

ĐỊNH VỊ ĐIỂM ĐƠN BẰNG GPS HIỆN NAY CÓ THỂ ĐẠT ĐỘ CHÍNH XÁC BAO NHIÊU?

Nguyễn Ngọc Lâu

Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 06 tháng 10 năm 2008, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 15 tháng 04 năm 2009)

TÓM TẮT: Chúng tôi khảo sát độ chính xác định vị điểm đơn bằng công nghệ GPS khi khai thác các sản phẩm chính xác của dịch vụ IGS (International Geodynamic Service) và áp dụng những mô hình mới nhất về chuyển dịch trạm đo của dịch vụ IERS (International Earth rotation service). Kết quả thực hiện trên 9 trạm đo của mạng lưới IGS cho thấy độ chính xác định vị điểm có thể đạt 5mm ở mặt bằng, 10mm ở độ cao khi xử lý dữ liệu đo tĩnh 24h, và khoảng 1 dm khi xử lý dữ liệu đo động 24h. Độ chính xác này làm chúng ta phải xem xét lại khả năng và những ứng dụng mới của phương pháp định vị điểm.

1. GIỚI THIỆU

Định vị điểm đơn có những ưu điểm nhất định so với định vị tuyệt đối như chỉ cần một máy thu, không bị ràng buộc về khoảng cách hay số lượng vệ tinh chung, thuật toán xử lý đơn giản hơn, vv. Tuy nhiên với việc xử lý trị đo mã P hay C/A có độ chính xác thấp từ 0.3-3m dẫn đến độ chính xác định vị từ 5-15 m, định vị điểm thường được giới hạn trong các ứng dụng độ chính xác thấp như định vị tàu thuyền trên biển, phục vụ du lịch và giải trí, vv.

Cho đến gần đây, nhờ sự nỗ lực từ nhiều phía, độ chính xác định vị điểm đơn đã được cải thiện đáng kể. Từ đó hình thành nên khái niệm “định vị điểm đơn chính xác cao” (Precise Point Positioning – PPP). Theo một số tài liệu, PPP có thể đạt độ chính xác vài cm khi đo tĩnh [2, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14] và dao động trên/dưới 1 dm khi đo động [1, 2, 8, 9, 11, 14].

Trong bài báo này chúng tôi sẽ giới thiệu những tiến bộ mới nhất của các thành phần khác nhau trong bức tranh chung về định vị điểm đơn như: các sản phẩm dịch vụ IGS dành cho định vị điểm đơn, phương pháp xử lý dữ liệu và các mô hình số hiệu chỉnh phục vụ điểm đơn. Với những tiến bộ này, chúng tôi đánh giá lại độ chính xác định vị điểm đơn khi đo tĩnh và khi đo động bằng các máy hai tần số tại một số trạm IGS thường trực.

2. CÁC SẢN PHẨM CỦA DỊCH VỤ IGS

Dịch vụ IGS (viết tắt của International Geodynamics Service) bắt đầu hoạt động từ năm 1992, đã và đang cung cấp miễn phí cho người sử dụng các sản phẩm liên quan đến định

vị GPS chính xác cao tại website <http://igsb.jpl.nasa.gov>.

Trong đó quan trọng nhất và phục vụ trực tiếp cho định vị điểm đơn là bản lịch vệ tinh chính xác và số hiệu chỉnh đồng hồ vệ tinh. Những sản phẩm này ngày càng được cải thiện về độ chính xác. Hiện nay theo IGS, độ chính xác đạt được như sau

Bảng 1. Các sản phẩm và độ chính xác của IGS

Sản phẩm IGS	Độ chính xác
Bản lịch SP3	< 5 cm
Số hiệu chỉnh đồng hồ vệ tinh	< 0.1 nsec 2-8 TECU
Độ trễ điện ly thiên đỉnh	4 mm
Độ trễ đối lưu thiên đỉnh	

Ảnh hưởng của sai số quỹ đạo vào độ chính xác định vị điểm đơn có thể ước lượng bằng công thức [18]:

$$\text{Sai số định vị} = \text{PDOP} \times \text{sai số quỹ đạo} \quad (1)$$

Với cấu hình vệ tinh hiện nay PDOP có giá trị trung bình khoảng 2.0 thì ảnh hưởng của sai số quỹ đạo vào độ chính xác định vị < 1 dm. Số hiệu chỉnh đồng hồ vệ tinh ảnh hưởng trực tiếp vào cả hai trị đo khoảng cách pha hay mã. Theo bảng trên ảnh hưởng phần dư còn lại sau khi hiệu chỉnh đồng hồ vào trị đo khoảng cách là nhỏ hơn 3cm.

