

# Khả năng cải thiện độ chính xác định vị điểm khi kết hợp GPS và SBAS

- Đỗ Công Hữu <sup>1</sup>
- Nguyễn Ngọc Lâu <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Tp. HCM

<sup>2</sup> Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(Bản thảo nhận ngày 28 tháng 06 năm 2016, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 06 tháng 08 năm 2016)

## TÓM TẮT

Các vệ tinh địa tĩnh thuộc hệ thống tăng cường SBAS không những truyền số cải chính mà còn cung cấp cả mã C/A và bản lịch vệ tinh địa tĩnh trên tần số L1. Lúc này, vệ tinh địa tĩnh SBAS giống như vệ tinh GPS cung cấp trị đo giả cự ly đến người dùng. Đặc điểm của trị đo này là nó luôn thường trực vì các vệ tinh địa tĩnh không di chuyển. Hiện nay, số lượng vệ tinh địa tĩnh của hệ thống SBAS đã gia tăng đáng kể. Đây có thể là nguồn bổ sung trị đo giả cự ly

cho hệ thống GPS. Bài báo trình bày các khảo sát nhằm đánh giá khả năng cải thiện độ chính xác trong định vị điểm khi xử lý kết hợp trị đo của các vệ tinh địa tĩnh thuộc hệ thống SBAS và vệ tinh GPS. Việc khảo sát chỉ thực hiện trên nội dung đánh giá sự đóng góp của các vệ tinh địa tĩnh vào cấu hình định vị. Kết quả cho thấy chỉ số PDOP có thể cải thiện từ 1.2 đến 1.7 lần khi xử lý kết hợp..

**Từ khóa:** GPS, SBAS, định vị kết hợp, cải thiện độ chính xác

## 1. GIỚI THIỆU

SBAS (Satellite Based Augmentation System) là hệ thống định vị tăng cường dựa trên cơ sở vệ tinh. Nói cách khác, đây là hệ thống định vị GPS vì phân diện rộng được phát triển và đưa vào sử dụng từ khoảng năm 2003. Hệ thống SBAS bao gồm mạng lưới các trạm tham chiếu và hệ thống phát tín hiệu cải chính trên diện rộng thông qua các vệ tinh viễn thông địa tĩnh. Các vệ tinh địa tĩnh trong hệ thống SBAS không chỉ phát các tín hiệu cải chính mà còn cung cấp trị đo giả cự ly tương tự như các vệ tinh GPS. Nếu chúng ta khảo sát đánh giá được độ tin cậy của các trị đo này. Đây sẽ là tiền đề tạo nên cơ sở lý thuyết cho việc định vị kết hợp

giữa các trị đo của vệ tinh GPS và trị đo vệ tinh địa tĩnh của SBAS. Điều này sẽ góp phần quan trọng trong việc cải thiện độ chính xác định vị khi số lượng trị đo được bổ sung đáng kể.

Trong bài báo này, chúng tôi tập trung vào việc chứng minh khả năng cải thiện độ chính xác khi kết hợp GPS và SBAS dựa vào chỉ số DOP và giả sử chất lượng trị đo SBAS và GPS là như nhau. Việc khảo sát độ chính xác của trị đo SBAS sẽ được trình bày trong một bài báo khác.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1 Tín hiệu L1 của vệ tinh SBAS

Các vệ tinh địa tĩnh của SBAS không những phát tín hiệu cải chính mà còn phát cả lịch vệ tinh địa tĩnh và C/A-code trên tần số L1(của GPS). Vì tần số phát giống như tần số của vệ tinh GPS cho nên máy thu GPS của người sử dụng có thể thu và giải mã, cung cấp trị đo giả cự ly từ vệ tinh SBAS đến máy thu [1], [3]. Lúc này vệ tinh địa tĩnh trở thành một vệ tinh định vị tương tự như vệ tinh GPS cung cấp bổ sung một nguồn trị đo khoảng cách giả từ máy thu đến vệ tinh địa tĩnh. Các vệ tinh địa tĩnh không di chuyển như các vệ tinh GPS nên trị đo này luôn thường trực trong khu vực đo.

