



تعیین زمان بهینه در روز جهت انجام تعیین موقعیت دقیق نقاط با استفاده از سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS (مطالعه موردی شهر کرمانشاه)

امیر حسین شکری ^{۱*}، مهدی رضایی ^۲، بابک میری جزوی ^۳

- ۱- دانشجوی مقطع کارشناسی رشته نقشه برداری آموزشکده نقشه برداری سازمان نقشه برداری کشور
- ۲- دانشجوی دکتری رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات تهران
- ۳- دانشجوی مقطع کارشناسی رشته نقشه برداری دانشکده فنی مهندسی مرند

چکیده :

بعد از پیدایش سیستم تعیین موقعیت جهانی همواره متخصصان و پژوهشگران این زمینه به دنبال کشف روش‌هایی برای افزایش دقت تعیین موقعیت نقاط با استفاده از این سیستم بوده‌اند. آرایش هندسی ماهواره‌ها در فضا یعنی نحوه قرار گرفتن ماهواره‌ها در فضا نسبت به گیرنده که در دقت تعیین موقعیت نقاط بسیار موثر است. DOP معیاری است جهت نمایش وضعیت هندسی ماهواره‌ها در فضا نسبت به گیرنده. انتخاب بهترین زمان در روز جهت انجام تعیین موقعیت دقیق نقاط یکی از چالش‌های این زمینه محسوب می‌شود. در این پژوهش با استفاده از یک شبکه سنتی با ابعاد تقریبی ۱۹,۱۵,۱۲ متری در یک منطقه‌ی شهری واقع در کرمانشاه با زاویه دید بسیار عالی و به دور از مزاحم‌های امواج GPS نسبت به انجام مشاهدات اقدام نمودیم. در این پژوهش مشاهدات با نرخ "۱" و برای رسیدن به نتایج تقریباً دقیق‌تر از ماهواره‌های هم نام و بازه‌های زمانی مشترک استفاده شده است. در نهایت بهترین زمان جهت انجام تعیین موقعیت دقیق نقاط با این سیستم در محل پژوهه از منظر آرایش ماهواره‌ای خوب و تعداد سیگنال‌های کامل انتخاب شد. سرانجام گریزی بر خطاهای ممکن الوقع در این پژوهش داشته‌ایم.

واژه‌های کلیدی : سیستم تعیین موقعیت جهانی، Baseline, DOP, Post Processing, Satellite Traverses

۱- مقدمه

یکی از جدیدترین و بهترین روش های تعیین موقعیت دقیق نقاط زمینی، تعیین موقعیت ماهواره ای می باشد. سامانه تعیین موقعیت GPS یکی از روشهای تعیین موقعیت ماهواره ای می باشد که خود این سامانه با توجه به نوع امواج مورد استفاده در ناوبری ماهواره ای و همچنین نوع گیرنده های زمینی آن، به چندین روش تعیین موقعیتی ماهواره ای تقسیم می شود. همان طور که هر مشاهده هندسی دارای خطای مطلق و نسبی و منابع خطای مربوط به خود می باشد، تعیین موقعیت های ماهواره ای نیز منابع خطای مختص به خود را دارند. بعضی از این خطاهای ماهیتی سیستماتیک و برخی دیگر بصورت اتفاقی وارد مشاهدات می شوند. با شناخت منشاء و ساختار هر کدام از خطاهای می توان علاوه بر بهره گیری از روابط ریاضی، راهکارهایی جهت کاستن تاثیر آن خطای کار برد. پیمایش های ماهواره ای انجام شده در این پژوهش با استفاده از اطلاعات مداری دریافت شده از پیام ناوبری ماهواره های تعیین موقعیت (روش اطلاعات غیر دقیق مداری) به روش Post Processing به شکل یک لوپ بسته صورت پذیرفته است. در این پژوهش با استفاده از یک جفت دستگاه گیرنده جی بی اس ایستگاهی دو فرکانسه (L1، L2) لایکا مدل SR530 و با بهره گیری از یک جفت آنتن لایکا مدل AT502 کار تعیین موقعیت دقیق نسبی سه ایستگاه زمینی ثابت به روش مشاهدات استاتیک با روش تفاضلی سه گانه (ماهواره-گیرنده-زمان) صورت پذیرفته است.