3. MÔ HÌNH XỬ LÝ ĐIỂM ĐƠN

Hiện nay trong đa số các tài liệu, người ta thường chọn trị đo pha và mã kết hợp trên 2 tần số (còn gọi là L_3 và P_3) [3, 6, 9]. Cả hai loại trị đo này có ưu điểm là không bị ảnh hưởng của tầng điện ly. Chỉ khi sử dụng các máy thu một

tần số, người ta mới buộc phải xử lý các trị đo trên 1 tần số [7].

Các tham số thường chọn trong mô hình chức năng là tọa độ máy thu (X,Y,Z), số hiệu chỉnh đồng hồ máy thu (dt), tốc độ đồng hồ (Vdt), độ trễ điện ly thiên đỉnh (dion), độ trễ đối lưu thiên đỉnh (dtrop) và tham số đa trị (b). Khi sử dụng trị đo L₃ và P₃, ta có thể bỏ qua dion. Nếu thành lập trị đo hiệu đơn giữa các vệ tinh, tham số dt và Vdt sẽ bị khử đi. Ngoài ra trong một số mô hình, để tạo điều kiện thuận lợi cho xử lý động, người ta còn bổ sung vào các tham số vận tốc của máy thu (Vx,Vy,Vz) [3, 7].

Việc lựa chọn mô hình sai số cho các trị đo GPS rất quan trọng vì nó tác động đến kết quả xử lý, đặc biệt là thành phần độ cao [13]. Nhiều mô hình sai số đã được đề nghị, và chọn lựa mô hình nào cũng cần phải có những khảo sát cẩn thận. Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng mô hình thông dụng nhất là

$$\sigma = \frac{\sigma_0}{\sin \varepsilon} \quad (2)$$

Trong đó ε là góc cao vệ tinh.

4. CÁC SỐ HIỆU CHỈNH CHO ĐỊNH VỊ ĐIỂM ĐƠN

Các số hiệu chỉnh cho định vị điểm đơn có thể chia làm 3 loại: số hiệu chỉnh liên quan vệ tinh, số hiệu chỉnh liên quan máy thu và số cải chỉnh vào trị đo khoảng cách

Các số hiệu chỉnh liên quan vệ tinh bao gồm:

- Số hiệu chỉnh đồng hồ vệ tinh: ta có thể nhận được từ IGS với độ chính xác tốt hơn 0.1ns, tương đương với 3cm.

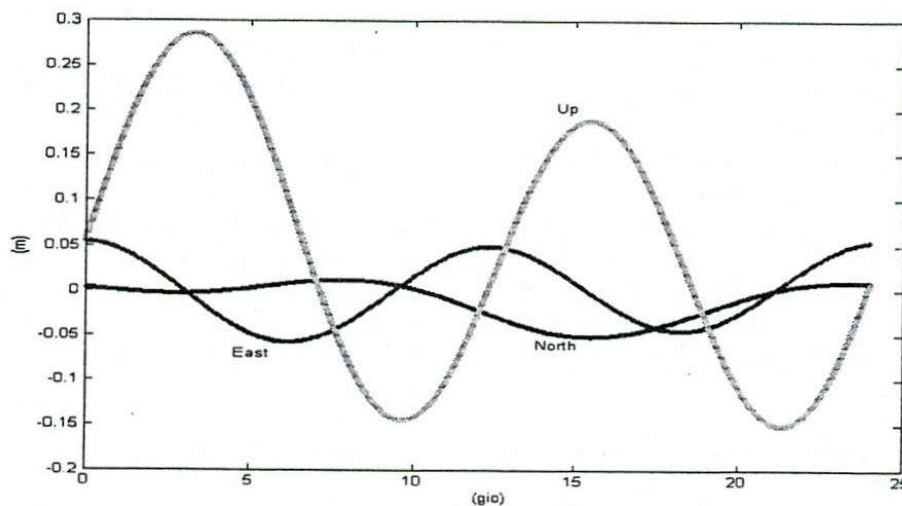
- Độ lệch và biến động tâm pha anten: trước đây người ta chỉ quan tâm đến độ lệch giữa tâm pha anten so với trọng tâm của vệ tinh và bỏ qua sự biến động tâm pha anten. Hiện nay mô hình anten mới nhất của IGS có tên là IGS05_1402 đã bao gồm cả độ biến động tâm pha của anten vệ tinh.

