên hạng II Đông Nam bộ gồm 50 điểm được đo đạc trong các năm 1989-1990. Trong các lưới đường chuyên này, đo góc bằng máy kinh vĩ

DKM-3 và Wild-T3, cứ khoảng 10 đến 15 cạnh bố trí đo 1 phương vị thiên văn, cạnh đo bằng máy AGA-600 và DI-20. Thiết bị đo góc, cạnh, phương vị và các tham số kỹ thuật của lưới tương tự như trong lưới đường chuyền hạng II Tây Nam bộ.

Toạ độ khởi tính của các lưới tam giác hạng II miền Trung được chọn theo nguyên tắc: mỗi khu được lấy theo toạ độ bình sai của khu trước. Riêng khu Đồng nai - Vũng tàu được tính toán chung với lưới đường chuyền hạng II Đông Nam bộ có toạ độ khởi tính được tính chuyển từ hệ Indian Datum (UTM) sang hệ HN-72 (Gauss) tại điểm Nhà thờ Hạnh thông Tây. Lưới đường chuyền hạng II Tây Nam bộ cũng có toạ độ khởi tính được tính chuyển từ hệ Indian Datum sang hệ HN-72 tại điểm II-06 (An Giang).

III.5 GIAI ĐOẠN ĐO ĐẠC LƯỚI DOPPLER VỆ TINH

Trong 2 năm 1987 - 1988 hợp tác với Tổng cục Trắc địa Bản đồ Liên Xô (cũ), Cục Đo đạc và Bản đồ Nhà Nước đã xây dựng mạng lưới DOPPLER vệ tinh nhằm mục đích: một là thiết lập trên toàn lãnh thổ một hệ thống toạ độ thống nhất; hai là phủ toạ độ cho vùng biển; ba là nâng cấp độ chính xác cho mạng lưới; năm là định vị hệ quy chiếu Quốc gia và sáu là tạo khả năng liên hệ với các hệ thống toạ độ quốc tế.

Lưới doppler vệ tinh gồm 14 điểm trên đất liền và 4 điểm trên các đảo chính. Lưới được đo bằng 3 máy thu Doppler kiểu CMA của Canada và 1 máy thu kiểu JMR của Mỹ theo phương pháp “translocation” đồng thời trên từng 4 điểm một. Số lượng lần vệ tinh bay qua (pass) đồng thời của các cạnh trên đất liền là từ 23 tới 160, trên biển từ 5 tới 39. Sai số vị trí điểm sau khi bình sai: nhỏ nhất tại điểm TP. Hồ Chí Minh là $m_B = \pm 0''006$, $m_L = \pm 0''005$, $m_h = \pm 0.10m$, lớn nhất tại điểm Phú quốc là $m_B = \pm 0''012$, $m_L = \pm 0''038$, $m_h = \pm 0.84m$.

III.6 GIAI ĐOẠN ĐO LƯỚI GPS CẠNH NGÃN MINH HẢI, SÔNG BÉ, TÂY NGUYÊN

Tại các khu vực đặc biệt khó khăn ở Minh Hải, Sông Bé và Tây Nguyên đã cho thấy không có khả năng xây dựng lưới khống chế toạ độ theo phương pháp

truyền thống. Công nghệ GPS đã được áp dụng với các loại máy thu 1 tần số 4000ST và 2 tần số 4000SST của hãng TRIMBLE. Khu Minh Hải gồm 15 điểm, trong đó 5 điểm trùng với lưới đường chuyền hạng II Tây Nam Bộ; khu Sông Bé gồm 37 điểm, trong đó 8 điểm trùng với lưới tam giác hạng II Đắc Lắc - Lâm Đồng, Đồng Nai - Vũng Tàu và Đông Nam bộ; khu Tây Nguyên gồm 65 điểm, trong đó 6 điểm trùng với lưới tam giác hạng I Bình Trị Thiên, hạng II Quảng Nam - Đà Nẵng - Nghĩa Bình.

Các trị đo được quan trắc theo phương pháp đo tĩnh (static) các baseline với thời gian quan trắc từ 2,5 giờ tới 3,0 giờ. Việc tính toán các baseline được thực hiện bằng phần mềm TRIMVEC + theo chế độ tính bán tự động.

III.7 GIAI ĐOẠN ĐO LƯỚI GPS CẠNH DÀI TRÊN ĐẤT LIỀN VÀ TRÊN BIỂN

Năm 1992 lưới trắc địa biển được xây dựng bằng công nghệ GPS với máy thu GPS 2 tần số 4000SST. Lưới gồm 36 điểm, trong đó 9 điểm thuộc các lưới tam giác, đường chuyền dọc theo bờ biển, 9 điểm trên các đảo lớn độc lập và 18 điểm trên quần đảo Trường sa.

Trên đất liền trong giai đoạn 1992 - 1993 cũng đã xây dựng một lưới GPS cạnh dài tương tự gồm 10 điểm trùng với các điểm của lưới mặt đất. Lưới cạnh dài này được coi như giai đoạn thử nghiệm công nghệ để xây dựng lưới GPS cấp "0" sau này.

Cả lưới GPS cạnh dài trên đất liền và lưới GPS trên biển đã tạo thành một lưới cạnh dài chung phủ trùm cả nước (trên cả đất liền và trên biển). Lưới này có cạnh ngắn nhất là 160 km và dài nhất là 1.200 km. Độ chính xác lưới nói chung là cao hơn so với công nghệ truyền thống nhưng chưa thật cao so với công nghệ GPS (2 tần số) có thể đạt được.

III.8 GIAI ĐOẠN ĐO ĐẠC LƯỚI GPS CẤP "0"

Nhằm mục đích kiểm tra chất lượng của các lưới hạng I và hạng II đã xây dựng, kết nối thống nhất và tăng cường độ chính xác cho các lưới này; tạo công cụ nghiên cứu có độ chính xác cao cho các bài toán trắc địa trên lãnh thổ Việt Nam, trong đó có việc xác định hệ quy chiếu quốc gia; tạo phương tiện để đo nối toạ độ

với các lưới toạ độ khu vực và thế giới; tạo điều kiện đổi mới, phát triển công nghệ xây dựng lưới toạ độ ở Việt Nam; cuối năm 1995 Tổng cục Địa chính đã quyết định xây dựng lưới toạ độ cấp “0” Quốc gia bằng công nghệ GPS cạnh dài (2 tần số) độ chính xác cao. Lưới cấp “0” gồm 69 điểm, trong đó 56 trùng với các điểm toạ độ hạng I và II đã đo. Lưới được đo bằng tổ hợp máy GPS 2 tần số 4000 SST và 4000 SSE. Chiều dài cạnh trung bình giữa các điểm kề nhau là 70 km; cạnh dài nhất là Hà Nội - Tp. Hồ Chí Minh, toàn lưới tạo nên một kết cấu vững chắc về đồ hình. Các trị đo được quan trắc trong thời gian 7 giờ tại các thời điểm có lợi nhất về độ chính xác.

Trong thời gian thi công lưới GPS cấp “0” đã đặt vấn đề xác định một điểm gốc trắc địa quốc gia ở vị trí thuận lợi để bảo vệ và sử dụng lâu dài. Điểm gốc đã lựa chọn trước đây của hệ Hà nội - 72 là điểm tại đài thiên văn Láng không còn phù hợp nữa vì các lý do sau đây bị nhiều nhà cao tầng vây quanh và gần đài phát vô tuyến truyền hình, không có lợi cho ứng dụng công nghệ GPS. Điểm gốc mới được lựa chọn trong khuôn viên của Viện Nghiên cứu Địa chính, đủ điều kiện để trở thành gốc toạ độ, gốc độ cao, gốc thiên văn. Điểm gốc được đo nối với các điểm hạng I và cấp "0" xung quanh.

III.9 GIAI ĐOẠN ĐO ĐẠC HOÀN CHỈNH LƯỚI TOẠ ĐỘ QUỐC GIA

Nhằm mục đích hoàn chỉnh Hệ Quy chiếu và Hệ Toạ độ Quốc gia đã xuất hiện nhu cầu cần đo đạc bổ sung một số trị đo như sau:

- *Đo toạ độ tuyệt đối trong hệ WGS-84 Quốc tế*

Để tạo mối liên hệ toạ độ địa phương với hệ Quốc tế cần thiết phải đo toạ độ trong hệ WGS-84 tại một số điểm bằng máy thu GPS 2 tần số với chế độ quan trắc 24 giờ liên tục. Các điểm có xác định toạ độ tuyệt đối được thiết kế phân bố đều trên toàn lãnh thổ bao gồm 7 điểm. Các trị đo 24 giờ quan trắc vừa sử dụng để tính toạ độ tuyệt đối theo phương pháp "Pseudo-Range" vừa để tính giá số toạ độ của các baseline theo phương pháp "phase-processing". Một mặt các giá số toạ độ được bổ sung vào lưới cấp “0”, mặt khác được sử dụng để kiểm tra các giá trị toạ độ tuyệt đối.

- *Đo bổ sung một số điểm thủy chuẩn hình học vào lưới GPS cấp "0"*

Để đáp ứng nhu cầu định vị ellipsoid quy chiếu địa phương và xây dựng mô hình Geoid chúng ta cần có một mật độ đủ lớn các điểm GPS có độ cao thủy chuẩn được nối với lưới GPS cấp "0". Tổng số gồm 40 điểm độ cao bố trí đều trên toàn lãnh thổ đã được nối với lưới cấp "0" bằng GPS 2 tần số với 3 giờ quan trắc. Ngoài ra một số lưới GPS cạnh ngắn chứa các điểm thủy chuẩn cũng được nối với lưới cấp "0". Tổng hợp lại các dạng đo trên có được một hệ thống điểm GPS có độ cao thủy chuẩn có đủ khả năng giải quyết bài toán định vị ellipsoid quy chiếu và xây dựng mô hình Geoid.

- *Đo bổ sung các phần lưới chưa hoàn chỉnh*

Trong quá trình kiểm tra số liệu mặt đất cũng như tính toán bình sai toàn lưới đã phát hiện nhiều sai số thô. Các sai số này ở dạng độ chính xác đo không đạt yêu cầu hoặc có nhầm lẫn điểm đo trong trường hợp các điểm đo của 2 loại lưới phải trùng nhau. Các trường hợp phải đo bổ sung bao gồm: một điểm cấp "0" ở khu vực Anh Sơn; nối GPS và đường chuyền tại điểm II-150 ở TP Hồ Chí Minh; bổ sung một số điểm dọc tuyến giáp giới giữa lưới GPS cạnh ngắn Tây Nguyên và lưới tam giác hạng II Nghĩa Bình; đo lại 2 điểm tam giác thuộc lưới tam giác hạng II khu vực Bình Thuận.

IV. ĐỊNH VỊ ELLIPSOID VÀ BÌNH SAI TỔNG THỂ LƯỚI TOẠ ĐỘ QUỐC GIA TRÊN ELLIPSOID KRASOVSKI (GIAI ĐOẠN 1992-1994)

Năm 1992 Cục Đo đạc - Bản đồ Nhà nước đã quyết định tiến hành chỉnh lý toán học các số liệu thiên văn - trắc địa - trọng lực - vệ tinh để xác định hệ quy chiếu phù hợp và bình sai toàn lưới toạ độ quốc gia. Đơn vị thực hiện là Trung tâm Lưu trữ Tư liệu Đo đạc - Bản đồ đặt dưới sự chỉ đạo trực tiếp của Ban Chỉ đạo cấp Cục gồm 7 thành viên.

Ban Chỉ đạo đã tổ chức thực hiện các nhiệm vụ sau:

- Xác định Hệ Quy chiếu Quốc gia mới trên cơ sở định vị elipsoid Krasovski và xác định tạo độ điểm gốc phù hợp với lãnh thổ Việt nam.

- Tính toán độ lệch dây dọi và dị thường độ cao tại các điểm tọa độ phục vụ chuyển trị đo về mặt ellipsoid quy chiếu mới.
- Đánh giá hiện trạng các loại lưới khống chế trắc địa quốc gia và thực hiện tính toán bình sai lưới hỗn hợp lưới Thiên văn - Trắc địa - Vệ tinh Quốc gia trong hệ quy chiếu mới.

