

Thử nghiệm định vị tuyệt đối dùng hệ thống vệ tinh BEIDOU tại Việt Nam

• Nguyễn Ngọc Lâu

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

Chúng tôi xử lý tuyệt đối dùng trị đo giả cự ly BEIDOU thu thập ở Tp. Hồ Chí Minh. Độ chính xác định vị đạt được là 2.3m, 4.5m và 3.9m theo hướng Bắc, Đông và độ cao so với (0.8, 0.9, 1.7) của GPS và (2.0, 1.9, 4.1) của

GLONASS. Kết quả này cho thấy ở Việt Nam hoàn toàn có thể định vị chỉ dùng riêng các vệ tinh BEIDOU, đồng thời mở ra khả năng định vị tích hợp các hệ thống vệ tinh để nâng cao độ chính xác.

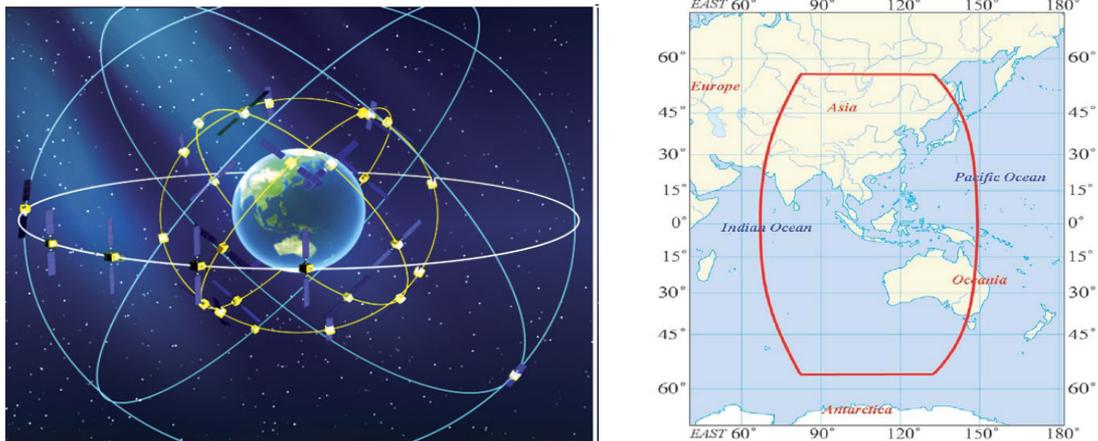
Từ khóa: Định vị tuyệt đối, GPS, GLONASS, BEIDOU

1. GIỚI THIỆU VỀ HỆ THỐNG VỆ TINH ĐỊNH VỊ BEIDOU

Hệ thống vệ tinh định vị BEIDOU (còn có tên là COMPASS) do Trung quốc xây dựng và phát triển. BEIDOU có chức năng tương đương với GPS của Mỹ, GLONASS của Nga và GALILEO của Châu Âu. Hệ thống vệ tinh định vị Beidou gồm có ba phần: phần không gian, phần mặt đất và phần người sử dụng. Phần mặt đất bao gồm các trạm điều khiển chính, các trạm truyền dẫn và các trạm giám sát. Phần người sử dụng bao gồm các thiết bị đầu cuối của hệ thống Beidou, và một số tương thích với hệ thống dẫn đường vệ tinh khác. Theo thiết kế, phần không gian đầy đủ bao gồm 35 vệ tinh: 5 trên quỹ đạo địa tĩnh (Geostationary Earth Orbit - GSO), 3 trên quỹ đạo địa tĩnh nghiêng (Inclined Geosynchronous Satellite Orbit - IGSO) và 27 vệ tinh trên quỹ đạo trung bình (Medium Earth Orbit - MEO) (xem hình 1).

Trước 2013, Trung Quốc đã phóng được 5 GEO, 4 MEO và 5 IGSO. Với số lượng vệ tinh trên, BEIDOU có thể bao phủ phần lớn khu vực Châu Á – Thái Bình Dương (xem hình 2). Sau một gian đánh giá hệ thống đã có và nghiên cứu chế tạo vệ tinh thế hệ mới. vào 30-03-2015 vệ tinh thế hệ mới đầu tiên của Beidou đã được phóng thành công vào quỹ đạo bằng tên lửa LM-3C. Sự kiện này có ý nghĩa là hệ thống Beidou của Trung Quốc đã bắt đầu mở rộng vùng che phủ từ khu vực ra thế giới.