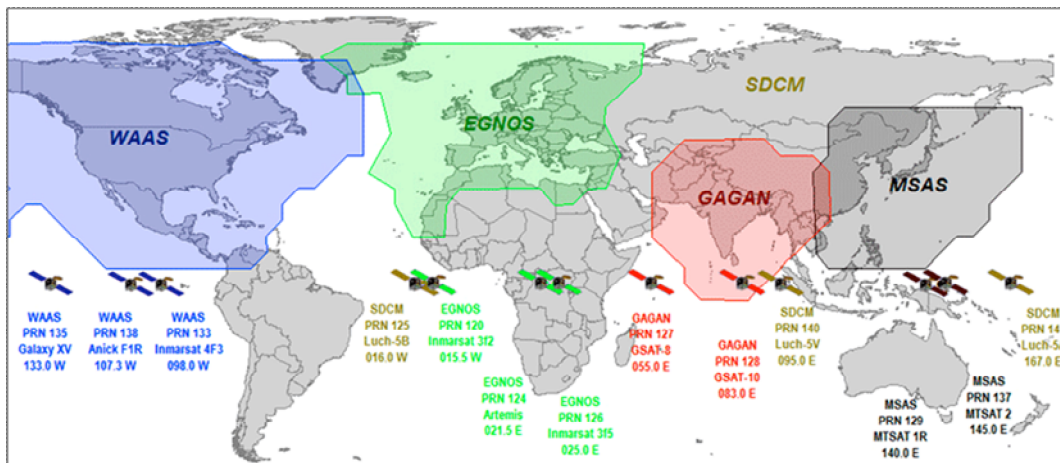
Với đồ hình phân bố của hệ thống SBAS hiện nay, số lượng vệ tinh địa tĩnh hoạt động trên quỹ đạo xích đạo đã lên tới khoảng 13 vệ tinh (số lượng này sẽ tăng khi các hệ thống khác được hoàn thiện) và được phân bố bao phủ toàn cầu (Hình 1). Tại một điểm bất kỳ sẽ thu nhận được ít nhất từ 2-3 trị đo của vệ tinh địa tĩnh.

Điều này làm gia tăng đáng kể số lượng trị đo thu được tại trạm thu.

## 2.2 Trị đo vệ tinh SBAS

Giống như vệ tinh GPS, mỗi vệ tinh địa tĩnh của hệ thống SBAS được gán một mã giả ngẫu nhiên theo thứ tự (Pseudo Random Noise – PRN). Vì thế, số hiệu vệ tinh cũng được ký hiệu kèm PRN (ví dụ: PRN127, PRN139...).

Việc thu và giải mã các tín hiệu đều dùng các kỹ thuật tương tự như đối với tín hiệu GPS. Đối với các máy thu GNSS có khả năng thu tín hiệu SBAS thì file trị đo có được từ quá trình thu bao gồm file trị đo (observation) chứa cả trị đo của các vệ tinh GPS và SBAS (Hình 2), file bản lịch vệ tinh GPS (navigation) chứa các thông số quỹ đạo vệ tinh GPS, file bản lịch vệ tinh SBAS (SBAS Navigation) chứa thông số về tọa độ các vệ tinh địa tĩnh SBAS (Hình 3).



Hình 1. Đồ hình phân bố các vệ tinh địa tĩnh SBAS

|            |                     |          |                        |               |            |   |    |
|------------|---------------------|----------|------------------------|---------------|------------|---|----|
| 2015       | 08                  | 04       | 00                     | 01            | 30.0000000 | 0 | 32 |
| G01        | 22973424.062        | 7        | 120726159.06707        | 2601.349      | 7          |   |    |
| <b>S27</b> | <b>39894329.029</b> | <b>5</b> | <b>209646105.30705</b> | <b>-5.168</b> | <b>5</b>   |   |    |
| G03        | 23670440.304        | 5        | 124389000.67605        | 2341.878      | 5          |   |    |
| G31        | 24935174.980        | 6        | 131035235.34306        | 2456.501      | 6          |   |    |
| <b>S37</b> | <b>37533496.127</b> | <b>7</b> | <b>197239856.52107</b> | <b>3.049</b>  | <b>7</b>   |   |    |
| ...        |                     |          |                        |               |            |   |    |

Hình 2. Cấu trúc file Observation\_Rinex\_v3.01 chứa trị đo SBAS

```

...
S37 2015 08 04 00 01 04 6.891787052155E-08-1.818989403546E-12 1.728400000000E+05
-3.451267336000E+04-5.418750000000E-04-1.000000000000E-07 3.100000000000E+01
2.419934632000E+04-1.921875000000E-03-5.000000000000E-08 1.600000000000E+01
-1.114800000000E+00-1.024000000000E-03 0.000000000000E+00 1.500000000000E+02
...