Nhiệm vụ bắt đầu triển khai vào giữa năm 1992 và kết thúc vào đầu năm 1994 gồm các bước cụ thể sau đây:

IV.1. XỬ LÝ CÁC TRỊ ĐO CỦA LƯỚI TOA ĐỘ QUỐC GIA PHỤC VỤ CHUẨN BỊ SỐ LIỆU CHO CHỈNH LÝ TOÁN HỌC TỔNG THỂ

Trong quá trình xử lý số liệu nói chung công việc đầu tiên là xem xét lại toàn bộ tập hợp dữ liệu, loại bỏ các sai số thô của dữ liệu và xác định tập hợp dữ liệu đủ tin cậy để đáp ứng mục đích xử lý. Các trị đo đưa vào xem xét bao gồm:

- Toàn bộ tài liệu đo ngoại nghiệp của 1035 điểm tam giác thuộc lưới tam giác hạng I và hạng II miền Bắc (đo trong giai đoạn 1960-1966), trong đó có 339 điểm tam giác hạng I và 696 điểm tam giác hạng II.
- Toàn bộ tài liệu đo ngoại nghiệp thuộc lưới tam giác hạng I và hạng II miền Trung (đo trong giai đoạn 1977-1992), trong đó có 22 điểm tam giác hạng I và 428 điểm tam giác hạng II.
- Toàn bộ tài liệu đo ngoại nghiệp thuộc lưới đường chuyền hạng II của khu vực miền Nam (đo trong giai đoạn 1984-1989), trong đó có 174 điểm thuộc lưới đường chuyền hạng II Đông Nam Bộ và Tây Nam Bộ.
 - Tài liệu đo Dopler vệ tinh gồm 19 điểm trong giai đoạn 1989-1992.
 - Các tài liệu đo thiên văn, đường đáy toàn quốc trong giai đoạn 1960-1992.
 - Các tài liệu đo GPS cạnh dài toàn quốc thực hiện trong giai đoạn 1992 - 1993.
 - Các tài liệu đo GPS của các khu vực Minh Hải, Sông Bé, Tây Nguyên 1991-1993: 65 điểm khu Tây Nguyên (trong đó 4 điểm trùng với lưới tam giác hạng II), 37 điểm khu Sông Bé (trong đó 10 điểm trùng với lưới tam giác - đường chuyền

hạng II), 15 điểm khu Minh Hải (trong đó 5 điểm trùng với lưới đường chuyền hạng II).

Quá trình xử lý các trị đo ngoại nghiệp để lựa chọn các trị đo hữu ích được tiến hành riêng cho các loại lưới sau đây:

IV.1.1. Xử lý tài liệu ngoại nghiệp đối với lưới tam giác đo góc miền Bắc.

IV.1.2. Xử lý tài liệu ngoại nghiệp đối với lưới tam giác đo góc miền Trung.

Lưới tam giác hạng II miền Trung được đo đạc ngoại nghiệp từ 1977 đến 1992 bao gồm nhiều khu đo gối nhau, có những điểm tới 3 trạm đo nên khi tính toán khái lược phải kết hợp các số liệu cũ và mới để tiến hành bình sai trạm đo. Lưới tam giác khu vực miền Trung chia làm các khu nhỏ để tính toán kiểm tra số liệu và tính toán khái lược

Chất lượng và kết quả bình sai các khu được thống kê trong bảng dưới đây:

Bảng IV.1.1: Chất lượng lưới tam giác hạng II miền Trung trong bình sai sơ bộ

KHU ĐO	Sai số trung phương trọng số đơn vị	Sai số trung phương đo hướng	Sai số trung phương đo phương vị	Sai số trung phương đo cạnh đáy
Khu 7	0"93	0"93	0"05	0.007 m
Khu 8	1"04	1"04	0"05	0.008 m
Khu 9	1"03	1"03	0"05	0.007 m
Khu 10	0"90	0"90	0"05	0.005 m

III.1.3. Xử lý tài liệu ngoại nghiệp đối với lưới đường chuyền hạng II miền Nam

Tài liệu ngoại nghiệp khu vực miền Nam là lưới đường chuyền hạng với tổng số 174 điểm, trong đó 50 điểm thuộc lưới Đông Nam Bộ và 124 điểm thuộc lưới Tây Nam Bộ. Hai lưới này được kiểm tra tài liệu ngoại nghiệp ngay sau khi hoàn thành đo đạc ngoại nghiệp.

Kết quả về độ chính xác sau khi bình sai sơ bộ toàn lưới này như sau:

- Sai số trung phương đơn vị trọng số 0"92;

- Sai số trung phương đo hướng 0"92;
- Sai số trung phương phương vị 0"46;
- Sai số trung phương đo cạnh 0.046 m;
- Sai khép góc, phương vị, tọa độ đều nhỏ hơn hạn sai cho phép.

IV.1.4. Xử lý tài liệu ngoại nghiệp đối với các lưới GPS

Cho đến năm 1994 chúng ta có 3 lưới GPS cạnh ngắn Tây nguyên, Sông bé, Minh hải và lưới GPS cạnh dài trên đất liền và trên biển. Trị đo của các lưới này ở dạng các baseline được xử lý riêng biệt bằng phần mềm Trimvec + của hãng Trimble Navigation. Dựa vào các điểm trùng nhau giữa các lưới GPS và các lưới mặt đất (các lưới mặt đất đã có tọa độ khái lược được tính toán ở trên) có thể chuyển các baseline về thành trị đo trên mặt ellipsoid quy chiếu cũng như mặt phẳng Gauss - Kruger.

Sau khi xử lý khái lược các baseline, mỗi baseline được biểu diễn bằng một véc-tơ gia số tọa độ vuông góc không gian ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$). Việc chuyển các baseline về thành trị đo trên ellipsoid quy chiếu và trên mặt phẳng được thực hiện theo trình tự sau:

1. Dựa vào tọa độ (B, L, H) 1 điểm của lưới GPS có tọa độ khái lược của lưới mặt đất (điểm trùng nhau của 2 lưới) để tính tọa độ khái lược (X, Y, Z), thành phần H chỉ cần tính gần đúng tới vài mét vì không có ảnh hưởng đáng kể khi chiếu trị đo về ellipsoid.

2. Từ tọa độ khái lược (X, Y, Z) của 1 điểm có thể tính tọa độ khái lược (X_i, Y_i, Z_i) của tất cả các điểm trong lưới thông qua véc-tơ baseline ($\Delta X_{ij}, \Delta Y_{ij}, \Delta Z_{ij}$).

3. Từ tọa độ (X_i, Y_i, Z_i) và véc-tơ baseline ($\Delta X_{ij}, \Delta Y_{ij}, \Delta Z_{ij}$) có thể tính được tọa độ khái lược (B_i, L_i) và trị đo cạnh S_{ij} , phương vị A_{ij} giữa điểm i và j tương đương như một trị đo mặt đất.

4. Tiếp tục có thể tính được tọa độ khái lược (x_i, y_i) và trị đo cạnh s_{ij} , phương vị α_{ij} giữa điểm i và j trong hệ tọa độ phẳng Gauss - Kruger.

Toàn bộ các trị đo GPS cạnh ngắn của 3 lưới Tây nguyên, Sông bé, Minh hải đều chấp nhận được đưa vào bình sai tổng thể. Đối với lưới GPS cạnh dài trên đất liền và trên biển chỉ lựa chọn một số trị đo có độ phù hợp cao được xác định thông qua việc tính thử nghiệm một số phương án.

IV.1.5. Xử lý tài liệu ngoại nghiệp đối với lưới Doppler vệ tinh

Như trên giới thiệu lưới Doppler vệ tinh được quan trắc với độ chính xác không đồng đều. Toàn lưới đã được xử lý toán học trong hệ toạ độ quốc tế WGS-72 và cho đến nay chúng ta không có các véc-tơ đo mà chỉ có toạ độ sau bình sai.

Khảo sát một số véc-tơ gia số toạ độ (ΔX_{ij} , ΔY_{ij} , ΔZ_{ij}) trên các cạnh đo có độ chính xác cao có thể tính cạnh S_{ij} , phương vị A_{ij} giữa điểm i và j , được coi như số liệu gốc trong bình sai hỗn hợp toàn lưới.

IV.2. XỬ LÝ TOÁN HỌC CHO BƯỚC CHUẨN BỊ BÌNH SAI TỔNG THỂ LƯỚI THIÊN VĂN - TRẮC ĐỊA - VỆ TINH

Quá trình trên đây đã được thực hiện bao gồm việc kiểm tra chất lượng các trị đo kết hợp với tính toán khái lược và bình sai sơ bộ các lưới mặt đất và vệ tinh bao gồm tam giác hạng I, tam giác hạng II, đường chuyền hạng II, GPS cạnh ngắn, GPS cạnh dài, Doppler. Tổng kết lại các yếu tố tham gia bình sai toàn lưới hỗn hợp được thống kê trong bảng sau:

Bảng IV.2.1: Các trị đo tham gia bình sai lưới hỗn hợp

Yếu tố	Tổng số	Số được chấp nhận	Số bị loại bỏ	Lý do loại bỏ
Điểm	1737	1737	0	
Toạ độ thiên văn	68	66	2	Mất mốc
Phương vị thiên văn	34	31	3	Sai khép vượt hạn và không tìm thấy số liệu gốc
Cạnh đáy	31	25	6	
Cạnh đường chuyền	220	212	8	
Hướng tam giác	9140	9140	0	
Hướng đường chuyền	492	492	0	
Baseline GPS k/c ngắn	281	279	2	Trùng cạnh đường chuyền

Baseline GPS k/c dài và Doppler	86	20		<i>Không phù hợp độ chính xác</i>
---------------------------------	----	----	--	-----------------------------------

Trước khi tiến hành tính toán bình sai tổng thể cần phải nghiên cứu và xác định các yếu tố cơ bản sau :

- 1 - Xác định ellipsoid quy chiếu và phép chiếu toạ độ phẳng.
- 2 - Xác định điểm gốc toạ độ.
- 3 - Xác định trọng số của các nhóm trị đo.
- 4 - Xác định phương pháp bình sai.

Trong các phần dưới đây sẽ trình bày chi tiết từng nội dung.

IV.2.1. Định vị ellipsoid quy chiếu và xác định điểm gốc toạ độ

Việc xác định điểm gốc toạ độ Quốc gia liên quan đến việc định vị ellipsoid quy chiếu. Vấn đề lựa chọn ellipsoid quy chiếu đã được Cục đo đạc và bản đồ Nhà nước quyết định là ellipsoid Krasovski định vị phù hợp với lãnh thổ Việt Nam (Quyết định số 92/QĐ ngày 27-5-1992).

Phương án định vị ellipsoid quy chiếu do GS. TS. Phạm Hoàng Lân đề xuất và thực hiện trên cơ sở sử dụng các điểm Doppler vệ tinh. Toàn bộ quá trình định vị ellipsoid được thực hiện theo các bước cơ bản sau :

1. Dựa vào kết quả toạ độ 15 điểm Doppler (trừ 3 điểm trên đảo và điểm Pleiku vì chưa có lưới GPS cạnh gần), tiến hành xác định các tham số định vị ellipsoid Krasovski đối với ellipsoid chung của trái đất. Bài toán định vị được sử dụng là tổng bình phương dị thường độ cao tại 15 điểm Doppler đạt giá trị nhỏ nhất:

$$\sum_1^{15} \zeta^2 = \min \quad (\text{IV.2.1})$$

Nghiệm bài toán cho các kết quả sau:

- Các yếu tố định vị trong: $X_0 = -160,69 \text{ m}$; $Y_0 = -137,91 \text{ m}$; $Z_0 = -133,648 \text{ m}$
- Các yếu tố định vị ngoài: $\Delta_\xi = 2''96$; $\Delta_\eta = -6''21$; $\Delta_\zeta = -20.62 \text{ m}$
- Sai số trọng số đơn vị: $M_0 = 2.09$
- Sai số xác định các yếu tố định vị ngoài: $M_{\Delta_\xi} = 0''23$; $M_{\Delta_\eta} = 0''58$; $M_{\Delta_\zeta} = 0.97$

m

- Điểm gốc trắc địa Quốc gia: Điểm Đài Khí tượng Láng (Hà nội), số hiệu 10405

2. Xác định toạ độ điểm gốc trắc địa Quốc gia:

Về nguyên tắc nếu tất cả 15 điểm Doppler đều trùng tâm với các điểm mặt đất và đạt độ chính xác cao hơn nhiều lần các trị đo của lưới mặt đất thì sau khi định vị có thể xác định ngay được giá trị toạ độ điểm gốc trắc địa tại điểm 10405 (Đài Khí tượng Láng). Tại 15 điểm Doppler sau khi chuyển toạ độ về hệ quy chiếu đã định vị và quy tâm về các điểm lưới mặt đất cũng có độ lệch so với toạ độ các điểm của lưới hỗn hợp sau bình sai, độ lệch này có độ lớn cỡ sai số của phương pháp vệ tinh Doppler, cụ thể độ lệch trung bình là $\Delta B_{tb} = -0''057$, $\Delta L_{tb} = +0''0789$. Độ lệch này được phân phối theo nguyên tắc trung bình và sau đó tính lại độ lệch tại điểm gốc trắc địa Quốc gia. Công việc tính toán cụ thể được thực hiện dựa trên các công thức tính toạ độ trắc địa (B, L, H) theo toạ độ vuông góc không gian (X, Y, Z), tính toạ độ vuông góc không gian (X, Y, Z) theo toạ độ trắc địa (B, L, H)

Cuối cùng có được số hiệu chỉnh toạ độ điểm gốc trắc địa Quốc gia là:

$$\begin{cases} \Delta B_o = -0''029 \\ \Delta L_o = -0''019 \\ \Delta H_o = -0.194\text{m} \end{cases}$$

3. Sau định vị ellipsoid quy chiếu tiến hành xác định toạ độ trắc địa trên ellipsoid Krasovski của 15 điểm Doppler và toạ độ trắc địa của 66 điểm thiên văn. Tại các điểm định vị (tức là 15 điểm Doppler phủ trùm lãnh thổ) có dị thường độ cao ζ khá nhỏ, biến động trong khoảng ± 3.68 m, cụ thể là:

$$\zeta_{\max} = +3.68 \text{ m} \quad \text{tại điểm Hà nội;}$$

$$\zeta_{\min} = -3.68 \text{ m} \quad \text{tại điểm Đồng hới.}$$

IV.2.2. Tính độ lệch dây dọi và dị thường độ cao tại các điểm của lưới toạ độ

Việc tính toán độ lệch dây dọi và dị thường độ cao tại các điểm của lưới toạ độ nhằm phục vụ tính chuyển các trị đo về hệ quy chiếu mới xác định. Phần việc này do GS. TS. Phạm Hoàng Lân nghiên cứu và tổ chức thực hiện.