۱-۱- چگونگی رفع خطاهای تاثیرگذار بر روی وضعیت DOP ها و از طرفی تعیین بهترین زمان در روز برای انجام مشاهدات:

- خطاهای کاهش پیدا کرده به واسطه روش تعیین موقعیت (تفاضلی سه گانه) و گیرنده
- خطاهای مورد ارزیابی و کاهش یافته در پردازش با نرم افزار و راهکارهای عملی

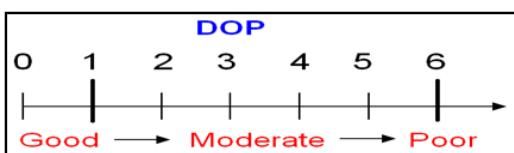
روش کار این تحقیق که با استفاده از امواج حامل L1 و L2 جی بی اس به روش استاتیک بوده است به خودی خود خطاهای زیر را تا حد زیادی کاهش داده است:

خطای ساعت ماهواره و گیرنده
خطای مدار ماهواره
خطاهای اتمسفریک
خطای ابهام فاز
و....

۱-۲- نحوه رفع خطای Dilution Of Precision (DOP) در مشاهدات ماهواره ای:

ارتفاع ماهواره های GPS تا نقطه نadirشان بر روی سطح زمین تقریباً برابر ۲۰۲۰۰ کیلومتر می باشد. مدت زمانی که طول می کشد تا یک ماهواره GPS یک دور کامل به دور زمین بچرخد تقریباً برابر ۱۱:۵۸ ساعت می باشد. به عبارتی موقعیت هر ماهواره لحظه به لحظه در حال تغییر می باشد. در نتیجه این جابجایی ها باعث ایجاد ترفعی های فضایی با مثلث های متفاوت از هم می شوند که خود این تفاوت ها در اشکال ترفعی های فضایی باعث بوجود آمدن خطای تعیین موقعیت می گردد. هر کدام از این مثلث های فضایی از لحاظ شکل در چهار بعد X,Y,Z و زمان امتیازات مربوط به خود را کسب می کنند که اصطلاحاً DOP نامیده می شوند. از طرفی نسبت انحراف معیار موقعیت به انحراف معیار مشاهدات شبیه فاصله را DOP می گویند. هرچه مقدار عدد DOP کمتر باشد تعیین موقعیت دقیق تری خواهیم داشت. در این پژوهش بررسی تاثیر هندسه ماهواره ها بر دقت تعیین موقعیت (DOP) برای مشاهدات هر Baseline

در زمان‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج DOP‌ها هر قدر که به عدد ۰ نزدیکتر باشد به حالت بھینه DOP‌ها نزدیک و نهایتا خطای کمتر حاصل می‌شود. عموماً مشاهدات با DOP‌های بالای ۵ یا ۶ از گردونه پردازها حذف و عملیات زمینی آن باید تکرار گردد.



شکل ۱: وضعیت و نمره DOPs را نشان می‌دهد.

هنده سه ماھواره ها از چند منظر ارزیابی می‌گردد:

X, Y, Z: PDOP

X, Y: HDOP

Z: VDOP

TDOP

GDOP

۳-۱- همگن سازی و ایجاد شرایط یکسان برای مشاهدات هر Baseline:

وجود مانع زمینی دید بین ماھواره‌ها و گیرنده‌ها باعث قطع ارتباط و در نتیجه کم شدن تعداد ماھواره‌ها مورد استفاده در تعیین موقعیت نقاط می‌گردد. در این پژوهش برای یکسان سازی Visibility، مشاهدات مربوط به ماھواره‌هایی که کاملاً در بازه زمانی مورد نظر شرکت داشته‌اند مورد استفاده قرار گرفته است و مابقی سیگنال‌های نیمه تمام حذف گردیده. با این کار تلاش شده تا با استفاده از تعداد ماھواره‌های یکسان و همچنین با سیگنال کامل، شرایطی همگن از لحاظ تعداد ماھواره‌های هر Baseline ایجاد نمود.

