

Henryk JAFERNIK, Kamil KRASUSKI

WYKORZYSTANIE OPROGRAMOWANIA MAGIC PPP DLA OKREŚLENIA POZYCJI STATKU POWIETRZNEGO

Streszczenie

Zastosowanie metody PPP w nawigacji powietrznej umożliwia podwyższenie dokładności pozycjonowania statków powietrznych do poziomu kilku lub kilkunastu cm. Taka dokładność jest osiągalna dzięki zastosowaniu w procesie opracowania obserwacji satelitarnych komercyjnych programach geodezyjnych. W artykule przedstawiono i scharakteryzowano działanie programu magicPPP, który działa jako darmowy serwis obliczeniowy on-line w trybie statycznym i kinematycznym. W obliczeniach użyto nieróżnicowych obserwacji kodowo-fazowych GPS/GLONASS z dwuczęstotliwościowego odbiornika Topcon TPS Hiper. Pozycja samolotu została wyznaczona na 3 sposoby: na podstawie obserwacji GPS, na podstawie obserwacji GLONASS oraz z rozwiązania łącznego GPS/GLONASS. Wstępne rezultaty z programu magicPPP umożliwiają osiągnięcie dokładności około 1,1 cm dla współrzędnych horyzontalnych (B i L) oraz 2,7 cm dla współrzędnej wertykalnej H (rozwiązanie GPS/GLONASS). Ponadto wartości parametru MRSE zostały zaprezentowane w pracy, a ich wartość oscyluje w granicach 3,2 cm (rozwiązanie GPS/GLONASS).

WSTĘP

Eksploracja techniki satelitarnej w dziedzinie nawigacji lotniczej (dotyczy również nawigacji morskiej i lądowej) przyczyniła się do opracowania nowoczesnych metod badawczych, których wspólnym mianownikiem jest podwyższenie dokładności pozycjonowania statku powietrznego, co z kolei przekłada się na bezpieczeństwo przewozu osób w transporcie lotniczym. Podstawowa koncepcja i idea wdrażania techniki satelitarnej w lotnictwie bazuje na wykorzystaniu obserwacji kodowych do wyznaczenia pozycji samolotu. W tym rozwiązaniu pozycja samolotu dla każdej epoki pomiarowej jest określona w układzie globalnym WGS-84, a dodatkowy jako parametr przestrzeni 4-wymiarowej wyznaczany jest chód zegara odbiornika. Komputer pokładowy FMS może dodatkowo, przy wyznaczaniu pozycji (zazwyczaj w procesie sekwencyjnym), pobierać informacje z innych sensorów nawigacyjnych, zainstalowanych w samolocie (np. platforma INS). Konfiguracja sensora GPS z INS umożliwia uzyskanie danych o prędkości ruchu samolotu oraz orientacji w przestrzeni (tzw. kąty ślizgu, nachylenia i obrotu). Warto nadmienić, iż przed zastosowaniem techniki satelitarnej w lotnictwie, platforma INS była powszechnie implementowana do instrumentów pokładowych statków powietrznych i odpowiadała za wyznaczenie względnej pozycji samolotu, co na długich trasach przelotowych skutkowało wystąpieniem dużych wartości błędów dryftu i biasu. Typowa dokładność wyznaczenia współrzędnych samolotu z sensorów GPS/INS może dochodzić nawet do kilkadziesiąt metrów [1, 2].