1. Toàn bộ số liệu trọng lực mặt đất đã có, cùng với các số liệu trọng lực theo mô hình trọng trường trái đất trên cơ sở các ô có kích thước 5'X5' phủ kín lãnh thổ và độ cao trung bình cho từng ô kích thước 5'X5' theo bản đồ địa hình tỉ lệ 1:50000 UTM phủ trùm cả nước được kiểm tra kỹ và sử dụng làm số liệu để tính toán giá trị độ lệch dây dọi trọng lực theo chương trình YKL và giá trị dị thường độ cao theo chương trình GEOID (các chương trình này của Liên xô cũ). Kết quả của chương trình tính toán cho giá trị ξ , η , ζ trọng lực tại các ô 5'X5' nói trên.

2. Nội suy giá trị độ lệch dây dọi và dị thường độ cao trọng lực cho các điểm hạng I và hạng II Nhà nước được thực hiện bằng chương trình máy tính trên cơ sở các giá trị ξ , η , ζ trọng lực trên các ô 5'X5' nói trên.

3. Tính toán nội suy độ lệch dây dọi và dị thường độ cao thiên văn - trắc địa được thực hiện bằng phương pháp nội suy thiên văn - trọng lực truyền thống.

Tại 66 điểm thiên văn có thể tính được ξ , η thiên văn - trắc địa và ký hiệu là ξ_{tv-td} , η_{tv-td} . Đồng thời tại các điểm này cũng đã có ξ , η trọng lực được ký hiệu là ξ_{tl} , η_{tl} . Giá trị độ lệch $\delta\xi = \xi_{tv-td} - \xi_{tl}$ và $\delta\eta = \eta_{tv-td} - \eta_{tl}$ có quy luật biến đổi tuyến tính giữa các điểm thiên văn, từ đó có thể nội suy tuyến tính để tìm giá trị $\delta\xi$, $\delta\eta$ cho tất cả các điểm mặt đất.

Tính toán dị thường độ cao thiên văn - trắc địa được thực hiện theo phương pháp đo cao thiên văn - trọng lực. Giá trị ζ_{tv-td} được tính theo tích phân số thông qua các giá trị ξ_{tv-td} và η_{tv-td} tại các điểm mặt đất đã được tính ở trên. Công thức tích phân có dạng:

$$\zeta_p = \zeta_o - \int_0^p (\xi \cdot \cos A + \eta \cdot \sin A) ds - \int_0^p \frac{\Delta g}{\gamma} dn \quad (\text{IV.2.2})$$

trong đó: A là phương vị, Δg là dị thường trọng lực, γ là giá trị trọng lực thường, ds là vi phân chiều dài, dn là vi phân pháp tuyến.

Tính toán cụ thể được thực hiện bằng chương trình máy tính và giá trị (ζ , ξ , η) được thể hiện bằng bản đồ đường đẳng trị.

IV.2.3. Xác định hệ tọa độ phẳng

Theo quyết định của Cục Đo đạc - Bản đồ Nhà nước, tiếp tục sử dụng lưới chiếu Gauss - Kruger để xây dựng hệ tọa độ phẳng quốc gia. Hệ thống múi chiếu, chia mảnh bản đồ và danh pháp bản đồ không thay đổi so với các quy định trước đây.

Phương án bình sai tổng thể toàn lưới hỗn hợp thiên văn - trắc địa - vệ tinh được kiến nghị thực hiện trong hệ thống tọa độ phẳng. Vì vậy toàn bộ số liệu đo đạc được tính chuyển về bề mặt ellipsoid Krasovski đã định vị và sau đó tính chuyển về mặt phẳng Gauss - Kruger.

IV.2.4. Xác định trọng số đo hướng, cạnh và phương vị trong bình sai tổng thể lưới Thiên văn - Trắc địa - Vệ Tinh

Trong toàn lưới Thiên văn - Trắc địa - Vệ Tinh bao gồm 9632 trị đo hướng hạng I và hạng II của lưới mặt đất, 212 trị đo cạnh hạng II, 13 cạnh đáy hạng I, 12 cạnh đáy hạng II, 31 phương vị thiên văn, 20 cạnh dài Doppler và GPS (hai tần số), 279 cạnh GPS (1 tần số).

1. Tính trọng số cho hướng đo

Việc xác định trọng số cho các hướng đo hạng I, hạng II và hướng trùng giữa hạng I và II được tính theo sai số đo hướng như sau: Hướng hạng I: $m_I = 0''7$; Hướng hạng II: $m_{II} = 1''0$; Hướng trùng giữa hạng I và hạng II: $m_{I-II} = \frac{1}{2}\sqrt{m_I^2 + m_{II}^2} = 0''61$

2. Tính trọng số cho cạnh đo

Trọng số đo cạnh được tính theo độ chính xác của trị đo cạnh đường chuyền bằng máy đo khoảng cách AGA. Sai số tương đối trung bình đạt $m_s/s = 1/200.000$, với cạnh đường truyền trung bình khoảng 10 km, vậy sai số cạnh tuyệt đối trung bình đạt 0,05 m.

3. Tính trọng số cho cạnh đáy

Trọng số của các cạnh đáy được tính dựa trên sai số đo cạnh tương đối $m_s/s = 1/400.000$. Tương ứng chiều dài từng cạnh đáy sẽ tính được sai số đo từng cạnh.

4. Tính trọng số cho phương vị

Trọng số của phương vị thiên văn được tính theo sai số đo phương vị thiên văn. Về lý thuyết cũng như thực tiễn, phương vị thiên văn trong lưới đạt được sai số đo $m_{\alpha}=0''5$.

5. Tính trọng số cho cạnh và phương vị các trị đo GPS

Sau khi xử lý các baseline chúng ta đều có sai số đo tương ứng. Từ sai số đo gia số toạ độ có thể tính được sai số m_s , m_{α} và $m_{\Delta H}$ theo sai số đo gia số toạ độ. Mặt khác các sai số đo này cũng được kiểm tra lại bằng bình sai từng lưới GPS độc lập. Từ đây có thể chọn trọng số theo các sai số đo m_s , m_{α} của từng cạnh.

6. Tính trọng số cho cạnh đo DOPPLER

Hiện nay chỉ có giá trị các cạnh đo Doppler sau bình sai lưới Doppler độc lập. Chúng ta không có giá trị cạnh đo và sai số đo tương ứng. Các cạnh Doppler được đưa vào như những số liệu gốc sau khi thực hiện các tính toán thử nghiệm để lựa chọn các cạnh đo có độ chính xác cao.

IV.3. BÌNH SAI TỔNG THỂ LƯỚI THIÊN VĂN - TRẮC ĐỊA - VỆ TINH

IV.3.1. Lựa chọn phương pháp bình sai

Cục đo đạc và bản đồ Nhà nước đã chấp nhận và cho sử dụng phương pháp bình sai chia khu Helmert mở rộng do PGS. TS. Hoàng Ngọc Hà và PTS. Bùi Quang Trung chủ trì thực hiện.

Công việc bình sai tổng thể lưới Thiên văn - Trắc địa - Vệ tinh được tiến hành từ tháng 11 - 1992 đến tháng 2 - 1994.

IV.3.2. Các phương án bình sai

Trong quá trình nghiên cứu đã tiến hành bình sai thử nghiệm theo 5 phương án sau:

- Phương án 1: Chỉ bình sai riêng lưới gồm các trị đo mặt đất.
- Phương án 2: Bình sai lưới gồm các trị đo mặt đất và các trị đo Doppler-GPS cạnh dài.
- Phương án 3: Bình sai tổng thể lưới gồm các trị đo mặt đất, các trị đo Doppler & GPS cạnh dài, các trị đo GPS cạnh ngắn tham gia với tư cách

là hướng đo (qui đổi hướng theo tài liệu tính của Trung tâm Tư liệu Đo đạc - Bản đồ).

- Phương án 4: Bình sai tổng thể lưới gồm các trị đo mặt đất, các trị đo Doppler & GPS cạnh dài, các trị đo GPS cạnh ngắn tham gia với tư cách là hướng đo (qui đổi hướng theo tài liệu tính của Liên hiệp Khoa học Sản xuất Trắc địa - Bản đồ).
- Phương án 5 - Phương án chính thức: Bình sai tổng thể lưới Thiên văn - Trắc địa - Vệ tinh gồm các trị đo mặt đất, các trị đo Doppler & GPS cạnh dài, các trị đo GPS cạnh ngắn tham gia với tư cách là trị đo cạnh và phương vỹ.

IV.3.3. Phương án bình sai chính thức

Phương án bình sai chính thức được chia khối như mô tả trong bảng IV.3.2 sau đây:

Bảng IV.3.2: Chi tiêu kỹ thuật chia khối trong phương án bình sai chính thức

Số TT khối	Tổng số điểm	Tổng số hướng đo	Tổng số cạnh đo	Tổng số phương vỹ
1	209	1363	2	2
2	241	1625	3	4
3	193	1295	2	2
4	173	1086	1	1
5	246	1392	9	3
6	314	1736	20	3
7	194	367	300	116
8	59	0	161	161
9	107	768	38	39

Khối 9 là khối điều khiển bao gồm các điểm nằm trên đường biên giữa các khối liên quan với nhau, các điểm Doppler, GPS cạnh dài và các điểm thiên văn trùng với các điểm trên.

Điểm gốc tọa độ bình sai là điểm Đài khí tượng Láng có số hiệu 10405. Tổng số điểm tham gia bình sai là 1737 điểm.

Quá trình bình sai được thực hiện trên máy tính có độ chính xác cao bằng phương pháp tính lặp để giải phương trình chuẩn và tìm nghiệm của phương trình chuẩn. Điều kiện chấp nhận nghiệm là độ lệch tọa độ giữa lần giải thứ n và thứ $n-1$ nhỏ hơn 1% milimét ($\|\mathbf{X}_n - \mathbf{X}_{n-1}\| < 10^{-5}$).

Kết quả bình sai của phương án này như sau:

- Sai số trung phương đo hướng hạng I đạt 0"63
- Sai số trung phương đo hướng hạng II đạt 0"90
- Sai số trung phương đo phương vị đạt 0"45
- Sai số trung phương đo cạnh hạng II đạt 0,066 m.

Phân bố số hiệu chỉnh hướng đạt quy luật phân bố chuẩn.

Sau bình sai toàn bộ sai số trung phương đo hướng, đo cạnh, đo phương vị đều đạt hạn sai cho phép. Tất cả các điểm đều được đánh giá sai số vị trí điểm M_x , M_y , M so với tọa độ điểm gốc 10405 - Hà nội (Đài khí tượng Láng). Sai số vị trí điểm yếu nhất của mạng lưới là điểm 04921 (điểm ngã ba biên giới Việt Nam - Trung Quốc - Lào):

$$M_x=0,407 \text{ m}; \quad M_y=0,431 \text{ m}; \quad M=0,592 \text{ m}.$$

Khu vực miền Trung có sai số vị trí điểm khoảng 0,1 m - 0,3 m; khu vực Minh Hải (cực Nam của đất nước) có sai số vị trí điểm khoảng 0,1 m - 0,2 m.