BEIDOU sử dụng hệ tọa độ CGCS2000 (China Geodetic Coordinate System 2000). CGCSS2000 đồng nhất với ITRF1997 tại epoch 2000 [1, 3, 4]. BEIDOU sử dụng hệ thống thời gian BEIDOU (BEIDOU Time – BDT). BDT là một thang thời gian liên tục bắt đầu từ 0:0:0 UTC 01-01-2006, đồng bộ với UTC với sai số nhỏ hơn 100 nanosec [1].



Hình 1. Phần không gian (trái) và khu vực bao phủ của BEIBOU trước 2013 (chấp nhận từ [2])

Việt Nam nằm ở trung tâm vùng bao phủ của hệ thống BEIBOU. Do đó về mặt lý thuyết chúng ta có thể định vị độc lập bằng hệ thống vệ tinh BEIBOU. Trước đây chúng ta có rất ít máy thu có thể thu tín hiệu từ vệ tinh BEIDOU, thì hiện nay đã xuất hiện ngày càng nhiều các loại máy có khả năng thu được tín hiệu từ 3 hệ thống vệ tinh GPS, GLONASS và BEIDOU như Hi-Target V30, Topcon GR5, South S82V, vv. Trong bài báo này, chúng tôi sử dụng máy thu Hi-Target V30 và Topcon GR5 thu thập dữ liệu tại TP Hồ Chí Minh để đánh giá khả năng định vị độc lập và độ chính xác của BEIBOU khi so sánh với các hệ thống vệ tinh định vị khác.

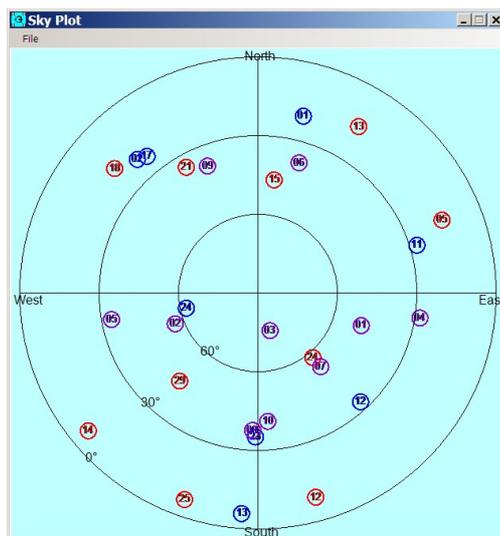
2. THU THẬP DỮ LIỆU VÀ XÁC ĐỊNH TỌA ĐỘ ĐIỂM GÓC

Để thu thập dữ liệu, chúng tôi lần lượt đặt các máy thu Hi-Target V30 và Topcon GR5 lên 2 mốc BK00 và BK01 trên nóc nhà C5 trong khuôn viên ĐHBK TPHCM vào các ngày 16 và 20/03/2015 (xem hình 2). Tốc độ thu dữ liệu là 15 giây với chiều dài ca đo từ 6 – 9 h. Máy

Topcon GR5 được đặt tương tự vào các ngày 13-14/03/2015, 19/05/2015 và 23/06/2015 với tốc độ thu 1 giây. Tuy nhiên do lỗi firmware, máy thu GR5 chỉ thu được BEIDOU vào ngày 23/06/2015.

Phân tích dữ liệu ở định dạng RINEX V2.11 xuất ra từ máy thu, chúng tôi thấy số lượng vệ tinh quan sát rất dồi dào. Có thời điểm lên đến 28 vệ tinh (xem hình 4). Trong đó có 10 vệ tinh GPS, 8 GLONASS và 10 vệ tinh BEIDOU.

Để có cơ sở đánh giá độ chính xác định vị từng hệ thống, chúng tôi xác định vị trí điểm gốc BK00 bằng cách gửi dữ liệu đến dịch vụ định vị điểm chính xác CSRS-PPP (<http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php>). Theo nghiên cứu [6], độ chính xác định vị của dịch vụ này có thể đạt được ở mức cm, đủ để làm cơ sở đánh giá độ chính xác định vị điểm. Kết quả định vị được cho ở Bảng 1.