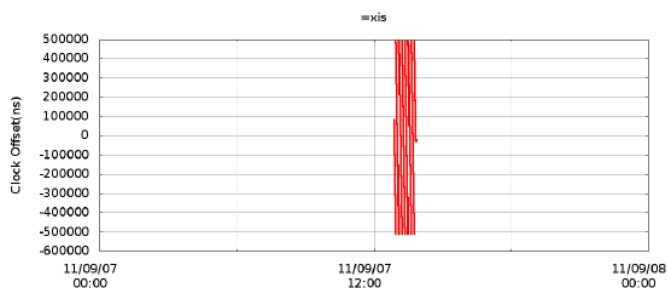
W ostatnich latach hybrydę GPS/INS coraz częściej wypiera technika DGPS (zastosowanie korekt różnicowych od satelitów z orbity geostacjonarnej lub wysokiej) [3, 4]. Taka forma infrastruktury ma pełne zastosowanie i pokrycie na obszarze [5, 6]: USA (implementacja systemu WAAS), Europy (implementacja systemu EGNOS), Federacji Rosyjskiej (implementacja systemu SDCM), Indii (implementacja systemu GAGAN), Japonii (implementacja systemów MSAS i QZSS-Zenith), Republiki Chińskiej (implementacja systemu BEIDOU). Podstawowym celem wdrażania systemów wspomagania SBAS dla globalnych systemów satelitarnych umieszczonych na orbicie średniej (np. GPS lub GLONASS) jest podwyższenie dokładności wyznaczenia pozycji użytkownika do poziomu 1÷3 metrów, określenie przesunięcia skali czasu w systemach nawigacyjnych, zapewnienie ciągłości, dostępności i niezawodności rozwiązania oraz poszerzenie międzyoperacyjności i kompatybilności systemów nawigacyjnych. Technika DGPS ma szczególnie duże znaczenie w ramach procedury precyzyjnego lub nieprecyzyjnego podejścia samolotu do lądowania. Warto nadmienić, iż implementacja systemów satelitarnych SBAS w infrastrukturze lotniczej jest o wiele mniej kosztowne niż utrzymanie drogiego systemu ILS [3].

Wprowadzenie nowoczesnych metod badawczych w geodezji i nawigacji, opartych w dużej mierze na permanentnych obserwacjach kodowych i fazowych z dwuczęstotliwościowych odbiorników GPS oraz ich kombinacji liniowych, umożliwiły osiągnięcie dokładności wyznaczanych współrzędnych na poziomie kilku lub kilkunastu centymetrów. Opisywane rozwiązanie, bazujące na kombinacji liniowej „Ionosphere-Free” jest nazywane metodą Precise Point Positioning [7] i jest dość powszechnie wykorzystywane w testach i eksperymentach lotniczych [8]. Nazwa metody PPP zawdzięcza swoją terminologię głównie zastosowaniu precyzyjnych produktów IGS w procesie opracowania obserwacji satelitarnych. Pośród precyzyjnych produktów służby IGS użytych w metodzie PPP należy wymienić m. in. [9]:

- efemerydy precyzyjne ze współrzędnymi satelitów w formacie „*.SP3” lub „*.EPH”;
- charakterystykę anteny satelity i odbiornika w formacie „AN-TEX”;
- precyzyjne poprawki chodu zegarów satelitów i odbiorników w formacie „*.CLK”;
- parametry ruchu obrotowego Ziemi w formacie „*.ERP”;
- parametry jonosfery VTEC zapisane w formacie „IONEX”;
- parametry troposfery ZTD zapisane w formacie „SNX_TRO”;
- opóźnienia sprzętowe DCB dla satelitów i odbiorników w formacie „*.DCB”.

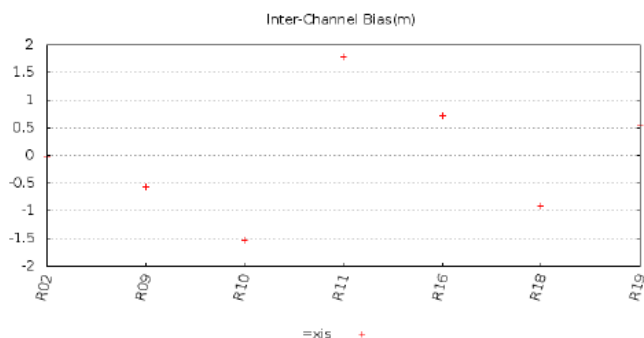
Metoda PPP jest również powszechnie stosowana w wielu darmowych jak i komercyjnych programach do opracowania obserwacji satelitarnych, m. in.:

- darmowe serwisy (lub programy): APPS [10, 11], GAPS [12], CSRS-PPP [13, 14], gLAB [15], magicPPP [16], P3 [17, 18], Trimble RTX [19],
- komercyjne serwisy (lub programy): Bernese 5.0 [20], GrafNav [21], GIPSY-OASIS [22], WaPPP [23], Atomium [24].



Rys. 3. Parametry zegara odbiornika w programie magic GNSS.

- opóźnień sprzętowych (między częstotliwościowe błędy instrumentalne dla satelitów GLONASS, patrz Rys. 4)



Rys. 4. Międzyczęstotliwościowe błędy instrumentalne dla satelitów GLONASS.

Program magicPPP jest dostępny na stronie internetowej <http://magicPPP.gmv.com/ppp/> i pracuje jako serwis czasu rzeczywistego on-line 24 godziny na dobę. W celu uzyskania i wyznaczenia współrzędnych anteny odbiornika z programu magicPPP, użytkownik ma za zadanie wysłać plik RINEX ze swojego prywatnego konta pocztowego na adres: magicppp@gmv.com, w tytule podając typ pozycjonowania (kinematic lub static) i w treści (ewentualny) tryb dla kinematycznego typu pozycjonowania (terrestrial lub aeronautical). Pliki źródłowe z obserwacjami satelitarnymi w programie magicPPP powinny być zapisane w formacie RINEX 2.00, 2.10, 2.11, 3.00, 3.01, 3.02 lub skompresowane w formacie "*.zip" (ewentualnie pokrewnym). Warto dodać, iż maksymalna pojemność przestrzeni operacyjnej dla obliczeń w trybie post-processingu nie może przekraczać 10 GB. Program magicPPP po wykonaniu obliczeń przesyła na podany adres e-mail użytkownika, po kilku minutach, rezultaty końcowe w formie [26]:

- "*.pdf" (raport),
- "*.sinex" (współrzędne XYZ w układzie geocentrycznym i BLH w układzie elipsoidalnym, wraz z błędami średnimi dla poszczególnych składowych),
- "*.clk" (chód zegara odbiornika),
- "*.kml" (trajektoria zmiany położenia wyznaczonych współrzędnych),
- dane meteorologiczne w postaci parametrów troposfery (ZTD, ZHD, ZWD) w osobnym pliku tekstowym.

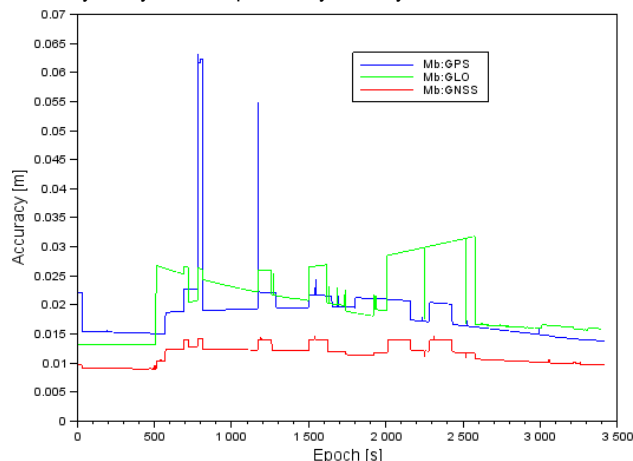
2. EKSPERYMITY I WYNIKI

W procesie wyznaczania pozycji statku powietrznego w programie magicPPP wykorzystano obserwacje GPS/GLONASS w formacie RINEX 2.11, pozyskane z odbiornika dwuczęstotliwościowego Topcon TPS HIPER, umieszczonego w samolocie Cessna. Lot przelotowy wykonano 7 września 2011 r. w z lotniska należącego do miasta Mielec. Odbiornik Topcon TPS Hiper rejestrował surowe obserwacje kodowe i fazowe z interwałem 1 sekundy. Eks-