IV.4. MỘT SỐ NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN VỀ KẾT QUẢ BÌNH SAI TỔNG THỂ LƯỚI THIÊN VĂN- TRẮC ĐỊA GIAI ĐOẠN 1992-1994

IV.4.1. Kiểm tra kết quả bình sai bằng các lưới GPS hạng III

Trong thời gian sau năm 1994 Tổng cục Địa chính đã cho thi công hàng loạt lưới địa chính cơ sở (tương đương hạng III) bằng công nghệ GPS. Các lưới này đạt độ chính xác nội bộ khá tốt và mỗi lưới đều có nhiều điểm trùng với các điểm tọa độ hạng I và hạng II. Về mặt thực tiễn có thể sử dụng các lưới địa chính cơ sở đo bằng GPS để kiểm tra kết quả tọa độ bình sai lưới Quốc gia bằng cách: bình sai lưới địa chính cơ sở theo một điểm gốc ở trung tâm lưới trong hệ tọa độ mới, sau đó tiến

hành so sánh toạ độ bình sai lưới với toạ độ quốc gia tại các điểm trùng nhau. Kết quả tính các độ lệch toạ độ được thống kê trong bảng IV.4.1 dưới đây:

Bảng IV.4.1: Độ lệch toạ độ so với một số lưới GPS hạng III

Lưới địa chính cơ sở	ΔB (mét)				ΔL (mét)			
	Số giá trị		ΔB_{\min}	ΔB_{\max}	Số giá trị		ΔL_{\min}	ΔL_{\max}
	-	+			-	+		
Cần thơ	13	1	-0,28	+0,11	9	5	-0,46	+0,13
Đắc lắc	1	3	-0,04	+0,40	4	0	-0,69	+0,10
Hàm tân	8	2	-0,93	+0,40	6	4	-0,84	+1,06
Long an	10	7	-0,34	+0,27	5	12	-0,21	+0,33
Nam hà	5	8	-0,05	+0,08	8	5	-0,18	+0,15
Quảng Nam	11	16	-0,20	+0,40	9	18	-0,16	+0,31
Tp H.C.Minh	8	6	-0,50	+0,38	5	9	-0,15	+0,88

Nhìn vào bảng trên có thể thấy độ lệch giữa 2 toạ độ ở khu vực miền Bắc khá nhỏ, điều này cho thấy chúng có thể yên tâm với kết quả đo mặt đất của lưới miền Bắc. Độ lệch toạ độ ở một số khu vực miền Trung và miền Nam rất đáng kể như Đắc lắc, Hàm tân, Tp. Hồ Chí Minh, điều này cho thấy cần có biện pháp kiểm tra kỹ lưỡng hơn kết quả đo của các lưới GPS và lưới mặt đất hạng II do ta triển khai sau ngày miền Nam giải phóng.

IV.4.2 Kết luận

Từ những mô tả, phân tích và so sánh trong phần này có thể rút ra một số kết luận sau đây:

Phương pháp xử lý toán học đạt ra trong giai đoạn này là phù hợp, kết quả hợp lý, trong đó cần ghi nhận rằng những công cụ xử lý kết hợp lưới mặt đất với các lưới vệ tinh còn chưa đủ mạnh, phân tích trọng số các nhóm trị đo chưa sâu sắc, phân tích độ chính xác sau bình sai chưa toàn diện.

Việc lựa chọn hệ quy chiếu là Ellipsoid Krasovski định vị tại Việt nam và lưới chiếu toạ độ phẳng Gauss - Kruger còn phải thảo luận thêm khi chúng ta đang

phải đứng trước nhu cầu của các ngành về kết nối số liệu với quốc tế ngày càng cao và thực tiễn ứng dụng rộng khắp công nghệ GPS. Như vậy cần thảo luận thêm về phương án lựa chọn hệ quy chiếu là Ellipsoid WGS-84 (Quốc tế hoặc định vị tại Việt Nam) và lưới chiếu toạ độ phẳng trụ ngang tổng quát.

Phương pháp tính toán độ lệch dây dọi và dị thường độ cao theo phương pháp thiên văn - trắc địa - trọng lực trong hoàn cảnh nước ta còn thiếu nhiều số liệu trọng lực đã cho kết quả tốt, đủ độ chính xác để tính chuyển các trị đo về hệ quy chiếu mới; mặc dù vậy cần nghiên cứu những giải pháp tốt hơn để tính dị thường độ cao khi có một tập hợp khá lớn điểm GPS có độ cao thuỷ chuẩn (có dị thường độ cao thực).

Các trị đo mặt đất của phần lưới miền Bắc có độ chính xác khá cao, hoàn toàn đủ độ tin cậy; các trị đo mặt đất của các phần lưới miền Trung và miền Nam có độ tin cậy không đồng đều, một số vị trí có độ tin cậy yếu. Việc tìm kiếm các biện pháp khác để gia cố độ chính xác lưới mặt đất là một nhu cầu thực tiễn nhằm làm cho hệ thống toạ độ quốc gia có độ chính xác cao hơn.

Các trị đo GPS đã tham gia vào lưới toạ độ quốc gia, đánh dấu bước phát triển trong công nghệ đo lưới ở Việt nam nhưng trong giai đoạn này độ chính xác còn nhiều hạn chế so với mặt bằng công nghệ GPS hiện nay, việc xử lý hỗn hợp lưới mặt đất và lưới GPS lần đầu tiên được tiến hành ở nước ta, nên còn thiếu các công cụ hữu hiệu nhằm khai thác triệt để thế mạnh của công nghệ GPS.

Để hoàn chỉnh hệ quy chiếu và hệ toạ độ quốc gia nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển của thế kỷ sau, cần nghiên cứu một giải pháp hữu hiệu nhằm nâng cao độ chính xác toàn bộ hệ thống, đảm bảo mối liên hệ thuận lợi với các hệ toạ độ quốc tế và khu vực, đáp ứng nhu cầu phát triển công nghệ mới về đo đạc - bản đồ.

V. XÂY DỰNG HỆ QUY CHIẾU VÀ HỆ TOẠ ĐỘ QUỐC GIA.

VN-2000 (GIAI ĐOẠN 1995-1999)

V.1 XỬ LÝ SỐ LIỆU LƯỚI TOẠ ĐỘ QUỐC GIA TRÊN HỆ QUY CHIẾU WGS-84 QUỐC TẾ

Vấn đề được đặt ra trong phần này là tiến hành xử lý toán học Hệ Toạ độ Quốc gia trong Hệ Quy chiếu Quốc tế WGS-84. Nội dung cụ thể bao gồm các bài toán sau:

1. Dựa vào các trị đo GPS cạnh dài trong lưới cấp "0" tiến hành đánh giá lại chất lượng các loại trị đo đã thực hiện, quyết định loại bỏ các trị đo có chất lượng thấp và đo bổ sung các trị đo mới, quyết định tập hợp trị đo tham gia vào xử lý số liệu.
2. Xác định mối liên hệ của Hệ Toạ độ Quốc gia với Hệ Quy chiếu Quốc tế WGS-84.
3. Tính toán dị thường độ cao và độ lệch dây dọi (ξ , η , ζ) đối với Hệ Quy chiếu WGS-84 Quốc tế.
4. Chuyển các trị đo từ mặt đất tự nhiên về Hệ Quy chiếu WGS-84 Quốc tế, tính toán toạ độ gần đúng, chuẩn bị phương án tính toán bình sai.
5. Bình sai theo phương pháp phù hợp để chỉnh lý Lưới Trắc địa Quốc gia gồm nhiều thể loại trị đo.
6. Phân tích độ chính xác các yếu tố của Lưới Trắc địa Quốc gia.

V.1.1. Phân tích độ chính xác đo, loại trừ sai số thô, quyết định đo bổ sung và lựa chọn trị đo đủ tiêu chuẩn tham gia bình sai

Lưới Toạ độ Quốc gia Việt Nam là dạng lưới hỗn hợp được tạo thành từ nhiều lưới khác nhau theo tính chất của trị đo hoặc theo khu vực địa lý, được triển khai trong thời gian dài bằng nhiều thể loại công nghệ khác nhau. Chính vì lý do này nên đầu tiên chúng ta phải tiến hành kiểm tra lại trị đo của từng lưới thành phần bằng cách bình sai riêng từng lưới trong một hệ quy chiếu phù hợp và bình sai có kết hợp với lưới cấp "0" để: một là phát hiện các sai số thô cần loại, hai là đánh giá độ tin cậy của các lưới thành phần và đưa ra phương án đo bổ sung, ba là xác định sai số đo của từng nhóm trị đo phục vụ xác định trọng số "tiên nghiệm" (priory).

Việc kiểm tra các trị đo trong lưới mặt đất truyền thống đã được tiến hành khá triệt để. Giai đoạn tính toán bình sai 1992 - 1994 đã tiến hành rà soát lại tất cả các trị đo, kiểm tra sai khớp các điều kiện hình học, bình sai riêng từng lưới thành phần trên mặt phẳng Gauss. Quá trình này đã loại bớt một số trị đo không đạt yêu cầu độ chính xác. Giai đoạn tính toán 1997 - 1999 tiến hành trước hết việc xử lý lại các trị đo vệ tinh GPS thực hiện trước năm 1997 bằng thuật toán "Wave Processor" với toạ độ gần đúng trong hệ WGS-84 Quốc tế nhằm nâng cao độ chính xác so với thuật toán Trimvec + trước đây. Sau đó tiếp tục tiến hành rà soát lại một lần nữa sai số khớp các điều kiện hình học, bình sai riêng từng lưới thành phần trên mặt ellipsoid, tính toán bình sai kết hợp với lưới GPS cấp "0". Việc đưa thành phần lưới cấp "0" vào kiểm tra đã phát hiện thêm một số trị đo có độ chính xác yếu cần loại bỏ. Sau khi tính toán bổ sung và kiểm tra từng lưới riêng biệt, việc phân tích sai số đo còn được lặp lại một lần nữa trong quá trình bình sai lưới hỗn hợp, lúc này sẽ quyết định loại từng trị đo nếu trị đo đó phá vỡ độ ổn định của toàn lưới.

Các kết quả sau đây đã được rút ra từ quá trình tính toán kiểm định nói trên:

- Xác định được sai số đo hợp lý cho từng nhóm trị đo mặt đất để giải quyết tốt bài toán trọng số trong bình sai lưới hỗn hợp.
- Xác định toạ độ khái lược các điểm của lưới trong Hệ Quy chiếu WGS-84 Quốc tế.
- Loại bỏ các trị đo, các phần lưới có độ tin cậy thấp cần đo bổ sung.

V.1.2 Liên hệ toạ độ với hệ thống WGS - 84 Quốc tế

Để tìm mối liên kết của các điểm toạ độ địa phương với hệ Quy chiếu WGS-84 Quốc tế chương trình này thực hiện theo 2 cách: một là đo GPS độc lập theo 24 giờ quan trắc tại một số điểm của lưới cấp "0", hai là tiến hành đo nối toạ độ một số điểm của lưới cấp "0" với các lưới toạ độ quốc tế.

a. Đo toạ độ tuyệt đối trong WGS-84 Quốc tế

Theo lý thuyết, việc quan trắc vệ tinh GPS trong 24 giờ liên tục cho phép ta tính toạ độ tuyệt đối trong hệ WGS-84 Quốc tế với độ chính xác khoảng 1 - 2 m. Theo thông báo của NASA (cơ quan hàng không vũ trụ Mỹ) hiện nay có 32 vệ tinh

đang hoạt động trong hệ thống định vị toàn cầu, nếu 1 vệ tinh được quan trắc trong 2 vòng quỹ đạo (24 giờ) thì có thể tính được số hiệu chỉnh quỹ đạo khá tốt mà không cần tới lịch vệ tinh chính xác. Quan trắc vệ tinh trong 24 giờ cho phép thu tín hiệu đầy đủ cả 32 vệ tinh và mỗi vệ tinh đều được xuất hiện 3 lần. Độ chính xác trong khoảng 2 mét hoàn toàn đủ để làm điểm khởi tính gần đúng cho các baseline nhằm nâng cao độ chính xác như đã giới thiệu ở trên. Trong toàn lưới đã tiến hành đo toạ độ tuyệt đối tại 8 điểm phân bố đều trên toàn lãnh thổ (2 điểm tại Hà nội, Hải Ninh, Lào cai, Đồng hới, Đà Nẵng, Nha trang, Tp. Hồ Chí Minh). Từ các trị đo tuyệt đối này cũng tính được toạ độ tương đối có độ chính xác cao giữa các điểm, vì vậy có thể xác định được toạ độ tuyệt đối tại điểm gốc với độ chính xác tới 1 m.

b. Tính toán toạ độ tuyệt đối bằng đo nối với lưới IGS Quốc tế

Để phục vụ cho các hoạt động chung, các nước đã cùng kiến nghị về nhu cầu thiết lập Hệ Quy chiếu Quốc tế và hệ thống điểm Toạ độ Quốc tế. Lúc đầu hệ thống này mang tên WGS-84 và chỉ có 5 điểm cơ sở phục vụ bảo dưỡng cho hệ thống GPS. Khi công nghệ GPS phổ biến tới mức người ta cần phải hình thành một hệ Quy chiếu Quốc tế động (xác định cho từng năm) mang tên ITRF-xx (xx là số hiệu năm) và một lưới điểm toạ độ dày đặc phủ trùm toàn thế giới mang tên IGS (International GPS Service). Mạng lưới IGS vừa phục vụ việc nâng cao độ chính xác cho hệ thống GPS và vừa làm cơ sở để đo nối với các mạng lưới địa phương. Tháng 11 năm 1997 theo đề nghị của phía ta, Văn phòng IGS đã cung cấp cho Tổng cục Địa chính Việt nam số liệu đo GPS tại 4 điểm trong lưới IGS là LHASA (Tây tạng), SHAO (Thượng hải), GUAM và TAIWAN (Đài loan) có thời gian đo đồng thời với thời gian đo lưới cấp "0" của Việt nam. Sau khi phân tích chi tiết các trị đo trong lưới IGS, có thể lựa chọn 6 điểm cấp "0": 15 (Hà nội), 26 (Anh sơn - Nghệ an), 29402 (Đồng hới - Quảng bình), 89923 (Phú yên), 64830 (Bình thuận), II-94 (Kiên giang) để nối với 4 điểm IGS nói trên để tạo thành một lưới trắc địa quốc tế. Lưới này cho độ chính xác khá tốt, sai số cạnh từ 1/20.000.000 tới 1/145.000.000, sai số phương vị từ 0"05 tới 0"001, sai số vị trí điểm yếu nhất là 0,209 m. Toạ độ đo nối với lưới IGS Quốc tế lệch với toạ độ đo tuyệt đối tại Việt Nam về vĩ độ là

0"0079 ($\approx 0,237$ m), về kinh độ là -0"0414 ($\approx -1,181$ m), về độ cao là 1,166m; độ lệch này hoàn toàn phù hợp với sai số trung phương đo tuyệt đối đã ước tính là 1m.