Hình 2. Thu thập dữ liệu BEIDOU tại nhà C5 Đại học Bách khoa TP HCM (trái) và số lượng vệ tinh quan sát ngày 20/03/2015 (phải: GPS – đỏ, GLONASS: xanh, BEIDOU - tím)

Bảng 1. Xác định tọa độ điểm gốc BK00 bằng CSRS-PPP trong ITRF2008

Ngày đo	Vĩ độ	Kinh độ	Độ cao ellipsoid (m)	Máy thu
13/03/2015 6 hours	10°46'31.0854" ±0.010m	106°39'36.1427" ±0.033m	26.269 ±0.043m	Topcon GR5
14/03/2015 4 hours	10°46'31.0853" ±0.010m	106°39'36.1431" ±0.033m	26.247 ±0.041m	Topcon GR5
16/03/2015 4 hours	10°46'31.0848" ±0.009m	106°39'36.1425" ±0.022m	26.174 ±0.031m	HiTarget V30
20/03/2015 9 hours	10°46'31.0852" ±0.004m	106°39'36.1428" ±0.012m	26.203 ±0.022m	HiTarget V30
19/05/2015 3 hours	10°46'31.0847" ±0.018m	106°39'36.1416" ±0.043m	26.235 ±0.071m	Topcon GR5
23/06/2015 6.5 hours	10°46'31.0850" ±0.004m	106°39'36.1432" ±0.015m	26.265 ±0.021m	Topcon GR5
Trung bình Trọng số	10°46'31.0851"	106°39'36.1428"	26.230	

3. KHẢO SÁT ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA BẢN LỊCH TRUYỀN THÔNG BEIDOU

Bảng 2. Độ chính xác tọa độ và đồng hồ của vệ tinh BEIDOU ngày 20/03/2015

Vệ tinh	SSTP tọa độ (m)			Đồng hồ (μ s)
	X	Y	Z	
1	10.376	3.270	1.887	227.300
2	15.442	9.676	2.550	0.125
3	20.889	2.056	1.914	17.880
4	2.748	13.279	3.039	0.109
5	11.087	4.103	2.282	0.090
6	0.926	1.048	1.699	0.108
7	3.407	2.752	2.048	0.120
8	4.070	1.709	2.172	0.118
9	1.210	1.113	1.057	0.101
10	2.603	0.512	1.079	0.099
12	25.367	21.312	55.906	0.007
TB	8.920	5.530	6.876	0.097

Cách tính tọa độ và số hiệu chỉnh đồng hồ vệ tinh BEIDOU từ bản lịch truyền thông rất tương tự như GPS. Vì cả hai đều dùng 15 tham số Kepler mở rộng để mô tả quỹ đạo và các hệ số đa thức cho số hiệu chỉnh đồng hồ [1]. Trong khi bản lịch GLONASS truyền đi 6 tham số về

tọa độ và vận tốc của vệ tinh. Việc tính tọa độ vệ tinh GLONASS từ bản lịch truyền thông đã được đề cập trong tài liệu [8].

Để đánh giá độ chính xác của bản lịch truyền thông BEIDOU, chúng tôi tính tọa độ và số hiệu chỉnh đồng hồ vệ tinh BEIDOU cách nhau 30 phút trong ngày đo. Sau đó so sánh với bản lịch chính xác của tổ chức IGS ở Bảng 2.