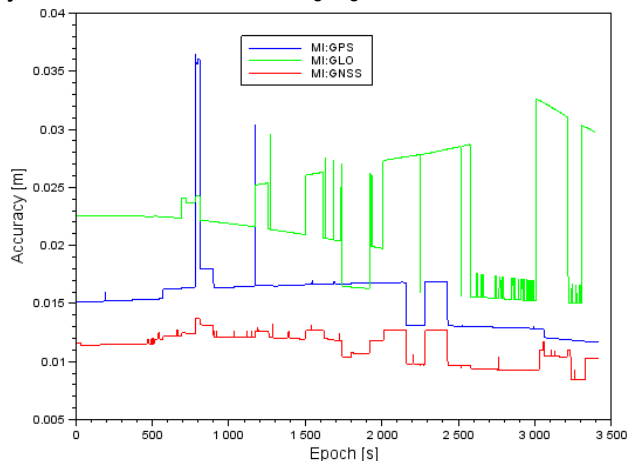
peryment lotniczy trwał 58 minut 57 sekund według czasu GPST, w sprzyjających warunkach atmosferycznych (wiatr umiarkowany, brak opadów). Opracowania obserwacji satelitarnych w trybie post-processingu dokonano w programie magicPPP. W ramach przeprowadzonego eksperymentu lotniczego zrealizowano 3 badania, tj. pozycja samolotu została wyznaczona na podstawie obserwacji GPS (I test), obserwacji GLONASS (II test) oraz obserwacji GPS/GLONASS (III test).

W trakcie przeprowadzonych testów badawczych, ustalono następujące warunki początkowe w programie magicPPP:

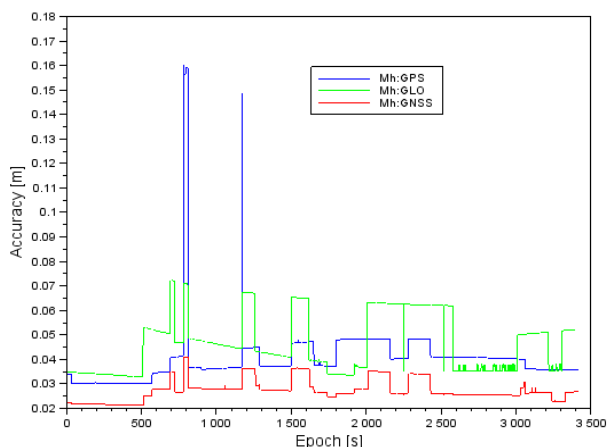
- system nawigacyjny: GPS, GLONASS oraz GPS/GLONASS,
- typ pozycjonowania: kinematyczny,
- tryb pozycjonowania kinematycznego: aeronautical,
- maska elewacji: 10° ,
- współrzędne początkowe statku powietrznego: na podstawie pliku RINEX,
- źródło danych efemerydalnych i zegarów: na podstawie programu magicODTS,
- parametr i typ kalibracji anteny odbiornika: na podstawie pliku ANTEX z serwisu IGS,
- układ współrzędnych: geocentryczny (ITRF08 lub ETRF89) i geodezyjny BLH,
- dane obserwacyjne: nieróżnicowe dwuczęstotliwościowe obserwacje kodowo-fazowe,
- wagowanie: zastosowano,
- model troposfery: nieokreślony,
- transfer danych: z użyciem adresu e-mail użytkownika,
- maksymalny rozmiar przesłanych danych: do 7 MB.