Toạ độ trong hệ WGS-84 Quốc tế tại nước ta được sử dụng: một là để tăng cường độ chính xác cho công nghệ GPS, hai là giải quyết các bài toán liên hệ toạ độ khi cần thiết như dẫn đường hàng không, hàng hải, hoạch định biên giới, v.v., ba là đáp ứng nhu cầu giải các bài toán toàn cầu là bảo vệ môi trường, kiểm soát tài nguyên thiên nhiên, nghiên cứu bề mặt trái đất, v.v.

V.1.3 Tính toán độ lệch dây dọi (ξ , η) và dị thường độ cao ζ trên hệ WGS-84 Quốc tế

Để tính chuyển các trị đo truyền thống (góc, hướng, cạnh, phương v.v.) từ mô hình vật lý về mô hình toán học chúng ta cần biết 3 tham số ξ , η , ζ của mặt Geoid (mặt đẳng thế của trường trọng lực trùng với mặt nước biển trung bình). Hơn nữa tham số độ cao Geoid ζ có độ chính xác cao còn hữu ích trong việc đo cao thuỷ chuẩn bằng công nghệ GPS.

Từ khi có công nghệ đo đạc vệ tinh người ta đã cố gắng xây dựng mô hình Geoid toàn cầu với độ chính xác ngày càng cao, cho tới nay mô hình Geoid EGM-96 đã được đánh giá là có độ chính xác cỡ 1m trên phạm vi toàn cầu, đủ độ chính xác tính chuyển các trị đo truyền thống về mặt quy chiếu ellipsoid. Để xác định một mô hình Geoid phù hợp tại Việt Nam, công trình đã xây dựng một tập hợp 367 điểm GPS có độ cao thuỷ chuẩn phủ tương đối đều trên toàn lãnh thổ, tại các điểm này giá trị ζ là đã biết. Tập hợp điểm này được sử dụng tại đây để tạo mô hình Geoid và trong phần sau để định vị ellipsoid quy chiếu tại Việt Nam. Trước hết sử dụng 367 điểm đã biết ζ để kiểm định lại mô hình Geoid EGM-96 trên lãnh thổ Việt Nam: kết quả cho thấy độ lệch trung bình là 0,64 m; độ lệch lớn nhất là 1,7 m; từ đây có thể kết luận độ chính xác của mô hình EGM-96 tại Việt Nam là khoảng 1 m. Từ tập hợp giá trị ζ tại 367 điểm nói trên và mô hình EGM-96 đã thành lập mô hình Geoid tại Việt Nam theo phương pháp "phần dư" (residual): nội dung phương pháp là nội suy collocation độ lệch $\Delta\zeta$ giữa mô hình EGM-96 và giá trị ζ thực căn cứ vào các

mốc nội suy tại 367 điểm đã biết $\Delta\zeta$ thực. Mô hình xây dựng theo phương pháp này cho thấy tốt hơn mô hình EGM-96 kể cả về giá trị ζ và các đạo hàm riêng. Một phương pháp nội suy khác cũng đã được áp dụng là phương pháp "sóng" (undulation): nội dung phương pháp là nội suy collocation trực tiếp giá trị ζ căn cứ vào các mốc nội suy tại 367 điểm đã biết ζ thực; như vậy phương pháp này không chú ý tới bất kỳ một mô hình Geoid tiên nghiệm nào. Phương pháp "sóng" cho kết quả mô hình tương tự như phương pháp "phần dư", độ lệch giữa 2 phương pháp: $|\delta\zeta| < 1,0 \text{ m}$, $|\delta\xi| < 2''0$, $|\delta\eta| < 2''5$. Chúng ta có thể sử dụng một trong 2 phương pháp để tính giá trị độ cao Geoid tại Việt Nam. Giá trị độ lệch dây dọi ξ , η tính theo 2 phương pháp này thực sự chưa đủ độ chính xác áp dụng cho các khu vực miền núi.

Để tính toán giá trị độ lệch dây dọi ξ , η chúng ta cần áp dụng phương pháp truyền thống mang tên: nội suy thiên văn - trắc địa - trọng lực. Giá trị này được nội suy theo hàm Spline căn cứ vào các mốc nội suy tại 66 điểm thiên văn (tại đây đã biết giá trị thực của ξ , η). Bài toán nội suy này đạt được độ chính xác khoảng 2'', đủ để tính chuyển các trị đo truyền thống về ellipsoid quy chiếu.

V.1.4 Bình sai lưới toạ độ quốc gia trên hệ quy chiếu WGS-84 Quốc tế

Lưới thiên văn - trắc địa - vệ tinh hỗn hợp của Việt nam đến thời điểm hiện nay là một lưới có độ phức tạp cao về mặt xử lý toán học.

Việc lựa chọn phương pháp bình sai dựa vào các tiêu chuẩn sau đây:

1. Phương pháp lựa chọn có thể bình sai trên nhiều hệ quy chiếu khác nhau như trong không gian 3 chiều, trên một ellipsoid quy chiếu bất kỳ, trên một số hệ toạ độ phẳng thường gặp.
2. Phương pháp có thể bình sai hỗn hợp nhiều loại trị đo khác nhau, có độ chính xác đo khác nhau.
3. Phương pháp bình sai phải đạt tính tự động hoá cao từ khâu tính toán khái lược tới bình sai.

4. Phương pháp bình sai có thể tiếp nhận một mô hình Geoid nào đó để hiệu chỉnh các trị đo mặt đất (tốt nhất là có thuật toán xây dựng mô hình Geoid).
5. Quá trình tính toán khái lược phải đầy đủ các công đoạn.
6. Phương pháp bình sai phải có khả năng loại các sai số thô, đánh giá chất lượng đo và xác định đúng các trị đo không đủ điều kiện tham gia vào quá trình bình sai.
7. Phương pháp bình sai phải có khả năng phân tích độ chính xác để ước lượng sai số đo của nhóm các trị đo, tức là có khả năng ước lượng phương sai của trị đo.
8. Phương pháp lựa chọn phải có khả năng bình sai lưới lớn theo phương pháp bình phương nhỏ nhất.
9. Phương pháp bình sai phải có công cụ đánh giá độ chính xác sau bình sai của bất kỳ một đại lượng trong lưới.

Việc tính toán được thực hiện trước hết bằng thuật toán của chương trình TrimNet+ của hãng Trimble vì có thể xử lý các trị đo sơ cấp của GPS. Quá trình bình sai được thực hiện với các kết quả như sau:

1. Bình sai riêng lưới GPS cấp "0", kết quả cho độ chính xác rất tốt: m_S/S đạt từ 1/2.300.000 tới 1/1.000.000.000; m_α đạt từ 0"001 tới 0"100; sai số tọa độ điểm lớn nhất là 0,013m về độ cao, 0,005 m về vĩ độ và 0,012 m về kinh độ; giá trị số hiệu chỉnh có phân bố chuẩn khá rõ; ảnh hưởng sai số hệ thống và sai số thô không đáng kể.

2. Chính lý toán học lưới hỗn hợp GPS cấp "0" - mặt đất trong hệ Quy chiếu WGS-84 Quốc tế với 3 phương án hiệu chỉnh trị đo về ellipsoid quy chiếu, 2 phương án có tính đến sai số hệ thống giữa trị đo vệ tinh và mặt đất (phương vị và chiều dài cạnh), 3 phương án lựa chọn gốc (1 điểm gốc, 6 điểm đo nối với lưới IGS làm gốc, tất cả các điểm cấp "0" làm gốc), kết quả đạt được như sau:

- Tập hợp trị đo tốt nhất trên ellipsoid là các trị đo được tính chuyển theo ζ lấy từ mô hình Geoid, (ξ, η) tính theo phương pháp nội suy thiên văn - trắc địa - trọng lực.

- Các thành phần hệ thống giữa trị đo mặt đất và vệ tinh có giá trị hoàn toàn không đáng kể, $\delta\alpha=0''02$ và $\delta s/S=1/800.000$; khi bình sai chính thức không cần xác định các thành phần hệ thống nói trên.
- Các phương án bình sai đều cho ước lượng sai số đo "hậu nghiệm" khá giống nhau trên cơ sở tiếp nhận sai số đo "tiên nghiệm" đã xác định trong phần phân tích trị đo.
- So sánh kết quả bình sai theo các phương án chọn toạ độ gốc khác nhau không làm thay đổi kết quả bình sai; kết quả này cho phép kết luận về độ chính xác cao của các trị đo GPS cấp "0" và tính tương đương về mặt thực tiễn của 3 phương án; xét về lý thuyết thì phương án bình sai với 1 điểm N00 làm gốc là phù hợp về mô hình xử lý số liệu.
- Các số hiệu chỉnh có phân bố chuẩn khá rõ ràng, tính chuẩn của trị đo hướng của phần lưới hạng II miền Trung và đường chuyên Nam bộ có yếu hơn.
- Độ chính xác sau bình sai của lưới hỗn hợp GPS - mặt đất được thống kê trong các bảng sau:

Loại trị đo	m_{α}		$m_{s/S}$	
	max	min	max	min
Lưới GPS Cấp "0"	0"160	0"001	1/1.500.000	1/1.000.000.000
Lưới GPS cạnh ngắn	0"320	0"001	1/580.000	1/650.000.000
Cạnh đáy và phương vị thiên văn	0"360	0"150	1/290.000	1/910.000
Tam giác hạng I	0"610	0"140	1/230.000	1/1.450.000
Tam giác hạng II	1"230	0"220	1/124.000	1/980.000
Đường chuyên hạng II	0"940	0"270	1/180.000	1/330.000

Sai số vị trí điểm lớn nhất: $(m_B)_{\max}=0.201m$, $(m_L)_{\max}=0.215m$, $(m_P)_{\max}=0.295m$

- Phân tích sai số trung phương các đại lượng chiều dài cạnh, phương vị của lưới hỗn hợp sau bình sai cho thấy độ chính xác các cấp hạng lưới đạt các chỉ tiêu kỹ thuật theo yêu cầu.

- Sai số vị trí điểm lớn nhất của toàn lưới hỗn hợp đạt giá trị 30 cm tại một số điểm thuộc khu vực phía tây - nam Tây nguyên, tây - bắc Bắc bộ và Nam bộ. Sai số này được phân tích thành 2 thành phần, một thành phần tổng thể do truyền toạ độ qua lưới cấp “0” và một thành phần cục bộ do truyền toạ độ từ điểm cấp “0” gần nhất đến điểm đang xét qua lưới mặt đất.

- Việc xác định chính xác hệ Toạ độ WGS-84 Quốc tế cho lưới toạ độ cơ sở Nhà nước tại Việt nam là cần thiết, một mặt cung cấp được công cụ hoàn chỉnh cho các ứng dụng công nghệ GPS, mặt khác mở rộng được khả năng hoà nhập với khu vực và quốc tế. Hai biện pháp chính để xác định toạ độ toàn cầu được đưa vào thực hiện: một là đo toạ độ GPS tuyệt đối tại một số điểm và hai là đo nối lưới quốc gia với lưới IGS quốc tế. Kết quả cho thấy nên sử dụng kết quả đo toạ độ tuyệt đối là số liệu chính thức trên hệ Toạ độ Quốc tế. Hàng năm kể từ năm 1996, mỗi năm sẽ có một bộ 7 tham số động để tính chuyển toạ độ giữa hệ Quốc gia và hệ Quốc tế. Tuy theo từng mục đích sử dụng chúng ta sẽ cấp toạ độ Quốc tế có độ chính xác phù hợp. Đây là một biện pháp bảo vệ số liệu của hệ Toạ độ quốc gia.

