

CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU WSPOMAGANIA POZYCJONOWANIA QZSS-ZENITH

Kamil Krasuski^{1,2}

¹Zespół Technik Satelitarnych, Dęblin; ²Starostwo Powiatowe w Rykach, Wydział Geodezji, Kartografii i Katastru Nieruchomości

Streszczenie. W artykule przedstawiono charakterystykę japońskiego systemu nawigacyjnego QZSS-Zenith do wspomaganie pozycjonowania satelitarne. Scharakteryzowano poszczególne segmenty systemu QZSS-Zenith oraz opisano również skalę czasu i układ odniesienia w systemie QZSS. W części badawczej artykułu przedstawiono rezultaty pozycjonowania satelitarne z użyciem obserwacji GPS i QZSS.

Słowa kluczowe: QZSS-Zenith, QZSST, JGF, GPS, dokładność

CHARACTERISTIC OF QZSS-ZENITH POSITIONING AUGMENTATION SYSTEM

Abstract. This paper presents characteristic of Japanese navigation system QZSS-Zenith for satellites positioning augmentation. Segments of QZSS-Zenith system were characterized, and time scale and reference frame of QZSS system were also described. The positioning results based on GPS and QZSS observations were presented in the research part of article.

Keywords: QZSS-Zenith, QZSST, JGF, GPS, accuracy

Wstęp

Segment kosmiczny globalnego systemu nawigacji satelitarnej GNSS składa się zarówno z satelitów umieszczonych na orbicie typu MEO, jak i satelitów rozmieszczonych na orbitach typu GEO i HEO. Wśród satelitów z orbity typu MEO można wyróżnić satelity systemów: GPS (właściciel systemu- USA), GLONASS (właściciel systemu- Rosja), GALILEO (właściciel systemu- Unia Europejska) czy BEIDOU (właściciel systemu- Chiny). W przypadku aparatów z orbity GEO, są to m. in. satelity systemów: WAAS (właściciel systemu- USA), EGNOS (właściciel systemu- Unia Europejska), MSAS (właściciel systemu- Japonia), GAGAN (właściciel systemu- Indie) czy SDCM (właściciel systemu- Rosja). Reprezentantem satelitów z orbity typu HEO jest natomiast japoński system QZSS-Zenith (obecnie 1 satelita Michibiki). W artykule przedstawiono charakterystykę, budowę, poszczególne komponenty oraz podstawowe zastosowania systemu QZSS-Zenith jako systemu wspomaganie pozycjonowania satelitarne. W pracy opisano również skalę czasu i układ odniesienia systemu QZSS. W części badawczej artykułu pokazano dokładności wyznaczenia współrzędnych geodezyjnych BLh z użyciem obserwacji GPS oraz GPS/QZSS.

1. System QZSS-Zenith

Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) jest regionalnym systemem wspomaganie pozycjonowania, zaprojektowanym przez rząd japoński w 2002 r. Początkowo system budowało konsorcjum ABSC (ang. *Advanced Space Business Corporation*), ale od 2007 r. rolę tę przejęła agencja rządowa SPAC (ang. *Satellite Positioning Research and Application Center*) [9, 10]. System w swoich pierwotnych planach miał zapewnić pokrycie dla obszaru Wschodniej Azji oraz Oceanii i Australii. Główne cele systemu to zwiększenie niezawodności działania oraz podwyższenie dokładności wyznaczenia pozycji z wykorzystaniem systemu GPS. System składa się z 3 komponentów [5, 6]: segmentu kosmicznego (ang. *Space Segment*), segmentu naziemnego (ang. *Ground Segment*) oraz segmentu użytkownika (ang. *User Segment*). Segment kosmiczny stanowi obecnie tylko 1 satelita o nazwie Michibiki. Docelowa liczba satelitów do 2018 ma wynosić 4, a do 2023 konstelacja zwiększy się do 7 satelitów [3]. Segment naziemny to główna stacja nadzoru oraz stacje śledzące rozmieszczone na terenie Japonii (5 stacji) oraz Indii, Tajlandii, Australii (po 1 stacji) oraz USA (2 stacje). Segment użytkownika to wszystkie odbiorniki satelitarne działające w systemie QZSS.