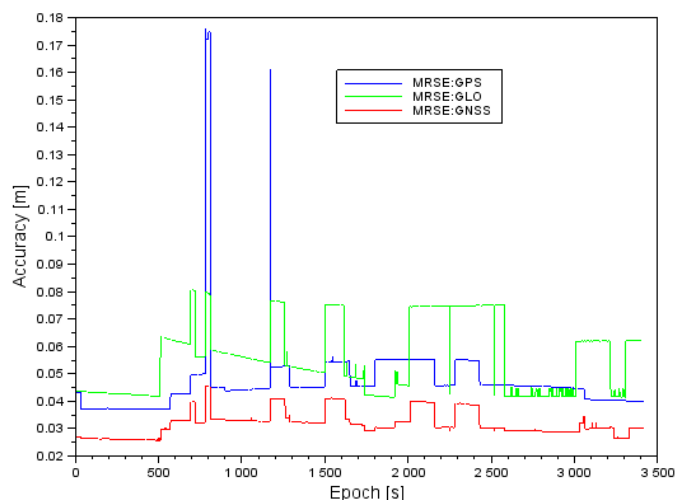
Rys. 5. Standardowe szerokości geograficzne I, II i III testu.



Rys. 6. Odchylenia standardowe długości geograficznej z I, II i III testu.



Rys. 7. Odchylenia standardowe wysokości elipsoidalnych w I, II i III teście



Rys. 8. Wyniki parametru MRSE w 3D z I, II i III testu.

Na Rys. 5 przedstawiono wartości odchylenia standardowego M_b dla szerokości geodezyjnej w układzie elipsoidalnym BLH dla testów I, II oraz III. Dla testu I (rozwiązanie GPS) przeciętna dokładność szerokości geodezyjnej wynosi 1,8 cm dla wartości z przedziału liczbowego od 1,4 cm do 6,3 cm. Około 73% wartości błędów średnich współrzędnej B dla rozwiązania GPS jest mniejsza niż 2 cm, zaś 99% wartości M_b jest mniejsza niż 2,5 cm. W przypadku testu II (rozwiązanie GLONASS), wartość parametru M_b waha się odpowiednio od 1,3 cm do 3,2 cm z wartością średnią 2,1 cm. Warto dodać, iż około 90% rezultatów parametru M_b z rozwiązania GLONASS jest mniejsza niż 3 cm. Rozwiązanie GPS/GLONASS (oznaczane na wykresach jako GNSS) z testu III pozwala na osiągnięcie błędów średnich M_b na poziomie od 0,9 cm do 1,5 cm z wartością przeciętną 1,1 cm. W porównaniu do testu I, rozwiązanie GNSS poprawiło dokładność składowej B o 39%, zaś względem testu II odpowiednio o 48%.

Na Rys. 6 zaprezentowano rezultaty błędów średnich M_l dla długości geodezyjnej L na podstawie przeprowadzonych eksperymentów I, II oraz III. W teście I (rozwiązanie GPS) przeciętna dokładność szerokości geodezyjnej wynosi 1,5 cm dla wartości z przedziału liczbowego od 1,2 cm do 3,6 cm. W porównaniu z wynikami błędów średnich dla szerokości geodezyjnej dla rozwiązania GPS, dokładność M_l uległa poprawie o 17%. W przypadku testu II (rozwiązanie GLONASS), parametr M_l przyjmuje wartości odpowiednio od 1,5 cm do 3,3 cm ze średnim błędem 2,3 cm. W porównaniu z wynikami M_b dla rozwiązania GLONASS, parametry M_l uległy pogorszeniu o niecałe 9%. Rozwiązanie GPS/GLONASS w teście III dla długości geodezyjnej L pozwala na osiągnięcie dokładności 1,1 cm dla przedziału liczbowego od 0,8 cm do 1,4 cm. Błędy

średnie dla szerokości geodezyjnej B i długości geodezyjnej L dla rozwiązania GPS/GLONASS są niemal identyczne.