V.2 LỰA CHỌN HỆ QUY CHIẾU HỢP LÝ CHO VIỆT NAM

V.2.1 Phân tích chung lựa chọn hệ quy chiếu quốc gia

Cho tới nay tại Việt nam đã có tới 3 hệ quy chiếu toạ độ được lựa chọn: Hệ Quy chiếu của Pháp sử dụng cho cả Đông dương với Ellipsoid Quy chiếu Clarke, điểm gốc tại Hà nội, lưới chiếu toạ độ phẳng Bonne (giả nón đứng, đồng diện tích); Hệ Quy chiếu của Mỹ cho Nam Á với Ellipsoid Quy chiếu Everest, điểm gốc tại Ấn Độ, lưới chiếu toạ độ phẳng UTM (trụ ngang cắt ellipsoid, đồng góc); Hệ Quy chiếu của các nước xã hội chủ nghĩa cũ với Ellipsoid Krasovski, điểm gốc tại Punkovo (Liên xô cũ), lưới chiếu toạ độ Gauss-Kruger (trụ ngang tiếp xúc ellipsoid, đồng góc), chúng ta gọi hệ Quy chiếu này là hệ Hà nội - 72. Việc lựa chọn một hệ quy chiếu mới mang tính quốc gia cho nước ta là một yêu cầu cần thiết vì lý do các hệ quy chiếu cũ đều chưa thật hợp lý trên phần lãnh thổ nước ta. Vấn đề chủ yếu là cần xem xét tính phù hợp của việc tiếp tục áp dụng hệ Quy chiếu Hà nội - 72 theo hệ thống của phe xã hội chủ nghĩa cũ.

Chấp nhận tiếp tục Hệ Quy chiếu Hà Nội - 72 có ưu điểm: một là giữ được tập quán kỹ thuật đã quen thuộc trong vòng 40 năm nay và hai là có thể tiếp tục sử dụng hệ thống bản đồ cơ bản trên phạm vi miền Bắc mà không cần gia công thêm. Mặt khác, việc sử dụng hệ Quy chiếu Hà nội - 72 gặp phải một số nhược điểm: một là Hệ Quy chiếu này chưa được định vị phù hợp với Việt Nam, độ cao Geoid trung bình lên tới khoảng 30 m gây nên sự biến dạng không cần thiết khi chiếu các yếu tố từ mặt đất tự nhiên về ellipsoid quy chiếu, hai là Hệ Quy chiếu Hà nội - 72 chưa được đo nối chính xác với hệ Quy chiếu Quốc tế nên đã gặp khó khăn trong việc ứng dụng công nghệ định vị toàn cầu độ chính xác cao cũng như trong việc thống nhất giải quyết các vấn đề khu vực và toàn cầu, ba là Ellipsoid Quy chiếu Krasovski hiện không được sử dụng phổ cập trên thế giới, bốn là Hệ thống Toạ độ phẳng Gauss-Kruger gây biến dạng lưới chiếu lớn hơn Hệ thống Toạ độ Phẳng Quốc tế UTM.

Một đặc điểm quan trọng nhất cần nói tới là Hệ Quy chiếu Hà Nội - 72 không phải là một hệ thống nhất, toàn lưới toạ độ chưa được xử lý toán học chung, mỗi khu vực có một gốc toạ độ có độ lệch lên tới 10 m so với hệ thống chung. Như vậy nếu không thay đổi hệ quy chiếu thì chúng ta cũng phải xử lý toán học thống nhất và vẫn phải chuyển các bản đồ tỷ lệ lớn cho tới 1/5.000 về hệ thống chung.

Nhằm xác định một hệ quy chiếu hợp lý cho Việt Nam chúng ta cần thống nhất một số nguyên tắc chính để lựa chọn:

- Đảm bảo tính phù hợp nhất với lãnh thổ nước ta;
- Đảm bảo độ chính xác cao nhất trong khả năng có thể;
- Đáp ứng cho nhiều mục tiêu dân sự và quân sự khác nhau (bản đồ, dẫn đường, nghiên cứu trái đất, v.v.);
- Đảm bảo tính phù hợp có thể chuyển đổi được với hệ quy chiếu quốc tế và khu vực;
- Đảm bảo tính bảo mật của số liệu toạ độ Nhà nước;
- Đảm bảo tính thuận tiện cho chỉnh lý các loại tư liệu đo đạc - bản đồ hiện có theo hệ quy chiếu mới được lựa chọn.

Công trình tiến hành so sánh lựa chọn trong số 4 phương án có thể sau đây:

PHƯƠNG ÁN	ƯU ĐIỂM	NHUỘC ĐIỂM
<p>Phương án 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toạ độ gốc: HN-72 • Ellipsoid: Krasovski 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Không thay đổi tập quán sử dụng 2. Giữ nguyên các bản đồ tỷ lệ 1/100000 và nhỏ hơn 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Không phải là một hệ địa phương phù hợp 2. Khó hoà nhập với hệ thống quốc tế và khu vực 3. Hạn chế độ chính xác xử lý GPS 4. Khó trợ giúp các công nghệ mới 5. Phải chỉnh lý lại hệ thống toạ độ 6. Phải chỉnh lý lại các bản đồ 1/50000 và lớn hơn
<p>Phương án 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toạ độ gốc: Định vị • Ellipsoid: Krasovski 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Là một hệ thống địa phương có tính phù hợp cao 2. Đảm bảo tính bảo mật tốt 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Phải chỉnh lý lại lưới toạ độ và các loại bản đồ 2. Hạn chế độ chính xác xử lý GPS 3. Phức tạp khi hoà nhập với các lưới quốc tế và khu vực 4. Khó khăn khi áp dụng các công nghệ mới
<p>Phương án 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toạ độ gốc: Quốc tế • Ellipsoid: 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hoà nhập tốt với hệ thống quốc tế và khu vực 2. Độ chính xác cao khi thực hiện bằng công nghệ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Không phải là một hệ địa phương phù hợp 2. Phải chỉnh lý lại lưới toạ độ và các loại bản đồ

WGS-84	GPS 3. Trợ giúp tốt các công nghệ mới	3. Khó bảo mật hệ thống toạ độ
Phương án 4: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Toạ độ gốc: Định vị ▪ Ellipsoid: WGS-84 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Là một hệ thống địa phương có tính phù hợp cao 2. Có điều kiện hoà nhập với hệ thống quốc tế và khu vực 3. Đảm bảo tính bảo mật tốt 4. Độ chính xác cao khi thực hiện bằng công nghệ GPS 5. Có trợ giúp các công nghệ mới 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Phải chỉnh lý lại lưới toạ độ và các loại bản đồ 2. Thêm một số công việc khi hoà nhập với lưới quốc tế và khu vực 3. Thêm một số công việc khi áp dụng công nghệ mới

Để đảm bảo tính bảo mật về hệ thống toạ độ quốc gia chúng ta cần lựa chọn phương án 4, đồng thời có công thức tính chuyển chính xác để chuyển đổi sang phương án 3 khi cần thiết.

V.2.2 Định vị ellipsoid quy chiếu phù hợp tại Việt nam

Định vị ellipsoid quy chiếu là việc xác định vị trí một ellipsoid phù hợp nhất theo một nghĩa nào đó với bề mặt Geoid tại địa phương để quy chiếu các trị đo và toạ độ. Tính phù hợp thường được hiểu theo nghĩa là độ lệch giữa ellipsoid quy chiếu và Geoid trên địa phương đó là nhỏ nhất, thường có dạng: $\sum_{i=1}^K \zeta_i^2 = \min$. Như vậy bài toán định vị ellipsoid quy chiếu là tìm vị trí của ellipsoid đó dưới điều kiện cực tiểu hàm mục tiêu ở dạng tổng bình phương dị thường độ cao.

Sau khi định vị người ta cần xác định các tham số của Geoid là độ lệch dây dọi ξ , η và dị thường độ cao ζ tại tất cả các điểm của lưới toạ độ. Các tham số này

được sử dụng vào nhiều mục đích khác nhau trong trắc địa và địa vật lý, trong công trình này chúng ta sử dụng để định vị hệ quy chiếu (định vị ellipsoid quy chiếu) và chuyển các trị đo mặt đất về hệ quy chiếu đó.

Để định vị chúng ta cần có một tập hợp các điểm cơ sở định vị phân bố đều trên lãnh thổ Việt Nam, tại đây phải có trị đo GPS nối với lưới cấp "0" và trị đo thủy chuẩn nối với lưới độ cao. **Trong số 367 điểm GPS có độ cao thủy chuẩn** nối trên có thể lựa chọn **được 25 điểm có độ** chính xác cao đủ điều kiện trở thành điểm cơ sở định vị.

Bài toán định vị Ellipsoid Quy chiếu WGS-84 phù hợp với lãnh thổ Việt Nam được giải theo 2 phương pháp: phương pháp phi tuyến, trong đó sử dụng trường vô hướng ellipsoid để xác định hàm mục tiêu và phương pháp tuyến tính, trong đó sử dụng công thức vi phân của tọa độ trắc địa (B, L, H) theo tọa độ vuông góc không gian (X, Y, Z) để xác định hàm mục tiêu. Kết quả tính toán cụ thể cho thấy giá trị nghiệm của 2 phương pháp chênh nhau 3 mm, độ lệch này hoàn toàn do sai số tính toán. Điều này cho thấy kết quả định vị hoàn toàn tin cậy được vì đã được kiểm tra bằng 2 phương pháp khác nhau.

Từ kết quả định vị Ellipsoid Quy chiếu WGS-84 tại Việt Nam rút ra các kết luận:

- Sử dụng 25 điểm cơ sở định vị (tại đó có tọa độ không gian X, Y, Z xác định theo GPS và có độ cao thủy chuẩn) phân bố đều trên lãnh thổ chúng ta có thể đảm bảo được độ chính xác cần thiết để xác định ellipsoid quy chiếu.

- **Phân tích kết quả định vị Ellipsoid Quy chiếu WGS 84 có thể khẳng định ellipsoid này có kích thước khá phù hợp với lãnh thổ Việt nam, độ cao cực đại của Geoid là 3,310 m, trung bình là 1,614 m.**

- Hai phương pháp định vị đã thực hiện cho kết quả trùng hợp hoàn toàn. Hệ Quy chiếu được định vị này mang tên là Hệ Quy chiếu VN-2000.

V.2.3 Lựa chọn lưới chiếu tọa độ phẳng phù hợp cho Việt nam

Lưới chiếu tọa độ phẳng là một phép biến đổi toán học để chuyển các yếu tố hình học trên mặt ellipsoid về mặt phẳng. Lưới chiếu tọa độ phẳng cơ bản của một

nước là một thành phần của hệ Quy chiếu Quốc gia được sử dụng vào mục đích chuyển hệ thống tọa độ và hệ thống bản đồ cơ bản về mặt phẳng. **Nước ta là đất nước có dạng chạy dài theo kinh tuyến nên việc lựa chọn lưới chiếu trụ ngang đồng góc làm lưới chiếu tọa độ phẳng cơ bản là phù hợp.** Trong số các lưới chiếu này chỉ có 2 loại được sử dụng phổ biến là lưới chiếu UTM và Gauss-Kruger hoặc một loại cải tiến từ 2 lưới chiếu này.

Sau khi đã xác định được một lưới chiếu phù hợp chúng ta cần xem xét việc phân chia mảnh bản đồ và đặt danh pháp (tên gọi) các mảnh theo một hệ thống thống nhất. Trong trường hợp của Việt Nam hiện nay có thể lựa chọn lưới chiếu tọa độ phẳng trong số các phương án sau đây:

1. Sử dụng lưới chiếu phẳng Gauss-Kruger và giữ nguyên cách chia múi, phân mảnh và đặt danh pháp bản đồ đang dùng chính thức hiện nay.
2. Sử dụng lưới chiếu UTM và giữ nguyên cách chia múi, phân mảnh và đặt danh pháp bản đồ đang dùng chính thức hiện nay.
3. Cải tiến lưới chiếu, cách chia múi, phân mảnh và đặt danh pháp bản đồ trên cơ sở các hệ thống đang sử dụng theo hướng: một là mở rộng múi chiếu để toàn bộ phần lục địa của Việt nam nằm trên 1 múi chiếu cho các bản đồ tỷ lệ trung bình, hai là đưa ra hệ thống múi chiếu hợp lý cho các bản đồ tỷ lệ lớn kể cả bản đồ địa hình và địa chính, ba là thiết kế hệ thống danh pháp bản đồ mới phù hợp hơn. Theo hướng này một đề xuất cần nghiêm túc xem xét là hình thành múi **chiều 8° của lưới chiếu UTM để phần đất liền và đảo ven bờ của ta nằm trên cùng 1 múi chiếu.**

Sau khi phân tích các phương án có thể theo nhiều mặt có liên quan, công trình đã kết luận lưới chiếu hợp lý cho Việt Nam là hệ UTM Quốc tế, **danh pháp bản đồ theo hệ thống hiện hành có ghi chú danh pháp quốc tế.**

Cuối cùng việc lựa chọn hệ quy chiếu hợp lý cho Việt nam đã đạt được kết luận về mặt nguyên tắc là: “Hệ quy chiếu cho Việt nam cần phải là một hệ phù hợp nhất với lãnh thổ và đảm bảo công cụ để chuyển chính xác sang hệ quốc tế khi có nhu cầu, phải phù hợp với tập quán sử dụng ở Việt Nam và tương đồng với các

chuẩn mực quốc tế, phải đảm bảo tính bảo mật quốc gia và có khả năng hoà nhập với quốc tế khi cần thiết”.