Các số hiệu chỉnh liên quan máy thu bao gồm:

- Độ lệch và biến động tâm pha anten: sử dụng mô hình IGS mới nhất IGS05_1402

- Dịch chuyển trạm đo do các hiện tượng triều: Những mô hình mới nhất của dịch vụ IERS về sự dịch chuyển trạm đo theo các hiện tượng triều được cho trong [15] với độ chính xác vài mm, bao gồm địa triều (solid Earth tide), thủy triều (ocean tide), và cực triều (polar tide).

Đồ thị ở hình 1 biểu diễn sự chuyển dịch của 1 trạm đo IGS (PIMO) trong khoảng thời gian 24 giờ dưới ảnh hưởng tổng hợp của các hiện tượng triều. Trong đó chuyển dịch theo phương đứng (Up) là đáng kể nhất, có thể đạt đến mức 0.3m. Do đó ảnh hưởng này nhất thiết phải được hiệu chỉnh nếu chúng ta muốn đạt đến độ chính xác cm.

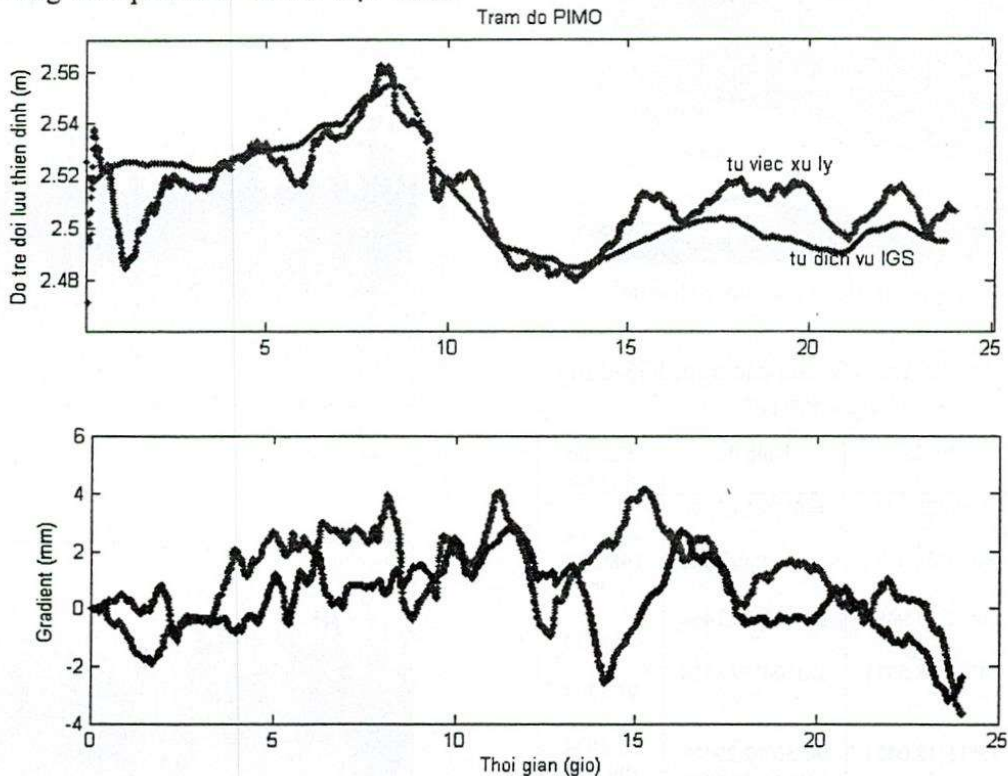


Hình 1. Dịch chuyển trạm đo theo hướng Bắc (North), Đông (East) và phương đứng (UP) do hiện tượng triều