Wartości odchylenia standardowego dla wysokości elipsoidalnej H z testów I, II oraz III zostały pokazane na Rys. 7. Rozwiązanie GPS z testu I dla wysokości elipsoidalnej H pozwala na osiągnięcie średniej dokładności 4 cm dla przedziału od 3 do 16 cm. W porównaniu z wartościami błędów średnich M_b i M_l , parametry M_h uległy pogorszeniu odpowiednio o 55% i 64%. Wartości odchylenia standardowego M_h dla rozwiązania GLONASS z testu II dla składowej wertykalnej wahają się od 3,3 do 7 cm, z wartością przeciętną 4,6 cm. W porównaniu z wartościami błędów średnich M_b i M_l dla rozwiązania GLONASS, parametry M_h uległy pogorszeniu o około 50%. Warto nadmienić, iż błędy średnie M_h z rozwiązania GLONASS są o 13% większe od błędów średnich z rozwiązania GPS. W przypadku rozwiązania GPS/GLONASS, odchylenie standardowe M_h kształtuje się na poziomie od 2,1 cm do 4,1 cm, z wartością średnią 2,7 cm. Wartości błędów średnich M_h z rozwiązania łącznego GPS/GLONASS w porównaniu do rozwiązania GPS (I test) i GLONASS (II test) poprawiły się odpowiednio o 33% i 41%. W stosunku do błędów średnich M_b i M_l z rozwiązania GPS/GLONASS, parametry M_h uległy pogorszeniu o około 60%.

W ramach przeprowadzonych badań dokonano wyznaczenia błędu pozycji samolotu w przestrzeni 3D (parametr MRSE). Na podstawie wyników z testu I, przeciętna wartość parametru MRSE wynosi 4,7 cm dla przedziału liczbowego od 3,7 cm do 17,6 cm. W przypadku testu II, wartości parametru MRSE kształtują się od 4,1 cm do 8,1 cm, z wartością średnią 5,6 cm. Porównując rezultaty parametru MRSE z testów I oraz II można wywnioskować, iż rozwiązanie GLONASS charakteryzuje zdecydowanie mniejszą dyspersją otrzymanych wyników. Jednakże przeciętna wartość parametru MRSE dla rozwiązania GPS jest zdecydowanie mniejsza niż w rozwiązaniu GLONASS (poprawa o 16%). Najmniejsze wartości parametru MRSE otrzymano dla rozwiązania GNSS (GPS/GLONASS). Wartość przeciętna wyniosła 3,2 cm dla rezultatów z przedziału od 2,6 cm do 4,5 cm. W stosunku do rozwiązania GPS (I test) i GLONASS (II test), wartości parametru MRSE z rozwiązania GNSS poprawiły się odpowiednio o 32% i 43%.

WNIOSKI

W pracy przedstawiono rezultaty badań dotyczących wykorzystaniu programu magicPPP do pozycjonowania statków powietrznych. Eksperyment i testy badawcze zostały przeprowadzone z wykorzystaniem obserwacji GPS/GLONASS z dwuczęstościowego odbiornika Topcon TPS Hiper, zamontowanego w samolocie Cessna. Lot testowy zrealizowano 7 września 2011 r. na lotnisku należącym do miasta Mielec. Pozycja statku powietrznego została wyznaczona metodą PPP w programie magicPPP na 3 sposoby: z obserwacji GPS, z obserwacji GLONASS oraz obserwacji GPS/GLONASS. Program magicPPP jest serwisem czasu rzeczywistego i umożliwia wyznaczenie pozycji użytkownika zarówno w trybie statycznym i kinematycznym. Charakterystyka aplikacji magicPPP została przedstawiona w artykule wraz z podaniem algorytmu obliczeniowego dla metody PPP. Przedstawione w pracy wstępne rezultaty dokładnościowe pozycjonowania dla proponowanej metody badawczej pozwalają na osiągnięcie następujących wyników: dla składowych horyzontalnych B i L około 1,1 cm oraz składowej wertykalnej H około 2,7 cm (rozwiązanie GPS/GLONASS). Ponadto zaprezentowano obliczenia dla parametru MRSE, którego wartość przeciętna wynosi 3,2 cm dla rozwiązania GPS/GLONASS. Warto zauważyć, iż otrzymane w pracy rezultaty błędów średnich dla testów I, II oraz III pozwalają na implementację aplikacji magicPPP w aspekcie procedury precyzyjnego podejścia samolotu do lądowania.