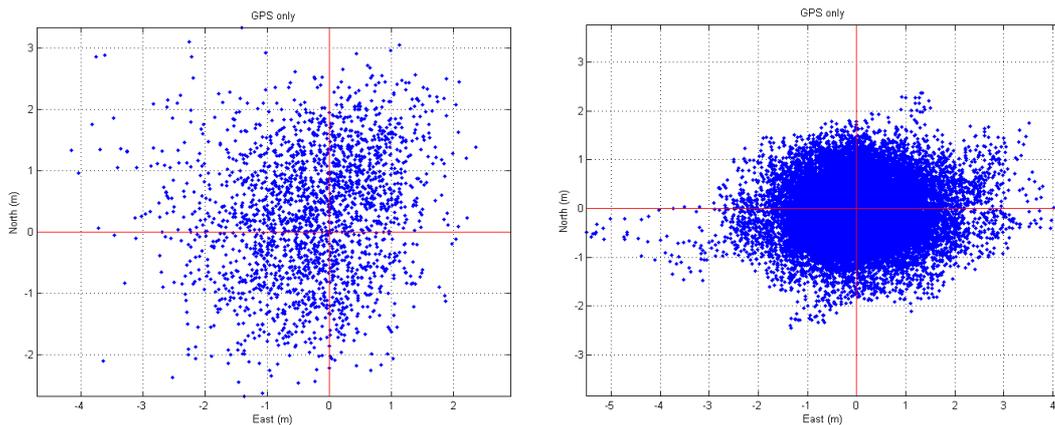
Kết quả ở Bảng 2 cho thấy sai số tọa độ vệ tinh BEDOU gần tương đương với GPS nhưng đồng hồ thì kém chính xác hơn (theo [9], đối với GPS là 7.5m và 5ns). Mặt khác sai số của các vệ tinh BEDOU cũng không đồng đều. Các vệ tinh số 1, 2, 3, 12 có sai số lên đến hàng chục mét, vượt xa các vệ tinh còn lại. Do đó, chúng ta có thể dự báo độ chính xác định vị BEDOU cũng sẽ thấp hơn GPS vì lý do này.

4. PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

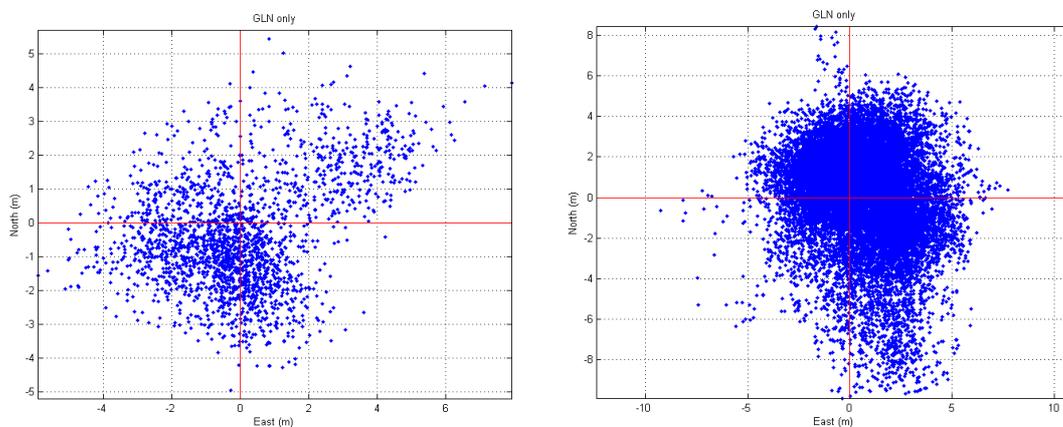
Chúng tôi dùng phần mềm khoa học GUST để xử lý dữ liệu đo ở trên [7]. GUST V3.1 có khả năng xử lý độc lập hay kết hợp dữ liệu đo của GPS, GLONASS và BEIDOU. Trong bài báo này chúng tôi chỉ chú trọng đến độ chính xác định vị điểm đơn. Do đó chỉ dùng trị đo giả cự ly và bản lịch vệ tinh truyền thông. Để khắc phục ảnh hưởng của tầng điện ly, chúng tôi dùng trị đo kết hợp P3 trên hai tần số. Chúng tôi cũng bỏ qua độ lệch nhỏ giữa các hệ thống tọa độ WGS84 (GPS), PZ-90.11 (GLONASS), CGCSS2000 (BEIDOU) và ITRF2008 (xem Bảng 3).