۴- خطای چند مسیری و تاثیر بادهای شدید بر روی امواج جی پی اس:

حالت ایده آل مسیر حرکت سیگنال‌های ارسالی از سمت ماھواره‌ها به گیرنده مستقیم می‌باشد. اگر عامل زمینی باعث بوجود آمدن انحراف در این خط مستقیم گردد، خطای بوجود را خطای چند مسیری (Multi-path) می‌گویند. این عوامل شامل ساختمان‌های بلند، خطوط انتقال برق و... می‌باشد. در این تحقیق جهت کاستن هرچه بیشتر این خطای در مشاهدات کارهای زیر انجام شده است:

انجام مشاهدات در یک محل مرتفع و بالاتر از هر مراجم زمینی

برش سیگنال‌های با زاویه کمتر از ۱۵ درجه

انجام مشاهدات در زمان‌های چهارگانه در چهار روز

انجام پژوهش در یک منطقه ناصاف و با انعکاس پایین

با توجه به پیش‌بینی‌های اداره هوشنگسی روزهای منتخب طوری انتخاب گردید تا در چهار روز انجام مشاهدات کمترین مقدار وزش باد وجود داشته باشد.

۱-۵- خطای قطع ارتباط یا Cycle Slip با منشاء زمینی و فضایی:

اصطلاحا قطع ارتباط لحظه‌ای ماهواره با گیرنده را که می‌تواند منشاء فضایی یا منشاء زمینی داشته باشد را خطای جهش فاز گویند از عوامل زمینی ایجاد جهش فاز می‌توان وجود مانع بین ماهواره و گیرنده، خرابی نرمافزار گیرنده و شتاب ناگهانی جی پی اس نام برد. از منشاء‌های فضایی خطای جهش فاز می‌توان از وجود مانع بین ماهواره و گیرنده، تداخل سیگنال‌های ماهواره با سیگنال‌های دیگر، اختلالات یونیسفر و... نام برد. سیگنال‌های ناقص (سیگنال‌هایی که دو یا چند بار قطع و وصل شده‌اند) از مشاهدات حذف گردیدند. لازم به ذکر است که فقط سیگنال‌هایی که یکبار قطع شده‌اند و دیگر از دید گیرنده خارج شده‌اند یا اینکه از ابتدای مشاهدات هر حضور نداشته‌اند حذف گردیده‌اند اما در این قسمت سیگنال‌هایی که دو یا چند بار قطع و وصل شده‌اند از Baseline گردونه پردازش خارج شده‌اند.

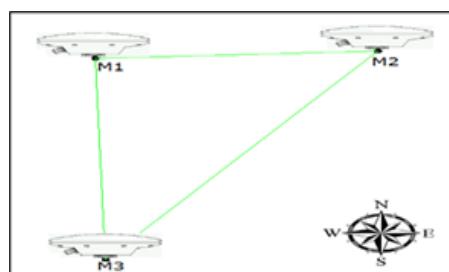
۲- روش انجام تحقیق

روش تعیین موقعیت این پژوهش نسبی است و مختصات اولیه ایستگاه M1 که در اولین پیمایش به دست آمده به عنوان نقطه FIXED برای پیمایش‌های چهار روز در نظر گرفته شده است. محل انجام آزمایش واقع در شهرک‌مانشاء بر روی یک آپارتمان بلند (شکل (۲)) بالاتر از هرگونه میدان مغناطیسی و با Visibility بسیار عالی بوده است.



شکل ۲ : ساختار و موقعیت ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.

مشاهدات جی پی اس با استفاده از امواج حامل L1 و L2 و با نرخ مشاهدات " ۱ ثانیه انجام گرفته است. بازه‌های مشاهداتی ۲۰ دقیقه ای برای هر (M1-M2, M1-M3, M2-M3) و به صورت پیمایش بسته بوده است. در این تحقیق از دو آنتن AT502 شرکت لایکا استفاده شده است. زمان پیمایش‌ها در چهار روز متوالی در اوایل فصل بهار بوده است. در هر روز ۴ بار در محدوده ساعت ۰,6,12,18 ۰,۶,۱۲,۱۸ انجام و جمعاً ۱۶ بار روی سه ایستگاه فوق الذکر پیمایش ماهواره‌ای انجام شده است.



شکل ۳ : موقعیت هندسی ایستگاه‌ها و همچنین جهت آنتن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۵ : میانگین DOP های روز اول M2, M3 Baseline را نشان می دهد.