BIBLIOGRAFIA

1. Angrisano A.: GNSS/INS Integration Method, Ph. D. Thesis, Department of Applied Sciences, Parthenope University of Naples, Centro Direzionale di Napoli, Italy, 2010.
2. Vikas K. N.: Integration of Inertial Navigation System and Global Positioning System Using Kalman Filtering, M.Sc. Thesis, Department of Aerospace Engineering Indian Institute of Technology, Bombay, 2004.
3. Ciećko A., Grunwald G., Kaźmierczak R., Oszczak S., Grzegorzewski M., Ćwiklak J.: Wykorzystanie oprogramowania RTKLIB do badania dokładności systemu EGNOS, Logistyka, nr 6/2011.
4. Ciećko A., Oszczak S., Grzegorzewski M., Ćwiklak J.: Wyznaczenie pozycji statku powietrznego oraz dokładności z wykorzystaniem systemu EGNOS w Polsce wschodniej, Logistyka, nr 12/2011.
5. Grunwald G., Kaźmierczak R.: Rozkład poprawek EGNOS w czasie, Logistyka, nr 3/2012.
6. Januszewski J.: Stacje segmentu naziemnego nawigacyjnych systemów satelitarnych i systemów je wspomagających, PRACE WYDZIAŁU Nawigacyjnego Akademii Morskiej w GDYNi, nr 25, 2010.
7. Stępnia K., Wielgosz P., Paziewski J.: Badania dokładności pozycjonowania techniką PPP w zależności od długości sesji obserwacyjnej oraz wykorzystanych systemów pozycjonowania satelitarnego, Biuletyn WAT, Vol. LXI, Nr 1, 2012.
8. Martín A., Anquela A., Berné J., Sanmartín M.: Kinematic GNSS-PPP results from various software packages and raw data configurations, Scientific Research and Essays Vol. 7(3), pp. 419-431, 23 January, 2012, DOI: 10.5897/SRE11.1885.
9. Kouba J.: A guide to using INTERNATIONAL GNSS SERVICE (IGS) Products, 2009, Available at: <http://acc.igs.org/UsingIGSProductsVer21.pdf>.
10. Heßelbarth A., Wanninger L.: Performance of GNSS-PPP in Post-Processing Mode, Rostock-Warnemünde, Germany, 02 – 05 November 2010.
11. Tabučić D., Mulić M., Bilajbegović A.: Accuracy testing of the online free GNSS PPP services, as a function of observation duration and the elapsed time from measurement epoch to epoch of measurement computation, Geodetsky Glasnik, No. 41, Vol. 45, 2011.
12. Leandro R., Santos M., Langley R.: Analyzing GNSS data in precise point positioning software, GPS Solution, 2010, DOI 10.1007/s10291-010-0173-9.
13. Mireault Y., Tétreault P., Lahaye F., Héroux P., Kouba J.: Online Precise Point Positioning: A New, Timely Service from Natural Resources Canada, GPS World, September 2008, p.59-64.
14. Nylen T., White S.: Online Precise Point Positioning Using the Natural Resources Canada Canadian Spatial Reference System (CSRS-PPP), UNAVCO, October 2007. Available at: <https://www.unavco.org/projects/project-support/polar/support/PPP.pdf>.
15. Hernández-Pajares, M., et al., "The ESA/UPC GNSS-Lab tool (gLAB): An advanced multipurpose package to process and analysis GNSS data," NAVITEC 2010 - ESA Workshop on Satellite Navigation Technologies, "5th ESA Workshop on Satellite Navigation User", Noordwijk, 2010.
16. ALÇAY S., YİĞİT C., CEYLAN A.: Comparison of the CSRS-PPP, MagicPPP and APPS Web Based Software's Static PPP module, Electronic Journal of Map Technologies, Vol. 5, No: 1, 2013
17. Gao Y.: Performance Analysis of Precise Point Positioning Using Real-Time Orbit and Clock Products, Journal of Global Positioning Systems (2004), Vol. 3, No. 1-2: 95-100.
18. Gao Y., Wojciechowski A.: High precision kinematic positioning using single dual-frequency GPS receiver, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34, Part XXX, pp. 845-850, 2004.
19. Doucet K., Herwig M., Kipka A., Kreikenbohm P., Landau H., Leandro R., Moessmer M., Pagels C.: Introducing Ambiguity Resolution in Webhosted Global Multi-GNSS Precise Positioning with Trimble RTX-PP, 2012. Available at: https://www.trimble.com/positioning-services/pdf/RTX_Post_Processing.pdf.
20. Dach R., et al.: Bernese GPS Software Version 5.0, Astronomical Institute, University of Bern, Switzerland, 2007.
21. Waypoint Products Group, NovAtel Inc.: Airborne Precise Point Positioning (PPP) in GrafNav 7.80 with Comparisons to Canadian Spatial Reference System (CSRS) Solutions, 2006. Available at: <http://www.novatel.com/assets/Documents/Waypoint/Reports/PPPReport.pdf>.
22. Gregorius T.: Gipsy Oasis II: How it works..., 1996. Available at: <http://web.gps.caltech.edu/classes/ge167/file/gipsy-oasisIIHowItWorks.pdf>
23. <http://www.wasoft.de/ppp/index.html>, current on 2015.
24. Baire Q., Bruyninx C., Defraigne P., Legrand J.: Precise Point Positioning with ATOMIUM using IGS Orbit and Clock Products : First Results, EUREF2009. Available at: http://gnss.be/communications/public/pospres_EUREF2009_Baire_6.pdf.
25. magicppp@gmv.com, current on 2015.
26. <http://www.gmv.com/export/sites/gmv/DocumentosPDF/magicPPP/>, current on 2015.
27. <http://www.gmv.com/export/sites/gmv/DocumentosPDF/magicODTS/>, current on 2015.