```

Hình 3. Cấu trúc Navigation\_SBAS\_Rinex\_v3.01 chứa tham số tọa độ vệ tinh SBAS

### 2.3 Tọa độ vệ tinh

Tọa độ vệ tinh GPS được tính từ tập tham số quỹ đạo vệ tinh cho trong bản lịch phát tin. Các công thức, các thuật toán tính toán và các vấn đề về sai số được tham khảo đầy đủ theo tài liệu [4], [5].

Khác với hệ thống định vị GPS, lịch vệ tinh địa tĩnh của hệ thống SBAS lại cung cấp các vector trạng thái gồm tọa độ, vận tốc và gia tốc vệ tinh tại thời điểm lịch (giống GLONASS). Trên cơ sở đó cần phải tính tọa độ vệ tinh tại thời điểm quan sát ( $t$ ) [6].

Để tính tọa độ vệ tinh tại thời điểm quan sát ( $t$ ), người ta sử dụng phương pháp Runge – Kutta. Bài báo sử dụng công thức Runge – Kutta bậc 4 để đảm bảo độ chính xác xác định tọa độ vệ tinh SBAS.

Công thức Runge – Kutta bậc 4 có dạng:

$$x(t_0 + h) = (x(t_0) + \frac{1}{6}(F_1 + 2F_2 + 2F_3 + F_4) + \epsilon(h^5)) \quad (1)$$

Trong đó ký hiệu đạo hàm bậc nhất:

$$\frac{dx}{dy} = f(t, x) \quad (2)$$

Và

$$F_1 = hf(t_0, x_0) \quad (3)$$

$$F_2 = hf(t_0 + \frac{1}{2}h, x_0 + \frac{1}{2}F_1) \quad (4)$$

$$F_3 = hf(t_0 + \frac{1}{2}h, x_0 + \frac{1}{2}F_2) \quad (5)$$

$$F_4 = hf(t_0 + h, x_0 + F_3) \quad (6)$$

Các thời điểm tham khảo cho trong bản lịch vệ tinh địa tĩnh thường cách nhau 5 phút. Việc lựa chọn bước tích phân  $h$  theo công thức (1) cần phải được xem xét cho phù hợp để đảm bảo độ chính xác các tọa độ của vệ tinh địa tĩnh theo thời gian tham khảo ( $t$ ) tương tự như đã thực hiện trong tài liệu [7].

### 2.4 Thuật toán định vị

Thuật toán định vị tuyệt đối được thực hiện dựa trên các phương trình giả cự ly đã được nêu trong các tài liệu cơ bản về định vị vệ tinh GPS [4]. Hệ phương trình xác định tọa độ máy thu là một hệ phương trình phi tuyến được giải bằng phương pháp gần đúng. Do vậy, độ chính xác của tọa độ máy thu phụ thuộc vào sự phân bố hình học của các vệ tinh nên cần đánh giá chất lượng hình học của lời giải bài toán định vị thông qua chỉ số DOP.

### 2.5 Chỉ số DOP

DOP (Dilution Of Precision) - độ suy giảm độ chính xác hay độ phân tán độ chính xác là thuật ngữ được sử dụng trong kỹ thuật định vị GPS nhằm xác định ảnh hưởng của cấu hình hình học vệ tinh đến độ chính xác định vị trị đo. Giá trị DOP là chỉ số không đơn vị (bài báo chỉ khảo sát đến chỉ số PDOP).

Công thức tính PDOP theo tài liệu [2] :

$$PDOP = \frac{\sqrt{Q_{XX} + Q_{YY} + Q_{ZZ}}}{\sigma} \quad (7)$$

Với  $Q$  là ma trận nghịch đảo của ma trận hệ số phương trình chuẩn:

$$Q = N^{-1} = (A^T P A)^{-1} \quad (8)$$

$$Q = \begin{bmatrix} Q_{XX} & Q_{XY} & Q_{XZ} & Q_{XT} \\ Q_{XY} & Q_{YY} & Q_{YZ} & Q_{YT} \\ Q_{XZ} & Q_{YZ} & Q_{ZZ} & Q_{ZT} \\ Q_{XT} & Q_{YT} & Q_{ZT} & Q_{TT} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Trong định vị, thường sử dụng chỉ số PDOP và GDOP để đánh giá. Khi vệ tinh nhiều và phân bố đều trên bầu trời theo phương vị và góc cao thì PDOP sẽ nhỏ, chất lượng hình học của lời giải càng tốt.