Số hiệu chỉnh vào trị đo khoảng cách bao gồm:

- Độ trễ điện ly: Nếu sử dụng trị đo L3 và P3 thì không cần quan tâm đến số hiệu chỉnh

này. Đối với máy thu 1 tần số có thể dùng số hiệu chỉnh này từ dịch vụ IGS.



Hình 2. Độ trễ đối lưu thiên đỉnh (trên) và các thành phần gradient (dưới)

- Độ trễ đối lưu: Có thể dùng số hiệu chỉnh này từ dịch vụ IGS hoặc coi nó như là một tham số trong xử lý. Thực tế cho thấy cách thứ hai cho độ chính xác cao hơn. Vì ngoài độ trễ thiên đỉnh, người ta còn khảo sát cả thành phần gradient hướng Bắc và hướng Đông [16].

Hình 2 là kết quả xử lý độ trễ đối lưu tại 1 trạm IGS (PIMO) trong thời gian 24 giờ. So sánh với số liệu nhận được từ dịch vụ IGS ta thấy chúng lệch nhau vài cm (cửa sổ trên). Trong khi đó các thành phần gradient (cửa sổ dưới) có thể dao động đến ± 4 mm.

- Số hiệu chỉnh do định hướng anten: các vệ tinh GPS truyền sóng radio phân cực tròn phải, và do đó trị đo pha thu được sẽ phụ thuộc vào sự định hướng tương đối giữa các anten vệ tinh và máy thu. Việc xoay anten vệ tinh hay máy thu xung quanh trục của nó sẽ làm pha sóng tải thay đổi tối đa là một chu kỳ, tương đương với khoảng 2 dm trong trị đo khoảng cách. Wu trong [17] đã mô tả kỹ hiện tượng này và đồng thời cũng cung cấp công thức để

tính ra số hiệu chỉnh này thích hợp cho đa số các trường hợp.

5. DỮ LIỆU GPS DÙNG TRONG XỬ LÝ

Dữ liệu dùng cho việc khảo sát và đánh giá độ chính xác của PPP là dữ liệu GPS tại 9 trạm đo IGS vào ngày 1-5-2007. Các trạm này phân bố theo vĩ độ và nằm gần kinh tuyến đi qua Việt Nam (xem hình 3). Tại các trạm này, người ta trang bị các máy thu GPS 2 tần số chính xác cao, tốc độ thu dữ liệu là 30 giây và góc ngưỡng được cài là 5° . Dữ liệu GPS này có thể được tải miễn phí từ website <http://sopac.ucsd.edu>.

Toạ độ trắc địa chính xác của các trạm đo trong hệ ITRF2005 được cho trong bảng 2.



Hình 3. Vị trí các trạm IGS dùng trong khảo sát

Bảng 2. Tọa độ trắc địa của các trạm IGS dùng trong khảo sát

Tên	Vĩ độ	Kinh độ	Cao độ ellip (m)
TSKB	36°06'20.4465	140°05'14.9870	
KUN	"	"	67.2664
M	25°01'46.3383	102°47'49.9064	1986.222
WUH	"	"	9
N	30°31'53.9490	114°21'26.1464	
PIMO	"	"	25.8774
COCO	14°38'08.5911	121°04'39.8318	
KARR	"	"	95.5308
PERT	-	"	-
TIDB	12°11'18.0471	96°50'02.2927"	35.2834
HOB2	"	117°05'49.8912	109.1555
	-	"	12.7044
	20°58'53.1453	115°53'06.9067	665.3446
	"	"	41.0678
	-	148°58'47.9953	
	31°48'07.0726	"	
	"	147°26'19.4452	
	-	"	
	35°23'57.1325	"	
	"	"	
	42°48'16.9616	"	
	"	"	