Bảng 3. Mối quan hệ giữa các hệ thống tọa độ vệ tinh

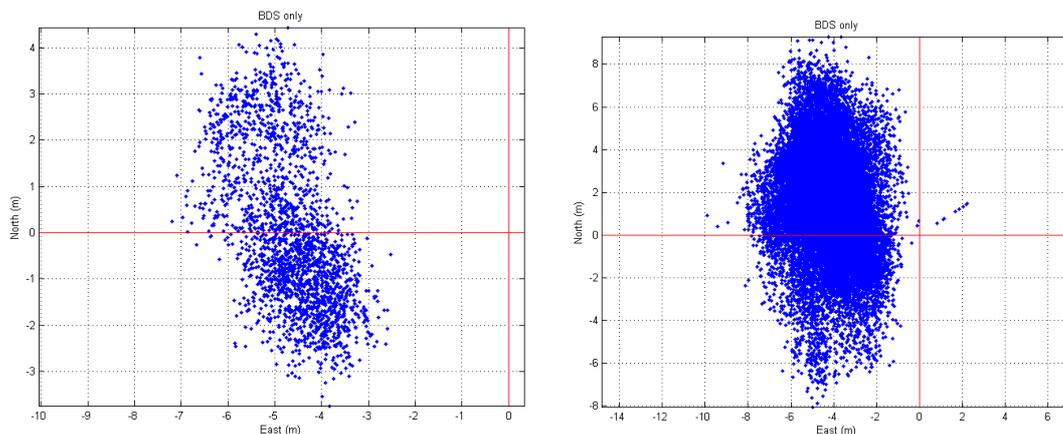
HT vệ tinh	Hệ tọa độ	Mô tả
GPS	WGS84	Đồng nhất với ITRF2008 ở mức độ cm [11]
GLONASS	PZ-90.11	Trùng với ITRF2008 tại epoch 2010.0 [10]
BEIDOU	CGCSS2000	Trùng với ITRF1997 tại epoch 2000.0 [3, 4]. ITRF1997 sai lệch với ITRF2008 ở mức độ cm [11]



Hình 3. Sai số vị trí mặt bằng GPS bằng V30 (trái) và GR5 (phải)



Hình 4. Sai số vị trí mặt bằng GLONASS bằng V30 (trái) và GR5 (phải)



Hình 5. Sai số vị trí mặt bằng BEIDOU bằng V30 (trái) và GR5 (phải)

Bảng 4. Sai số định vị của các hệ thống

Máy thu	Hệ thống vệ tinh	SSTP định vị (m)			
		Hướng Bắc	Hướng Đông	Độ cao	3 chiều
Hi-Target V30	GPS	1.000	0.908	1.957	2.378
	GLONASS	1.565	1.938	3.940	4.661
	BEIDOU	1.672	4.715	4.059	6.442
Topcon GR5	GPS	0.606	0.898	1.559	1.899
	GLONASS	2.389	1.954	4.227	5.234
	BEIDOU	2.886	4.375	3.784	6.465
Trung bình	GPS	0.8	0.9	1.7	2.1
	GLONASS	2.0	1.9	4.1	4.9
	BEIDOU	2.3	4.5	3.9	6.4

Để đánh giá độ chính xác định vị, chúng tôi tính sai số trung phương Hướng Bắc (m_N), Hướng Đông (m_E) và độ cao (m_U) theo công thức sau.

$$\begin{aligned}
 m_N &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_i - N)^2}{n}}, \\
 m_E &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - E)^2}{n}}, \\
 m_U &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - h)^2}{n}} \quad (1)
 \end{aligned}$$

Trong đó (N_i , E_i , h_i) là tọa độ mặt bằng và độ cao của điểm BK00 tính ở thời điểm thứ i . (N , E , h) là tọa độ và độ cao chính xác của BK00 cho ở bảng 1. Kết quả được cho ở bảng 4 và hình 3-5.

Kết quả ở bảng 4 cho thấy cả hai loại máy thu khác nhau đều cho sai số định vị tương tự nhau. GPS vẫn cho độ chính xác cao nhất và BEIDOU là thấp nhất. Sai số định vị GPS ở

hình 3 rất ngẫu nhiên và tập trung xung quanh giá trị 0. Trong khi đó định vị bằng BEIDOU theo hướng Đông-Tây xuất hiện sai số hệ thống khoảng 4.5m (hình 5). Kết quả định vị của cả 3 hệ thống vệ tinh đều tốt hơn 10m.

5. KẾT LUẬN

Chúng tôi đã thử nghiệm định vị dùng hệ thống BEIDOU tại TP Hồ Chí Minh bằng máy thu GNSS Hi-Target V30. Số lượng vệ tinh BEIDOU có thể cung cấp tín hiệu trên khu vực Việt Nam có thể lên đến 10 vệ tinh. Do đó chúng ta hoàn toàn có thể định vị độc lập bằng BEIDOU ở Việt Nam.