Kết luận lựa chọn cụ thể là: Ellipsoid quy chiếu - WGS-84; Giá trị toạ độ điểm gốc - xác định theo kết quả định vị phù hợp với lãnh thổ Việt Nam; Hệ thống toạ độ phẳng - Lưới chiếu nón đứng đồng góc 2 vĩ tuyến chuẩn cho bản đồ 1/1.000.000, lưới chiếu trụ ngang đồng góc UTM với múi chiếu 6° và $k_0=0,9996$ cho bản đồ các tỷ lệ từ 1/10.000 tới 1/500.000, Lưới chiếu trụ ngang đồng góc UTM với múi chiếu 3° và $k_0=0,9999$ cho bản đồ các tỷ lệ từ 1/2.000 tới 1/5.000, chia mảnh và danh pháp bản đồ như hệ thống hiện hành có chú thích thêm danh pháp theo hệ quốc tế.

V.3 XỬ LÝ TOÁN HỌC LƯỚI TOA ĐỘ QUỐC GIA TRÊN HỆ VN-2000

Sau khi chỉnh lý toàn bộ lưới Toạ độ Quốc gia trên hệ WGS-84 Quốc tế, về nguyên tắc có thể kết thúc bài toán nếu hệ thống Toạ độ Quốc tế được lựa chọn là hệ thống Toạ độ Quốc gia. Trong phần trên chúng ta đã lựa chọn một hệ thống toạ độ địa phương phù hợp cho Việt Nam. Khi hệ thống Toạ độ Quốc gia đã được xác định sau khi định vị Ellipsoid Quy chiếu, chúng ta cũng có thể không cần bình sai lại mà chỉ cần tính chuyển toạ độ từ Hệ thống Quốc tế về Hệ thống Quốc gia thông qua 7 tham số tính chuyển xác định được từ toạ độ các điểm cơ sở định vị. Nhưng để có được hệ thống Toạ độ Quốc gia đạt độ chính xác cao, việc tính toán bình sai lại lưới toạ độ trên hệ Quy chiếu Quốc gia là cần thiết. Trên cơ sở kết quả này có thể so sánh với toạ độ tính chuyển từ hệ Quốc tế để có những kết luận về độ tin cậy của lưới toạ độ cũng như kiểm tra lại kết quả tính toán.

Trong phần này sẽ tiến hành các công việc chủ yếu: một là xây dựng mô hình Geoid đối với Ellipsoid Quy chiếu Quốc gia và tính toán độ lệch dây dọi theo phương pháp nội suy thiên văn - trắc địa - trọng lực, hai là tính toán bình sai lưới Toạ độ Quốc gia trên hệ Quy chiếu Quốc gia theo một vài phương án, ba là kiểm tra kết quả tính toán bằng một số lưới toạ độ hạng III.

V.3.1 Xây dựng mô hình geoid đối với ellipsoid quy chiếu quốc gia

Sau khi định vị Ellipsoid Quy chiếu Quốc gia cần phải xây dựng mô hình Geoid địa phương để tính toán dị thường độ cao phục vụ chuyển các trị đo mặt đất về Ellipsoid Quy chiếu đã định vị. Phương pháp xây dựng mô hình này không khác gì cách thức đã thực hiện trong phần trên. Phương pháp được sử dụng là phương pháp "sóng" (undulation), cũng dựa trên 367 điểm GPS có độ cao thủy chuẩn. Độ lệch dây dọi cũng được tính toán theo phương pháp nội suy thiên văn - trắc địa - trọng lực dựa vào hàm Spline với giá trị độ lệch dây dọi thực tại 66 điểm thiên văn.

V.3.2 Chinh lý toán học lưới thiên văn - trắc địa - vệ tinh (lưới hỗn hợp GPS - mặt đất) trong hệ quy chiếu VN-2000

Công việc trong phần này hoàn toàn tương tự như quá trình tính toán bình sai trên hệ WGS-84 Quốc tế.

Trước hết, tập hợp trị đo được chuyển về Hệ Quy chiếu VN-2000 theo các giá trị ξ , η , ζ đã tính toán nội suy được ở trên. Phương án đầu tiên bình sai lưới hỗn hợp được thực hiện theo phần mềm **TrimNet+**, trong đó tiếp nhận trực tiếp các trị đo GPS nguyên thủy. Kết quả về độ chính xác sau bình sai được đưa ra trong bảng sau:

Loại trị đo	m_{α}		$m_{\beta/S}$	
	max	min	max	min
Lưới GPS cấp "0"	0"050	0"001	1/3.000.000	1/950.000.000
Lưới GPS cạnh ngắn	0"320	0"001	1/580.000	1/650.000.000
Cạnh đáy và phương vị thiên văn	0"360	0"150	1/290.000	1/910.000
Tam giác hạng I	0"610	0"140	1/230.000	1/1.450.000
Tam giác hạng II	1"230	0"220	1/124.000	1/980.000
Đường chuyền hạng II	0"940	0"260	1/180.000	1/328.000

Sai số vị trí điểm lớn nhất: $(m_B)_{\max} = 0.198\text{m}$, $(m_L)_{\max} = 0.212\text{m}$, $(m_P)_{\max} = 0.290\text{m}$

Nói chung kết quả bình sai trên Hệ Quy chiếu Quốc gia VN-2000 có độ chính xác tốt hơn chút ít so với kết quả bình sai trên Hệ WGS-84 Quốc tế.

Phân bố của các số hiệu chỉnh trong bình sai lưới hỗn hợp trên hệ VN-2000 cũng hoàn toàn tương tự như trong kết quả bình sai trên hệ WGS-84 Quốc tế. Tương tự, sai số trung phương các yếu tố của lưới hỗn hợp trong bình sai trên VN-2000 cũng đạt được hoàn toàn tương tự như trong kết quả bình sai trên hệ WGS-84.

V.3.3 So sánh kết quả bình sai trên hệ VN-2000 với toạ độ tính chuyển từ kết quả bình sai trên hệ WGS-84 Quốc tế về VN-2000

Để kiểm tra kết quả tính toán chúng ta cần tính chuyển toạ độ từ hệ WGS-84 Quốc tế về Hệ Quốc gia VN-2000 và so sánh với kết quả bình sai. Kết quả tính toán được đưa ra trong bảng sau:

Độ chênh toạ độ		VN-2000 bình sai & VN-2000 chuyển từ WGS-84 quốc tế		
		7 tham số xác định từ định vị	7 tham số xác định từ bình sai lưới hỗn hợp	7 tham số xác định từ bình sai lưới cấp "0"
$ \Delta B _{\max}$		0"0017 \approx 0,051m	0"0013 \approx 0,039m	0"0017 \approx 0,051m
$ \Delta L _{\max}$		0"0029 \approx 0,082m	0"0030 \approx 0,085m	0"0030 \approx 0,085m
$ \Delta H _{\max}$ x	Cấp "0"	0,0126 m	0,0020 m	0,0180 m
	Mặt đất	2,212 m	2,203 m	2,215 m

Từ so sánh trên đây có thể thấy kết quả tính toán hoàn toàn phù hợp với lý thuyết, chứng tỏ tính đúng đắn của quá trình xử lý số liệu.

V.3.4 Tính toán kiểm định theo các thuật toán bình sai khác

Để có độ tin cậy chắc chắn hơn cần phải tính toán bình sai theo một vài thuật toán nữa, nếu kết quả bình sai trùng nhau thì có thể xác nhận được độ tin cậy. Trong công trình này đã tiến hành tính thêm với 2 phương án bình sai lưới cơ sở Nhà nước: phương án I tính theo thuật toán chia khối mang tên khối điều khiển, phương án này đã sử dụng để chỉnh lý lưới Thiên văn - Trắc địa - Vệ tinh nước ta trong giai đoạn 1992 - 1994; phương án II sử dụng thuật toán kinh điển Choleski không chia nhóm.

Cả hai chương trình bình sai này đều không có khả năng tiếp nhận trực tiếp kết quả xử lý các baseline GPS của Trimble mà đều phải chuyển tất cả các baseline

về ở dạng các trị đo mặt đất: khoảng cách S_{ij} và phương vị A_{ij} trên mặt Ellipsoid Quy chiếu của hệ VN-2000.

Cả 3 phương án bình sai này đều thực hiện trên cùng một tập hợp trị đo và cùng một ước lượng sai số đo (cùng trọng số đo). Toàn bộ tọa độ bình sai theo thuật toán Choleski lệch so với thuật toán TrimNet+ không quá 0,2 m; hầu hết tọa độ bình sai theo thuật toán khối điều khiển cũng lệch so với thuật toán TrimNet+ không quá 0,2 m (có 34 điểm có độ lệch từ 0,2 m tới 0,3 m và 1 điểm có độ lệch tới 0,4 m). Độ lệch này hoàn toàn do tích lũy sai số tính toán và sự khác nhau về thuật toán. Như vậy có thể kết luận về độ tin cậy cao trong kết quả xử lý toán học hệ thống tọa độ.

V.3.5 Kiểm tra kết quả xử lý số liệu lưới tọa độ cơ sở quốc gia thông qua việc bình sai các lưới địa chính cơ sở

Hiện nay trên lưới địa chính cơ sở đã phủ trùm toàn quốc. Trừ lưới Ninh bình được đo bằng thiết bị của Ashtech, các lưới địa chính cơ sở đều được đo bằng công nghệ GPS của Trimble. Nói chung có thể đánh giá các lưới địa chính cơ sở được thực hiện tốt và có độ tin cậy cao. Các lưới địa chính cơ sở đều có khá nhiều điểm trùng với lưới cơ sở Nhà nước, để kiểm tra quá trình tính toán có thể tính toán bình sai các lưới địa chính cơ sở với 1 điểm gốc chọn trong số các điểm trùng với lưới cơ sở Nhà nước, độ lệch tọa độ giữa hai lưới tại các điểm trùng còn lại được sử dụng để đánh giá chất lượng đo đạc và tính toán bình sai lưới.

Căn cứ vào kết quả tính toán bình sai các lưới địa chính cơ sở và so sánh với tọa độ sau bình sai lưới hỗn hợp, có thể đưa ra một số kết luận:

- Các chỉ tiêu về độ chính xác sau bình sai của các lưới địa chính cơ sở như m_s/s , m_α , m_B , m_L đều đạt chỉ tiêu cao.
- Độ lệch giữa tọa độ lưới Nhà nước và lưới địa chính cơ sở chỉ khoảng 0"0050 (tương đương 15cm), cá biệt có một vài điểm có sai số lớn tới 0"0070 (tương đương 20 cm). Chỉ có một điểm trong lưới địa chính Bắc thái có sai số lớn nhất là 0"0200 (tương đương 60 cm). Để tìm nguyên nhân sai này chúng tôi đã tiến hành kiểm tra tính toán một số baseline thuộc lưới địa chính Bắc thái và nhận thấy một số baseline có chất lượng không cao. Vì vậy, sai lệch tọa độ này có nguyên

nhân từ lưới địa chính cơ sở Bắc Thái chứ không phải từ lưới cơ sở Nhà nước. Trong thời gian tiếp theo cần phải tính toán xử lý lại lưới địa chính cơ sở Bắc Thái.

- Kết quả so sánh tọa độ nói trên cho phép kết luận là lưới Thiên văn - Trắc địa - Vệ tinh (tức là lưới hỗn hợp GPS - mặt đất) có được xử lý tính toán với độ tin cậy cao.

V.4 TÍNH CHUYỂN TOẠ ĐỘ GIỮA HỆ QUY CHIẾU MỚI VN-2000 VÀ CÁC HỆ QUY CHIẾU ĐANG SỬ DỤNG

Việc tính chuyển tọa độ từ các hệ thống đang sử dụng về Hệ Quy chiếu VN-2000 là một phần rất quan trọng mang tính thực tiễn cao. Đây không phải là vấn đề khó về lý thuyết mà cần có giải pháp không gây tổn kém và phức tạp trong triển khai.

Tại Việt Nam hiện nay đang đã sử dụng 3 hệ quy chiếu khác nhau: Hệ Nam á của Mỹ, Hệ Hà nội - 72, Hệ WGS-84 Quốc tế. Chúng ta phải đưa ra công cụ và biện pháp triển khai việc chuyển các hệ thống này về Hệ VN-2000.

Về mặt lý thuyết bài toán tính chuyển tọa độ có thể phân tích thành các trường hợp sau đây:

1. *Tính chuyển tọa độ cho các lưới trắc địa:* Giải quyết bằng cách bình sai lại lưới theo hệ tọa độ mới.
2. *Tính chuyển tọa độ cho bản đồ khi không biết thông tin về hệ thống tọa độ:* Sử dụng phương pháp hồi quy để xác định các hệ số của công thức khai triển chuỗi để tính chuyển tọa độ theo các cặp tọa độ đo được trên bản đồ.
3. *Tính chuyển tọa độ theo một số điểm đo nối giữa 2 hệ thống:* Sử dụng các công thức vi phân của tọa độ.