Do các yếu tố chính ảnh hưởng đến chỉ số DOP là số lượng vệ tinh và vị trí của các vệ tinh trên bầu trời nên việc khảo sát đánh giá sự đóng góp của các vệ tinh SBAS vào cấu hình định vị là cần thiết.

## 2.6 Quy trình xử lý dữ liệu khảo sát

Việc khảo sát, đánh giá chất lượng của các trị đo SBAS chỉ đạt hiệu quả tối ưu khi đã nghiên cứu tính toán và hiệu chỉnh đầy đủ các nguồn sai số ảnh hưởng đến trị đo. Riêng trong bài báo này, phạm vi khảo sát chỉ thực hiện trong nội dung tính toán các giá trị DOP để đánh giá mức độ tác động của cấu hình các vệ tinh SBAS đến lời giải bài toán định vị.

\* Quy trình xử lý dữ liệu được thực hiện theo các bước sau:

1. Thu thập dữ liệu đo từ các trạm thu IGS có trang bị antenna thu được các tín hiệu của SBAS. Trong phạm vi bài báo chỉ sử dụng trị đo giả cự ly C1.
2. Thực hiện bài toán định vị điểm đơn và tính toán các chỉ số DOP theo từng bộ dữ liệu: GPS, GPS+SBAS.
3. So sánh các kết quả để kết luận đánh giá.

## 3. DỮ LIỆU VÀ KẾT QUẢ KHẢO SÁT

### 3.1 Nguồn dữ liệu

Để có kết quả khảo sát tốt cần phải có bộ dữ liệu thu ổn định và liên tục. Vì vậy trong kết quả khảo sát, bài báo sử dụng nguồn dữ liệu thu

từ các trạm IGS có trang bị antenna có khả năng thu đầy đủ các dữ liệu đo của các vệ tinh SBAS.

Dữ liệu phục vụ khảo sát được lấy từ trạm IGS NNOR đặt tại thị trấn New Norcia – Australia. Trạm thu sử dụng anten ASHTECH Z-XII3 có khả năng thu được tín hiệu vệ tinh SBAS. [8], [9].

Vị trí địa lý của trạm NNOR được chọn vì nó tương đồng với Việt Nam, đều là khu vực nằm trong vùng phủ của các vệ tinh PRN127, PRN128, PRN129, PRN137 thuộc hệ thống MSAS của Nhật và GAGAN của Ấn độ. Nếu thu được đầy đủ thì số lượng trị đo từ các vệ tinh địa tĩnh sẽ là 4.

### 3.2 Phương pháp khảo sát

Việc tính toán khảo sát trong bài báo được thực hiện theo nội dung: Khảo sát độ lệch giữa kết quả PDOP từ trị đo hỗn hợp GPS+SBAS và kết quả tính PDOP từ trị đo GPS đơn thuần ở từng thời điểm khảo sát nhất định theo số lượng vệ tinh khác nhau và khảo sát độ lệch chỉ số PDOP liên tục 24 giờ. Dữ liệu khảo sát theo 2 trường hợp sau:

- Trường hợp 1: Khảo sát chỉ số PDOP theo số lượng vệ tinh.

✓ Số lượng 8 vệ tinh GPS+3 vệ tinh SBAS.

✓ Số lượng 4 vệ tinh GPS+3 vệ tinh SBAS.

- Trường hợp 2: So sánh chỉ số PDOP đối với 2 bộ dữ liệu trong suốt 24 giờ liên tục.