روز	زمان پیماش	VDOP میانگین	HDOP میانگین	PDOP میانگین	GDOP میانگین
روز اول	0:00	1.75	1	2.05	2.35
	6:00	2.75	1.35	3.05	3.55
	12:00	2.35	1.3	2.7	3.1
	18:00	2.35	1.3	2.7	3.1

جدول ۶ : میانگین DOP های روز دوم M2, M3 Baseline را نشان می دهد.

روز	زمان پیماش	VDOP میانگین	HDOP میانگین	PDOP میانگین	GDOP میانگین
روز دوم	0:00	1.7	1	1.95	2.2
	6:00	2	1.35	2.4	2.75
	12:00	2.5	1.35	2.8	3.3
	18:00	2	1.25	2.35	2.75

جداول (۷ و ۸) مقادیر DOP های میانگین مشاهدات انجام شده برای Baseline M3-M1 را نشان می دهد.

جدول ۷ : میانگین DOP های روز اول M1, M3 Baseline را نشان می دهد.

روز	زمان پیماش	VDOP میانگین	HDOP میانگین	PDOP میانگین	GDOP میانگین
روز اول	0:00	2.1	1	2.3	2.6
	6:00	4.15	1.65	4.45	5.4
	12:00	1.85	1.15	2.15	2.5
	18:00	2.9	1.65	3.35	4.05

جدول ۸ : میانگین DOP های روز دوم M1, M3 Baseline را نشان می دهد.

روز	زمان پیماش	VDOP میانگین	HDOP میانگین	PDOP میانگین	GDOP میانگین
روز دوم	0:00	1.95	1.05	2.2	2.5
	6:00	4.1	1.65	4.45	5.35
	12:00	1.75	1.1	2.05	2.35
	18:00	2.8	1.6	3.2	3.85

۳- پیشنهادات

همان طور که در قسمت های بالا اشاره شده با توجه به محدودیتهایی به وجود آمده مشاهدات انجام شده تنها در فصل بهار صورت گرفته، بدین ترتیب می توان این طرح را در ابعاد بزرگتر مثلا در فصول مختلف در سال یا به صورت ماهانه به انجام رساند، مسلما با در اختیار داشتن این داده ها می توان بهترین زمان و بدترین زمان برای انجام مشاهدات در فصول مختلف و همچنین ماه های مختلف دسترسی پیدا کرد.

۴- نتایج

به طور کلی از مشاهدات فوق نتایج زیر بدست آمده شده است:

- طبق جداول فوق بهترین زمان مشاهدات در این پژوهش از لحاظ تعداد سیگنال های کامل ، ساعت ۰ می باشد و همچنین بدترین زمان ساعت ۶ و ۱۲ می باشد.
- طبق جداول DOP ها بهترین زمان برای مشاهده در محل مورد مطالعه ساعت ۰ می باشد و بدترین زمان نیز به ساعت ۶ و ۱۸ تعلق گرفته است.
- از مجموع دو مورد ۵ و ۶ می توان ساعت ۰ را بهترین زمان مشاهدات در محل پژوهش از منظر آرایش ماهواره‌ای خوب و تعداد سیگنال های کامل در نظر گرفت.
- تاثیر خطای مسطحاتی جهت آتن AT502 شرکت لایکا (Horizontal Phase Center Offset) کمتر از ۲ میلی متر می باشد.
- با توجه به نتایج به دست آمده به نظر می رسد در پژوهه های معمول نقشه برداری که در سایت های کوچک انجام می شوند و دقت های نسبی بالایی در آنها مورد نیاز نیست، اگر از آتن AT502 استفاده شود و آتن ها در مشاهدات هم جهت نباشند تاثیر نا مطلوبی در پژوهه نخواهد گذاشت.

تشکر و قدردانی

از آقایان دکتر یحیی جمور دانشیار آموزشکده سازمان نقشه برداری کشور و بهنام اسدی کارشناس ارشد رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به خاطر کمکها و پیشنهادات مفید و سازنده‌شان نهایت تشکر و قدردانی را به عمل می آوریم.