V.4.1 Tính chuyển tọa độ giữa hệ VN-2000 và WGS-84 quốc tế

Vấn đề này đã được giải quyết trong phần xử lý toán học hệ tọa độ trong hệ WGS-84 Quốc tế và hệ VN-2000 Quốc gia. Công thức tính chuyển ở dạng công thức vi phân của tọa độ vuông góc không gian phụ thuộc 7 tham số: 3 tham số tịnh tiến gốc tọa độ, 3 tham số xoay trục tọa độ và 1 tham số tỷ lệ chiều dài.

Lưới Cơ sở Toạ độ Quốc gia của chúng ta hiện nay cũng là lưới toạ độ không gian 3 chiều dựa trên cơ sở lưới GPS cấp "0". Lưới này được đưa về hệ Quy chiếu địa phương là Ellipsoid quy chiếu WGS-84 được định vị phù hợp ở Việt Nam. Lưới GPS cấp "0" đã được nối với hệ Quy chiếu WGS-84 Quốc tế qua các giai đoạn như sau:

- Đo nối với lưới IGS Quốc tế theo số liệu đo lưới cấp "0" năm 1996, trong số 71 điểm cấp "0" chỉ chọn được 6 điểm có thể phối hợp tính với các trị đo IGS cùng thời gian.
- Đo toạ độ tuyệt đối theo chế độ quan trắc GPS 24 giờ liên tục tại 8 điểm.
- Trong năm 1997, 1998, 1999 và các năm sau chúng ta có thể đo nối với lưới khu vực Châu Á - Thái Bình dương và lưới IGS thông qua việc đo hàng năm tại 4 điểm N00 (Hà Nội), N02 (Điện Biên), N01 (Hải Phòng), N03 (Đà Nẵng), N04 (Vũng Tàu).

V.4.2 Tính chuyển toạ độ giữa hệ Indian (Nam á) và hệ Hà nội - 72, Giữa hệ Indian và WGS-84 quốc tế

Hệ Quy chiếu Indian (Nam Á) do Mỹ sử dụng trước đây có một ý nghĩa khá lớn đối với tư liệu trắc địa - bản đồ ở Việt Nam, Đông dương và Đông Nam Á. Hiện nay chúng ta còn sử dụng khá nhiều bản đồ do Mỹ sản xuất theo Hệ Quy chiếu này.

Việc tính chuyển toạ độ giữa Hệ Indian và hệ Hà Nội - 72 đã được giải quyết trong thời gian sau ngày thống nhất đất nước trên cơ sở công thức vi phân của toạ độ trắc địa, Cục Đo đạc - Bản đồ Nhà nước thực hiện đo nối toạ độ tại Quảng Trị.

Việc tính chuyển giữa Hệ Indian và hệ WGS-84 được thể hiện trong dạng công thức vi phân của toạ độ vuông góc không gian, việc đo nối toạ độ do Cục Bản đồ Quân đội Mỹ thực hiện.

V.4.3 Tính chuyển toạ độ giữa hệ VN-2000 và Hà nội - 72

- Việc tính chuyển toạ độ từ hệ Hà nội -72 sang hệ VN-2000 là một việc phức tạp vì bản thân hệ Hà nội - 72 đã rất phức tạp. Hệ Quy chiếu Hà nội -72 có đặc điểm chủ yếu là thiếu tính thống nhất và độ chính xác không đồng đều. Chính vì lý

do này việc chuyển đổi toạ độ phải chia ra nhiều trường hợp khác nhau tùy thuộc vào độ chính xác yêu cầu và khu vực cần tính chuyển.

Sau khi xác định hệ thống toạ độ mới VN-2000 chúng ta phải chuyển toạ độ từ hệ Hà nội - 1972 sang hệ thống mới. Bài toán này được đặt ra ở 2 dạng:

1. Tính chuyển toạ độ cho các lưới toạ độ: dạng tính chuyển này đòi hỏi độ chính xác cao, giải quyết bài toán cũng có 2 trường hợp:

- Đối với các lưới toạ độ hạng III và IV đạt tiêu chuẩn phải tiến hành bình sai lại dựa vào toạ độ gốc thuộc lưới hỗn hợp đã bình sai.
- Đối với các lưới toạ độ hạng thấp hơn có thể bình sai lại nếu việc lưu trữ trị đo cho phép, nếu không có điều kiện có thể tính chuyển theo công thức.

2. Tính chuyển toạ độ cho các loại bản đồ: dạng tính chuyển này đòi hỏi độ chính xác phù hợp với tỷ lệ bản đồ, giải quyết bài toán cũng có các trường hợp sau:

- Bản đồ ở dạng số sẽ được tính chuyển bằng công thức được đưa ra dưới dạng công cụ trong các phần mềm làm bản đồ số.
- Bản đồ trên giấy đang được số hoá cũng tính chuyển bằng công thức kết hợp với quá trình số hoá.
- Bản đồ trên giấy được tiếp tục sử dụng theo hệ Hà nội - 1972 nếu không có nhu cầu liên hệ với toạ độ trong hệ mới; trong trường hợp có nhu cầu sử dụng hệ toạ độ mới sẽ thực hiện kẻ thêm lưới ô vuông theo hệ toạ độ mới lên bản đồ đang sử dụng.
- Tính chuyển hệ thống góc khung bản đồ theo công thức ở dạng phần mềm máy tính phục vụ sản xuất bản đồ trong toàn ngành.

Khối lượng công việc tính chuyển toạ độ cho các lưới toạ độ không nhiều lắm và chúng ta có thể giải quyết trong vòng 1 năm. Điều đáng quan tâm là vấn đề tính chuyển toạ độ cho các loại bản đồ đang còn giá trị sử dụng. Giải quyết vấn đề này trở nên nhẹ nhàng hơn nếu ta công nhận sự tồn tại của cả 2 hệ thống: HN-72 và VN-98 trong một thời gian nhất định (khoảng 5 năm). Điều này cũng đã từng xảy ra khi chúng ta đã sử dụng 2 hệ thống bản đồ Gauss-Kruger của ta và UTM của Mỹ.

Điều quan trọng là phải biết chính xác mối liên hệ (công thức tính chuyển toạ độ) giữa 2 hệ thống để khi cần thiết có thể tự chuyển đổi.

Vấn đề còn lại cần giải quyết là xác định công thức tính chuyển toạ độ giữa 2 hệ thống HN-72 và VN-2000 trong tình trạng lưới toạ độ trong hệ Hà nội - 72 bị chia thành nhiều lưới nhỏ có gốc toạ độ khác nhau. Với đặc thù này bài toán cần phân chia ra thành nhiều trường hợp tùy thuộc vào mục đích cần tính chuyển, tức là phục thuộc vào độ chính xác đòi hỏi. Mặt khác việc tính toán cần đảm bảo yếu tố thống nhất trên toàn hệ thống. Như vậy, tùy theo tỷ lệ bản đồ và điều kiện cụ thể của lưới toạ độ trong hệ Hà Nội - 72 tại khu vực có thể xác định độ rộng phạm vi tính chuyển cho phù hợp. cách phân chia cụ thể được đưa ra trong bảng sau:

TỶ LỆ BẢN ĐỒ	SỐ KHU VỰC	MÔ TẢ KHU VỰC	ĐỘ CHÍNH XÁC
1/50.000 và nhỏ hơn	1	Cả nước	5m
1/25.000	3	1. Từ phía Bắc đến vĩ tuyến 16°	0,8 m
1/10.000		2. Từ vĩ tuyến 16° đến vĩ tuyến 12°	1,5 m
		3. Từ vĩ tuyến 12° đến phía Nam	2,0 m
1/5.000	70	Theo địa bàn tỉnh kết hợp với phạm vi các lưới toạ độ thành phần trong lưới hỗn hợp	0,1 m
1/2.000			
1/1.000 và lớn hơn	Sẽ có quy định riêng dựa vào việc tính chuyển các lưới hạng thấp kèm theo		

Trong mỗi khu vực sẽ có công thức cụ thể phục vụ tính chuyển. Các công thức này đã được tính toán thử và cho độ chính xác phù hợp với tỷ lệ bản đồ.

VI. KẾT LUẬN

1. Vấn đề xây dựng Hệ Quy chiếu và Hệ Toạ độ Quốc gia là một việc nhất thiết phải làm trong giai đoạn hiện nay để đáp ứng được những đòi hỏi của thực tế phát triển kinh tế - xã hội và đảm bảo an ninh - quốc phòng. Công trình này đặt vấn đề tìm cách giải quyết sao cho đảm bảo tốt nhất về kỹ thuật, hiệu quả cao trong sử dụng và tiết kiệm về kinh tế.

2. Lưới toạ độ Nhà nước của ta xây dựng từ 1959 tới 1992 đã phủ trùm cả nước là một lưới hỗn hợp gồm nhiều loại trị đo, được thực hiện trong một thời gian khá dài. Lưới GPS cấp "0" có độ chính xác khá cao, đã được sử dụng để kiểm tra chất lượng trị đo mặt đất và đảm bảo chức năng tăng cường độ chính xác cho lưới mặt đất và kết nối với hệ Quy chiếu Quốc tế. Các lưới GPS cấp "0" và cạnh ngắn được xử lý lại đạt độ chính xác cao hơn kết quả xử lý trong giai đoạn trước đây. Đến nay sau khi phân tích độ chính xác trị đo có thể kết luận được chất lượng trị đo đảm bảo yêu cầu kỹ thuật của lưới toạ độ hạng I và II sau khi đo bổ sung thay thế một số trị đo có chất lượng không đảm bảo. Riêng lưới biển có nhiều trị đo không đảm bảo độ chính xác hạng II nên được đưa vào như một lưới hạng III.

3. Quá trình tính toán xử lý toán học lưới toạ độ Quốc gia được tiến hành trước hết trên hệ Quy chiếu WGS-84 Quốc tế dựa vào 8 điểm đo GPS tuyệt đối theo chế độ quan trắc liên tục 24 giờ. Mô hình Geoid dựa vào mô hình toàn cầu EGM-96 kết hợp với tập hợp 367 điểm GPS có độ cao thuỷ chuẩn để tính toán dị thường độ cao và kết quả tính độ lệch dây dọi theo phương pháp nội suy thiên văn - trắc địa - trọng lực hoàn toàn đủ độ chính xác để hiệu chỉnh các trị đo về hệ quy chiếu yêu cầu. Quá trình xử lý cho thấy chất lượng các trị đo GPS cấp "0" rất cao, các trị đo mặt đất hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đặt ra. Lưới Toạ độ Quốc gia được đo nối với lưới toạ độ quốc tế thông qua các điểm đo toạ độ tuyệt đối và việc đo nối với lưới IGS.

4. Hệ Quy chiếu được lựa chọn phù hợp cho Việt Nam: Ellipsoid Quy chiếu WGS-84 định vị tại Việt Nam theo 25 điểm GPS có độ cao thuỷ chuẩn phân bố đều trên toàn lãnh thổ, lưới chiếu toạ độ phẳng UTM theo hệ thống phân mảnh quốc tế

và hệ thống danh pháp bản đồ hiện hành của Việt Nam có chú thích danh pháp quốc tế. Việc định vị ellipsoid quy chiếu đã được thử nghiệm với một vài nghiên cứu cho cả Ellipsoid Krasovski. Phương án định vị cuối cùng được thực hiện theo 2 thuật toán khác nhau và thu được kết quả thống nhất.

5. Bình sai lưới hỗn hợp thiên văn - trắc địa - vệ tinh (GPS - mặt đất) nước ta trên hệ Quy chiếu Quốc gia VN-2000 được nghiên cứu theo nhiều phương án khác nhau. Phương án được lựa chọn là tập hợp trị đo mặt đất được chuyển về Ellipsoid WGS-84 định vị theo dị thường độ cao tính từ mô hình Geoid và độ lệch dây dọi tính theo phương pháp nội suy thiên văn - trắc địa - trọng lực; toàn lưới hỗn hợp được bình sai chung với 1 điểm gốc là N00 tại Hà nội. Toạ độ lưới sau bình sai không có sai khác đáng kể với toạ độ tại các điểm cơ sở định vị. Phương án bình sai cuối cùng được thực hiện theo 3 thuật toán khác nhau: thuật toán trong chương trình bình sai **TRIMNET+** của Mỹ, thuật toán khối điều khiển và thuật toán Choleski kinh điển không chia khối. Kết quả bình sai theo 3 thuật toán này rất thống nhất, chỉ thể hiện các sai số tính toán trong phạm vi cho phép.

6. Việc tính chuyển toạ độ giữa các hệ quy chiếu hiện hành được xem xét đầy đủ, tạo thuận lợi cho triển khai trong thực tế và không đòi hỏi chi phí kinh phí tốn kém.

*

* *