USING THE 'MAGIC PPP' SOFTWARE FOR DETERMINING THE POSITION OF AN AIRCRAFT

Abstract

The application of the PPP method in air navigation enables greater accuracy as to aircrafts positioning to the nearest of several centimeters. This kind of accuracy is possible thanks to the application of commercial geodetic programmes in the process of preparing satellite observation. The article presents and gives the description to the magicPPP programme, which functions as a free on-line computing service in static and kinematic modes. In the calculations there has been used non-differentiated GPS/GLONASS code-phase observation from Topcon TPS Hiper two-frequency receiver. The airplane position has been determined in three ways: based on GPS observation, based on GLONASS observation and based on combined GPS/GLONASS observation. The preliminary results of the magicPPP programme make it possible to reach the accuracy of 1.1 cm for the horizontal coordinates (Band L) and 2.7 cm for the vertical coordinate H (GPS/GLONASS combination). Also the values of the MRSE parameter have

been presented in the article and their value fluctuates between 3.2 cm (GPS/GLONASS combination).

Autorzy:

Jafernik Henryk - Faculty of Transport, The Silesian University of Technology, Gliwice, Poland, e-mail: hjafernik@polsl.pl

Mgr inż. Kamil Krasuski - Wydział Geodezji, Kartografii i Katastru Nieruchomości w Starostwie Powiatowym Ryki, e-mail: kk_deblin@wp.pl