منابع

- [1] Bonforte A, Ferretti A, Prati C, Puglisi G, Rocca F, 2001. Calibration of atmospheric effects on SAR interferograms by GPS and local atmosphere models: First results. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 63, 1343–1357.
- [2] Cho YK, Kang HD, Hyun SY, Yook JG, 2013. GPS antenna with metallic conical structure for anti-jamming applications. *Progress in Electromagnetics Research* 37, 249-259.
- [3] Dawidowicz, Karol, 2011. Comparison of using relative and absolute PCV corrections in short Baseline GNSS observation processing. *Artificial Satellites* 46, 19-31.
- [4] EL-Hattab AI, 2013. Influence of GPS antenna phase center variation on precise positioning, *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics* 2, 272-277.
- [5] Grimm, David, 2008. GNSS direction finding. *Geodesy and Cartography* 34 (3), 100-102.
- [6] He X, Yang G, Ding X, Chen Y, 2004. Application and evaluation of a GPS multi-antenna system for dam deformation monitoring, *Earth Planets Space* 56 (11), 1035–1039.
- [7] Komjathy A, Zavorotny VU, Axelrad P, Born GH, Garrison JL, 2000. GPS signal scattering from sea surface: Comparison between experimental data and theoretical model. *Remote Sensing of Environment* 73, 162–174.
- [8] Lin B, Katzberg SJ, Garrison JL, Weilicki BA, 1999. Relationship between GPS signals reflected from sea surfaces and surface winds: Modeling results and comparisons with aircraft measurements. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH* 104 (C9), 713-727.
- [9] Ming H, Shanlan Q, Qingliang W, Jianhua W, Lin Zh, 2015. Tests of relative vertical offsets for several types of GPS receiver antenna phase centers, *Geodesy and Geodynamics* 6 (5), 392-395.
- [10] Montgomery PY, Humphreys TE, Ledvina BM, Receiver-autonomous spoofing detection: experimental results of a multi-antenna receiver defense against a portable civil GPS spoofer, In Proceedings of the Institute of Navigation-International Technical Meeting (ITM '09), 124–130, Anaheim, Calif, USA, January 2009.
- [11] OH JH, Hong YP, Yook JG, 2008. Dual circularly polarized stacked patch antenna for GPS/SDMB. In IEEE International Symposium on Antennas and Propagation Society. San Diego USA, July 2008.
- [12] Pei C, 2012. Attitude determination algorithms for spinning satellites using single antenna GPS receiver and MEMS gyro. *Aerospace Science and Technology* 26, 10-15.

- [13] Rama Rao PVS, Gopi Krishna S, Vara Prasad J, et al, 2009. Geomagnetic storm effects on GPS based navigation, *Ann. Geophys* 27, 2101–2110.
- [14] Satirapod Ch, 2001. Find in CUMINCAD Improving the accuracy of static GPS positioning with a new stochastic modelling procedure, 14th International Technical Meeting of the Satellite Division of the U.S. Inst. of Navigation, Salt Lake City, Utah, 11-14 September.
- [15] Schmid R, Rothacher M, Thaller D, Steigenberger P, 2005. Absolute phase center corrections of satellite and receiver antennas. Impact on GPS solutions and estimation of azimuthal phase center variations of the satellite antenna. *GPS Solutions*, 9 (4), 283-293.
- [16] Schmid R, Steingerberg P, Gendt G, Ge M, Rotchacher M, 2007. Generation of a consistent absolute phase center corrections model for GPS receiver and satellite antennas. *Journal of Geodesy*, 81, 781-798.
- [17] Seeber G, Menge F, Völksen C, Wübbena G, Schmitz M, 1997. Precise GPS positioning improvements by reducing antenna and site dependent effects. paper presented at IAG Symposium 115, 237–244.
- [18] Seeber, G., 2003, Satellite Geodesy, 2nd ed, New York: Walter de Gruyter.
- [19] Soler T, Eisemann DW, 1994. Determination of Look Angles to Geostationary Communication Satellites. National Geodetic Survey Silver Spring, 115-126.
- [20] Wang B, Sui L, Guorui X, Yu D, Guohin Q, 2013. Comparison of attitude determination approaches using multiple Global Positioning System (GPS) antennas. *Geodesy and Geodynamics* 4, 16-22.
- [21] Wikipedia.Dilution_of_precision_(GPS). 2016. [on line]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Dilution_of_precision_%28GPS%29