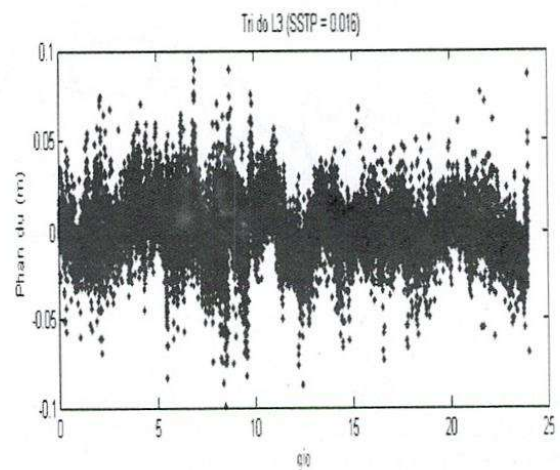
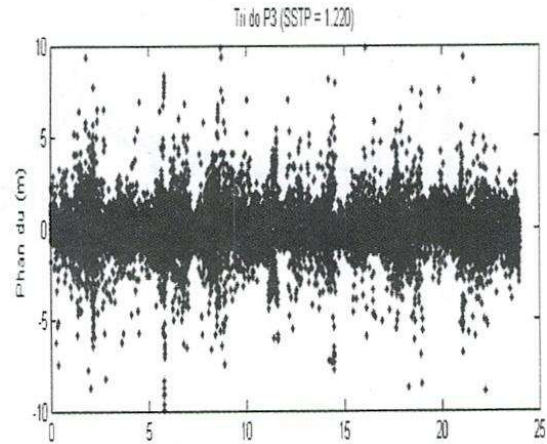
6. ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC ĐỊNH VỊ ĐIỂM ĐƠN

Trước tiên chúng tôi xử lý dữ liệu ở mục 5 theo chế độ đo tĩnh. Các cài đặt trong xử lý được cho trong bảng sau

Bảng 3. Các cài đặt cho xử lý

Nội dung	Cài đặt
Trị đo dùng trong xử lý	P ₃ và L ₃
Góc ngưỡng vệ tinh	5°
Độ dài dữ liệu	24 giờ
Xử lý độ trễ đối lưu thiên đỉnh và gradient	Random walk cập nhật 15 phút

Hàm ảnh xạ đối lưu	GMF
Bản lịch vệ tinh	IGS sp3
Số hiệu chỉnh đồng hồ vệ tinh	IGS 30s
Chuyển dịch trạm đo	IERS 2003
Mô hình sai số trị đo GPS	σ_a/ine



Hình 4. Phần dư của các trị đo trong xử lý tĩnh trạm PIMO

Bảng 4 thể hiện sự khác biệt giữa giá trị xử lý của tọa độ của các trạm đo và giá trị tọa độ chính xác của chúng ở bảng 2. Trong khi hình 4 minh họa cho phần dư của các trị đo tại trạm PIMO. Dựa vào kết quả của bảng 4, ta có nhận xét là độ chính xác mặt bằng đạt được khoảng 5 mm, trong khi thành phần độ cao tốt hơn 1cm.

Bảng 4. Độ lệch và sai số trung phương tọa độ trong xử lý tĩnh 24h

Điểm	$\Delta N(\text{mm})$	$\Delta E(\text{mm})$	$\Delta U(\text{mm})$
TSKB	-3	+3	-4
KUNM	-2	+5	0
WUHN	-3	+4	+11
PIMO	0	-6	-5
COCO	0	-7	+7
KARR	0	-1	+6
PERT	+1	-5	+3
TIDB	-1	+4	+11
HOB2	-3	-1	-5
SSTP	1.9	4.4	6.7

Cũng vẫn nguồn dữ liệu trên, chúng tôi chuyển sang xử lý ở chế độ động. Tức là sẽ tính được tọa độ trạm đo ở từng thời điểm thu dữ liệu. Trong 24 giờ tổng cộng có 2880 giá trị tọa độ của trạm đo. Khi so sánh với tọa độ chính xác, ta tính được sai số trung phương theo các thành phần hướng Bắc (N), Đông (E) và độ cao (U) theo bảng 5. Hình 5 mô tả sai số các thành phần tọa độ trạm HOB2 ở mỗi thời điểm thu dữ liệu. Theo những kết quả này độ chính xác mặt bằng và độ cao có thể đạt được tốt hơn 1 dm.