1.1. Segment kosmiczny

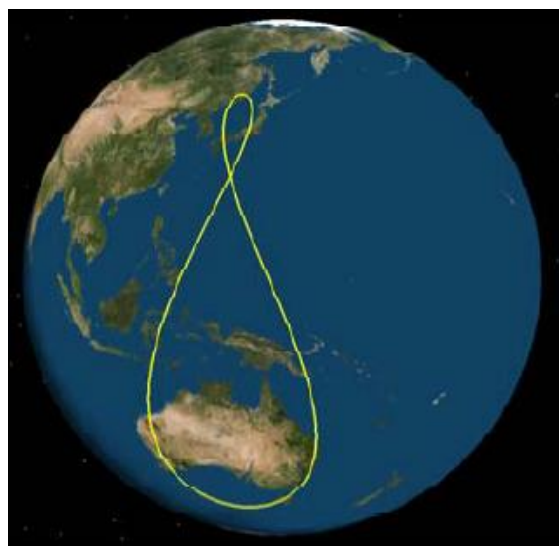
Jedyny satelita systemu QZSS (patrz rysunek 1) jest umieszczony na wysokiej orbicie (promień orbity $a = 42164$ km).

Kąt nachylenia płaszczyzny orbity do płaszczyzny równika ziemskiego (inklinacja) wynosi 43° , zaś okres obiegu 1 dzień gwiazdowy. Różnica długości geograficznej dla węzłów wstępujących planów orbitalnych wynosi 120° . Ślad orbity na powierzchni Ziemi przypomina kształtem „ósemkę” z punktem centralnym na południku 135° E. Podstawowe parametry orbity keplerowskiej dla satelitów QZSS zostały zamieszczone w Tabeli nr 1.

Tabela 1. Wybrane parametry orbity systemu QZSS [4, 5, 6].

Liczba satelitów	1
Liczba orbit	3
Inklinacja	$43^\circ \pm 4^\circ$
Mimośród	$0,075 \pm 0,015$
Wielka półoś	42164 km
Okres obiegu	1 dzień gwiazdowy
Odległość punktu perygeum	39002 km
Odległość punktu apogeum	45326 km
Argument perygeum	$270^\circ \pm 2^\circ$
Różnica długości geograficznej węzłów wstępujących	120°

Plan konstelacji systemu QZSS zapewnia takie położenie satelitów tak, by 1 z nich był zawsze w pobliżu zenitu nad obszarem Japonii, co sprawi że sygnał satelitarne będzie docierał do odbiorników na obszarze miejskim i górskim bez zakłóceń. Szczególnie jest to użyteczne na obszarze wysoce zurbanizowanym, w tzw. „kanionie miejskim”, gdzie sygnały GPS są odbijane przez budynki, co w konsekwencji powoduje problem z pozycjonowaniem.



Rys. 1. Plan konstelacji systemu QZSS [5]

Każdy satelita systemu QZSS posiadać będzie rubidowy zegar atomowy oraz maser wodorowy, podsystem transmisji sygnału dla pasma L, podsystem transferu czasu, baterie słoneczne i lustra laserowe, wykorzystywane do pomiarów laserowych SLR. Przewidywany okres życia satelitów systemu QZSS to 10 lat. Satelity QZSS będą transmitować 6 sygnałów z pasma mikrofalowego: L1C/A, L1-SAIF, L1C, L2C, LEX i L5. Cztery z nich: L1-C/A, L1C, L2C i L5 są dostępne w powszechnym użyciu do pozycjonowania, zaś pozostałe dwa: L1-SAIF i LEX stanowią sygnały wspomaganie (patrz Tabela nr 2).

Tabela 2. Specyfikacja sygnałów systemu QZSS [7].