Trong nghiên cứu của chúng tôi, độ chính xác định vị bằng BEIDOU kém hơn GPS khoảng 3.0 lần và GLONASS 1.3 lần. Điều này có thể do độ chính xác bản lịch truyền thông và chất lượng trị đo mã BEIDOU. Tuy nhiên với độ chính xác định vị tốt hơn 10m, BEIDOU vẫn phục vụ tốt cho các ứng dụng chính xác thấp như định vị tàu/thuyền trên biển.

Việc tích hợp GPS, GLONASS và BEIDOU có thể làm tăng độ chính xác định vị. Nhưng điều này cần có những nghiên cứu sâu hơn về trọng số khi kết hợp các hệ thống trên do chất lượng không đồng đều.

Lời cảm tạ: Chúng tôi chân thành cảm ơn Công ty Đất Hợp và Công ty Thăng Lợi đã cung cấp các máy thu GNSS Hi-Target V30 và Topcon GR5 để thu thập dữ liệu phục vụ nghiên cứu này.

Experiments of absolute positioning using BEIDOU in Vietnam

- **Nguyen Ngoc Lau**

Ho Chi Minh city University of Technology, VNU-HCM, Vietnam

ABSTRACT

We research on absolute positioning using Beidou pseudo-range measurements collected in Ho Chi Minh City. Positional accuracy achieved is 2.3m, 4.5m and 3.9m for the North, East and height components compared to (0.8, 0.9, 1.7) of

GPS and (2.0, 1.9, 4.1) of GLONASS. This result shows that in Vietnam we can use only BEIDOU system for positioning and also opens the possibility of incorporating positioning satellite systems to improve accuracy.

Keywords: Absolute positioning, GPS, GLONASS, BEIDOU

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. China Satellite Navigation Office, *Interface Control Document V2.0*, 2013, 78 pp.
- [2]. China Satellite Navigation Office, *Performance Standard V1.0*, 2013, 17 pp.
- [3]. Yuanxi YANG, *Updates of CGCS 2000*, ICG-5, WG-D, 2010, Torino, Italy.
- [4]. CHENG Pengfei, YANG Yuanxi, CHENG Yingyan, WEN Hanjiang, BEI Jinzhong and WANG Hua, *Chinese Geodetic Coordinate System 2000*, China National Report on Geodesy 2007-2010, 2011.
- [5]. TANG Jing, GE Xia, GAO Weiguang, YANG Yuanxi, *The Development of COMPASS/BeiDou Navigation Satellite System*, China National Report on Geodesy 2007-2010, 2011.
- [6]. Nguyễn Ngọc Lô, *Đánh giá độ chính xác một số dịch vụ dựa trên Web xử lý tự động dữ liệu GPS*, Hội nghị Khoa học và Công nghệ lần thứ 11 tại Đại học Bách Khoa TP HCM, HCM city - Việt Nam, 2009.
- [7]. Nguyễn Ngọc Lô, *Xây dựng phần mềm GUST – thành tựu bước đầu của việc phát triển công nghệ xử lý dữ liệu đo GPS độ chính xác cao ở Việt Nam*, Tạp chí Địa Chính, số 4, 2005, pp. 31-35.

- [8]. Nguyễn Ngọc Lô, Dương Minh Âu, *Khảo sát bước và bậc của phương pháp Runge – Kutta trong việc tính toán tọa độ vệ tinh GLONASS*, Hội nghị Khoa học và Công nghệ lần 12, HCM City - Việt Nam, 2011.
- [9]. Nguyễn Ngọc Lô, Nguyễn Đăng Thiện, *Đánh giá độ chính xác các thông tin trong bản lịch phát dữ liệu GPS sau khi SA tắt*, Tạp chí Trắc địa - Bản đồ, số 1, 2001, pp. 38-45.
- [10]. Anastasiya N. Zueva, Evgeniy V. Novikov, Dmitriy I. Pleshakov, Igor V. Gusev, *System of Geodetic Parameters “Parametry Zemli 1990” PZ-90.11*, 9th Meeting of the International Committee on GNSS (ICG-9) 10–14 November 2014, Prague, Czech Republic.
- [11]. International Terrestrial Reference Frame, <http://itrf.ensg.ign.fr/>.