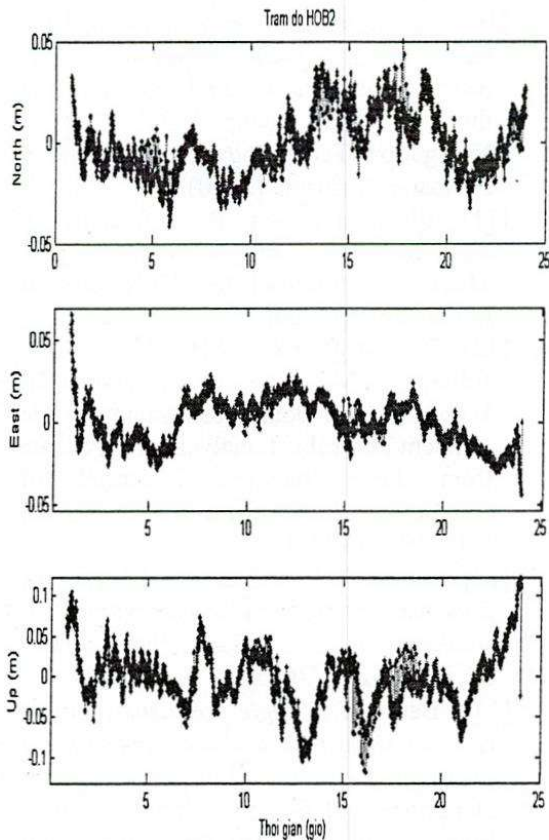
Bảng 5. Sai số trung phương tọa độ trong xử lý động 24h

Điểm	SSTP (cm)		
	N	E	U
TSKB	3.8	2.8	4.1
KUNM	5.9	6.9	11.6
WUHN	3.7	4.9	10.3
PIMO	2.4	6.4	6.3
KARR	3.1	4.3	4.1
PERT	2.5	6.6	5.7
COCO	2.0	2.7	4.7
TIDB	3.3	4.6	5.9
HOB2	1.7	2.1	4.2
TB	3.2	4.6	6.3

7. TÓM TẮT VÀ KẾT LUẬN

Chúng tôi đã trình bày tóm tắt những tiến bộ mới nhất của các thành phần tham gia vào việc định vị điểm chính xác cao. Với những tiến bộ này, hiện nay chúng ta hoàn toàn có thể đạt được độ chính xác tốt hơn 5 mm cho mặt bằng và 1 cm cho độ cao khi đo tĩnh 24 giờ. Điều này khiến chúng ta phải nhìn nhận lại khả năng của định vị điểm, cũng như xem xét lại những ứng dụng có thể của nó trong thực tế. Ví dụ như xác định các tham số chuyển đổi tọa độ của hệ tọa độ địa phương khi khoảng cách đến các điểm IGS thường trực quá xa, hay định vị các điểm không chế trên các đảo xa đất liền.

Độ chính xác định vị điểm động ở mức 1 dm có thể tham gia vào các ứng dụng như đo chi tiết địa hình, khảo sát địa hình đáy sông biển. Tuy nhiên cũng cần chú ý rằng đây không phải là kết quả nhận được ở thời gian thực như RTK hay DGPS mà chỉ nhận được từ hậu xử lý sau khi đã nhận được đầy đủ các sản phẩm cần thiết từ dịch vụ IGS.



Hình 5. Sai số tọa độ trạm đo trong xử lý động tại HOB2

HOW ACCURACY GPS PRECISE POINT POSITIONING CAN BE ACHIEVED?