\* Các vấn đề trong quá trình xử lý:

Tọa độ các vệ tinh GPS được tính từ các tham số quỹ đạo cho trong bản lịch phát tín (chưa hiệu chỉnh các đầy đủ các sai số). Tọa độ vệ tinh SBAS được tính dựa vào công thức Range – Kutta bậc 4 để nội suy từ 2 thời điểm tham khảo gần nhất cho trong bản lịch vệ tinh địa tĩnh. Thời gian đã được chuẩn hóa theo giờ GPS cung cấp trong file trị đo (Thời gian dùng

khảo sát là từ 0 h đến 24 h, chỉ số PDOP được tính theo giãn cách 15 phút). Trong thuật toán tính toán, để khảo sát riêng lẻ về sự ảnh hưởng của cấu hình các vệ tinh SBAS đến cấu hình chung, *bài báo xem trọng số của trị đo SBAS và GPS là như nhau*. Trong thực tế, độ chính xác của trị đo của SBAS có thể khác với trị đo GPS.

### 3.3 Kết quả khảo sát

Kết quả từ Bảng 1 cho thấy, sự đóng góp của cấu hình vệ tinh SBAS làm giảm đáng kể chỉ số PDOP - giảm 20 % trong trường hợp số lượng vệ tinh GPS nhiều (8) và giảm đến 40 % trong trường hợp số lượng vệ tinh GPS ít (4).

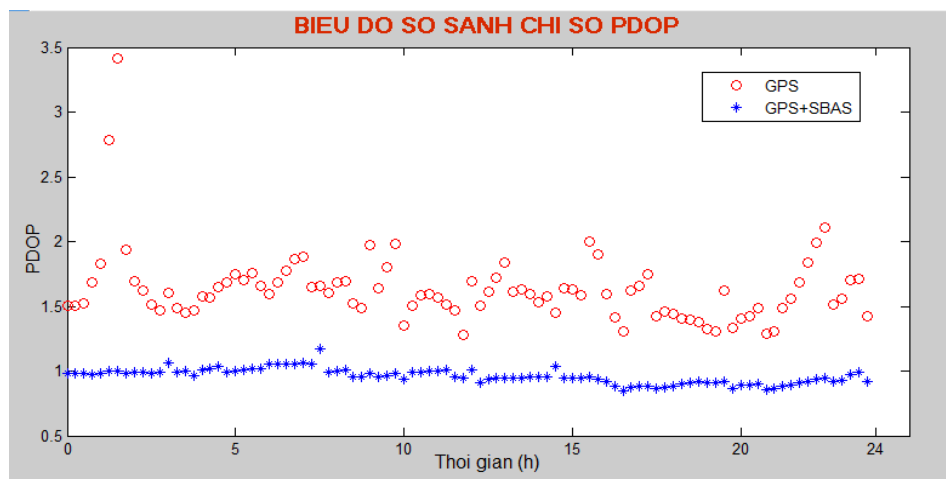
Kết quả khảo sát từ biểu đồ so sánh liên tục 24 giờ (Hình 5) cho thấy, cấu hình vệ tinh SBAS không những làm giảm chỉ số PDOP trung bình khoảng 30% so với dữ liệu GPS đơn

thuần mà còn cho thấy *sự ổn định* của chỉ số DOP luôn duy trì ở mức thấp. Điều này có thể lý giải được vì vị trí của các vệ tinh SBAS thay đổi không đáng kể. Tuy kết quả còn phụ thuộc vào vị trí của trạm thu đối với các vệ tinh SBAS nhưng nhìn chung cấu hình vệ tinh SBAS bổ sung đáng kể cho bài toán định vị.

Việc tính toán khảo sát chỉ thực hiện trên các phép tính đơn giản với nguồn dữ liệu tối thiểu, chỉ tính toán khảo sát mức độ ảnh hưởng của cấu hình các vệ tinh SBAS đến bài toán định thông qua các chỉ số DOP. Vấn đề ảnh hưởng của các trị đo, cần có sự nghiên cứu tính toán và hiệu chỉnh các sai số mới đánh giá đầy đủ được khả năng kết hợp định vị với trị đo GPS.

**Bảng 1.** Kết quả khảo sát các chỉ số DOP theo số lượng vệ tinh.

| Kết quả 1 | GPS (8) | GPS (8) + SBAS (3) | Mức độ cải thiện |
|-----------|---------|--------------------|------------------|
| PDOP      | 1.5     | 1.2                | 1.2              |
| Kết quả 2 | GPS (4) | GPS (4) + SBAS (3) |                  |
| PDOP      | 3.1     | 1.8                | 1.7              |



**Hình 5.** Đồ thị so sánh chỉ số PDOP cho trường hợp 1 trong 24 giờ.

#### 4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả khảo sát nhận thấy rằng, sự tham gia của cấu hình vệ tinh địa tĩnh SBAS đã góp phần cải thiện đáng kể chỉ số DOP. Đây là vấn đề quan trọng trong việc cải thiện độ chính xác định vị. Riêng về việc đánh giá chất lượng trị đo, cần quan tâm đến các vấn đề về sai số đồng hồ vệ tinh địa tĩnh và sai số do tầng điện ly và đối lưu. Đây là vấn đề khá quan trọng vì độ cao các vệ tinh địa tĩnh cao hơn rất nhiều so

với các vệ tinh GPS nên các yếu tố ảnh hưởng đến môi trường truyền sóng là rất lớn. Ngoài ra, bản lịch vệ tinh địa tĩnh được cho dưới dạng các vector trạng thái tọa độ vệ tinh nên việc nội suy cần sử dụng các phương pháp tính toán tin cậy. Nếu kết quả đánh giá chất lượng trị đo từ vệ tinh SBAS là khả quan, kết hợp với sự ổn định của cấu hình SBAS thì độ chính xác định vị sẽ được cải thiện đáng kể.

## The capability of accuracy improvement in point positioning using the combination of GPS and SBAS satellites

- Do Cong Huu <sup>1</sup>
- Nguyen Ngoc Lau <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ho Chi Minh city University Of Natural Resources And Environment, Vietnam

<sup>2</sup> Ho Chi Minh city University of Technology, VNU-HCM, Vietnam

#### ABSTRACT

*The geostationary satellite of SBAS transmits not only corrections but also provides the code C/A on the L1 frequency. On which SBAS geostationary satellites like GPS satellites provide pseudo-ranges measurement C1. The features of this measurement is that it is always permanent because geostationary satellites do not move. This will be an additional source of pseudo-range measurement for the GPS system. With the current constellation of all SBAS systems, the number of operational*

*geostationary satellites in orbit around the equator has risen to 12 (the number will increase in the future) and be distributed to give global coverage. The objective of this study is to present several surveys to evaluate accuracy improvement capability in point positioning when processing mixed measurements from the geostationary satellites in the SBAS and GPS. The results show that PDOP can be improved from 1.2 to 1.7 times when mixed processing.*

**Keywords:** GPS, SBAS, combination, accuracy Improvement

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Lambert Wanninger, *The Future is Now GPS+SBAS+GLONASS=GNSS*, GPS World, July 2008, pp. 42-48.
- [2]. Richard B.Langley, *Dilution of Precision*, GPS World, May 1999, pp. 52-59.
- [3]. Van Dierendonck, A. J., Hegarty, Chris, Niles, Rick, Morrissey, Tom, Reddan, Pat, *Next Generation Satellite Based Augmentation System (SBAS) Signal Specification*, Proceedings of the 2005 National Technical Meeting of The Institute of Navigation, San Diego, CA, January 2005, pp. 371-384.
- [4]. Nguyễn Ngọc Lâu, *Bài giảng công nghệ GPS (cao học trắc địa)*, Bộ môn Địa Tin Học Trường Đại học Bách Khoa TP.Hồ Chí Minh.
- [5]. Nguyễn Ngọc Lâu, “*Cải thiện phương pháp tính tọa độ vệ tinh GPS từ bản lịch phát tín*”, Tuyển tập Hội nghị Khoa học và Công nghệ lần thứ 8 – Trường Đại học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh, 2002, pp. 37-44.
- [6]. Hà Minh Hòa, “*Nghiên cứu phương pháp xử lý đồng thời các dữ liệu đo GPS/GLONASS để đồng bộ dị thường độ cao vệ tinh – thủy chuẩn và dị thường độ cao trọng lực trong bài toán xác định mặt Geoid*”, Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học – Hà Nội 10-2008.
- [7]. Nguyễn Ngọc Lâu và Dương Minh Âu, “*Khảo sát bước và bậc của phương pháp Runge-Kutta trong việc tính toán tọa độ vệ tinh GLONASS*”, Tuyển tập Hội nghị Khoa học và Công nghệ lần thứ 12 – Trường Đại học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh, 2011, pp. 329.
- [8]. Website <http://igs.cb.jpl.nasa.gov/>
- [9]. Website <ftp://igs.bkg.bund.de>