Nguyen Ngoc Lau

University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT: We estimate the accuracy of GPS point positioning when using the most recently IGS products and applying the newest IERS models of station displacements. The processing results on 9 IGS stations show that accuracies of 5 mm in the horizontal and 10mm in the vertical can be achieved when processing 24h of static data, and about 10 cm when processing 24h of kinematic data. These accuracies make us to re-consider capabilities and new applications of GPS point positioning.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Chen W., C. Hu, Z. Li, Y. Chen, X. Ding, S. Gao and S. Ji, *Kinematic GPS Precise Point Positioning for sea level monitoring with GPS buoy*, Journal of Global Positioning System, Vol. 3. No. 1-2:302-307 (2004).
- [2]. Colombo O., A. W. Sutter, A.G. Evans, *Evaluation of Precise, Kinematic GPS Point Positioning*, Proceedings of ION GNSS 2004, 17th Int. Tech. Meeting the Institute of Navigation, pp 1893-1901 (2004).
- [3]. Deo M.N., K. Zhang, C. Robert, N.C. Talbot, *An investigation of GPS Precise Point Positioning Methods*, The 6th International Symposium on Satellite Navigation Technology Including Positioning and Local Services, Melbourne-Australia (2003).
- [4]. Gao Y., J.F. McLellan, and M.A. Abousalem, *Single-Point GPS Positioning Accuracy Using Precise GPS Data*, The Australian Surveyor, Vol. 42, No. 4, pp 185-192 (1997).
- [5]. Han S.-C., J.H. Kwon, C. Jekeli, *Accurate absolute GPS positioning through satellite clock error estimation*, Journal of Geodesy, 75: 33-43 (2001).
- [6]. Kouba, J., and P. Heroux, *Precise Point Positioning using IGS Orbit and Clock Products*, GPS Solution, Vol. 5, No. 2, pp. 12-28 (2001).
- [7]. Le A.Q. and C. Tiberius, *Single-frequency precise point positioning with optimal filtering*, GPS solution, 11: 61-69 (2007).
- [8]. Natural Resources Canada, *On-line Precise Point Positioning 'How To Use' Document* (2004).
- [9]. Ovstedal O., N.S. Kjorsvik and J.G.O. Gjevestad, *Surveying using GPS precise point positioning*, Shaping the Change XXIII FIG Congress, Munich-Germany (2006).
- [10]. Satirapod C., C. Rizos, and S. Han, *GPS single point positioning: an attractive alternative*, Paper presented at the 4th Int. Symp. On Satellite Navigation Technology & Application, Brisbane, Australia (2000).
- [11]. Wichayangkoon B., *Elements of GPS precise point positioning*, Ph.D. Thesis submitted at the University of Maine, 265pp (2000).
- [12]. Zumberge J.F., M.B. Heflin, D.C. Jefferson, M.M. Watkins, and F.H. Webb, *Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks*, Journal of Geophysical Research, Vol 102. No B3, 5005-5017 (1997).
- [13]. Jin S., J. Wang, and P.H. Park, *An improvement of GPS height estimation: stochastic modeling*, Earth Planet Space, 57, p. 253-259 (2005).
- [14]. Beran T., *Single frequency, single receiver terrestrial and spaceborne point positioning*, Technical report No 257, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, Canada (2008).

- [15]. McCarthy D., and G. Petit, *IERS Conventions*, International Earth Rotation and Reference System Service (IERS), 127pp (2003).
- [16]. Bar-Server Y.E., P. Kroger, and J.A. Borjesson, *Estimating horizontal gradients of tropospheric path delay with a single GPS receiver*, Journal of Geophysical research, Vol. 103, No. B3, pp 5019-5035 (1998).
- [17]. Wu J.T., S.C. Wu, G.A. Hajj, W.I. Bertiger, and S.M. Lichten, *Effects of antenna orientation on GPS carrier phase*, Manuscripta Geodetica, 18, pp. 91-98 (1993).
- [18]. Rizos C., *Principles and Practice of GPS Surveying*, School of Geomatics Engineering, the University of New South Wales, Sydney, Australia (1996).