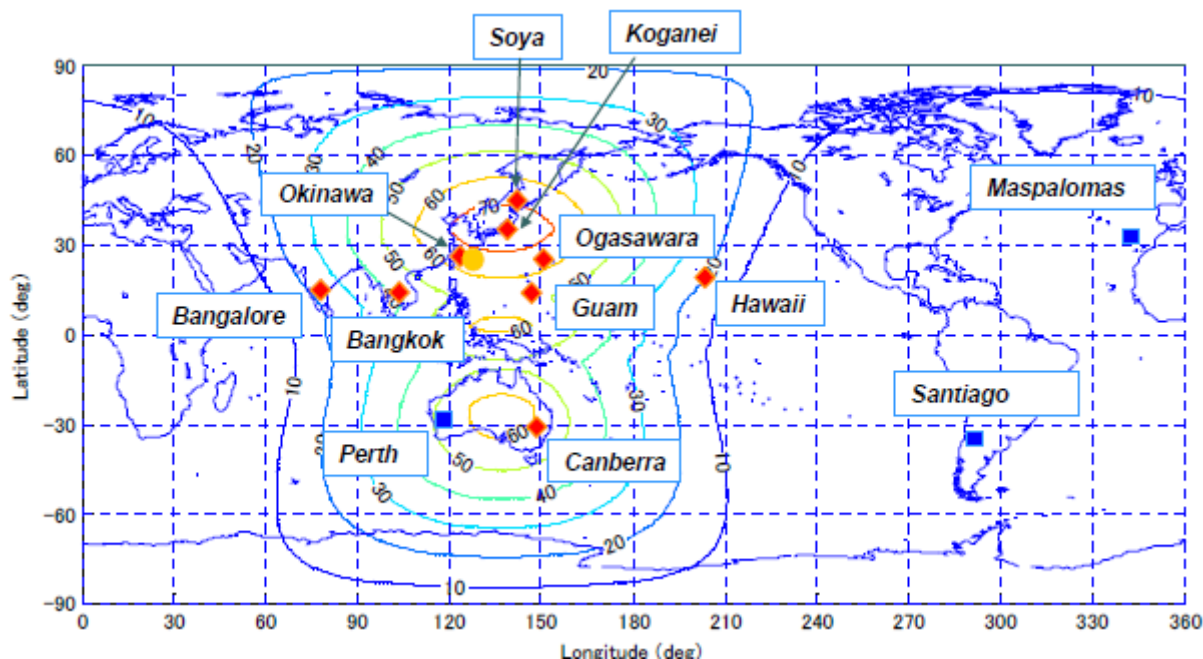
Sygnal	Częstotliwość [MHz]	Zastosowanie
L1-C/A	1575,42	Zwiększenie kompatybilności i międzyoperacyjności z systemem GPS
L1C	1575,42	
L2C	1227,60	Korekcja wpływu jonosfery
L5	1176,45	Monitoring stanu zdrowia satelitów GNSS
L1-SAIF	1575,42	Kompatybilność z systemem wspomaganie WAAS
LEX	1278,75	Kompatybilność i międzyoperacyjność z systemem GALILEO (częstotliwość E6)

Częstotliwość wzorcowa dla transmitowanych sygnałów wynosi $f_0=10,23$ MHz, czyli odpowiednio dla L1= $154 \cdot f_0$, dla LEX= $125 \cdot f_0$, dla L2= $120 \cdot f_0$ oraz dla L5= $115 \cdot f_0$.

1.2. Segment naziemny

Konstelacja systemu QZSS jest monitorowana przez naziemny segment kontrolny (ang. *Ground Segment - GS*), w skład którego wchodzi 3 zasadnicze elementy [5, 6]:

- główna stacja nadzoru (ang. *Master Control Station - MCS*), zadania: obliczenie parametrów orbit satelitów, wyznaczenie poprawek do zegarów satelitów, podejmowanie decyzji o korektach orbit;
- stacje śledzące (ang. *Tracking Control Station - TCS*), zadania: monitorowanie konstelacji satelitów, przesyłanie danych obserwacyjnych i depesz satelitarnych do stacji MCS, raz do roku stacje TCS przejmują funkcję kontrolną nad systemem od MCS;
- stacja zarządzania czasem systemu (ang. *Time Management Station - TMS*), zadania: podejmowanie decyzji o korekcji czasu systemu QZSS względem czasu systemu GPS.



Rys. 2. Segment naziemny systemu QZSS [5, 6]

Obecnie funkcjonuje 10 stacji systemu QZSS (patrz rysunek 2):

- 5 na obszarze Japonii (Koganei, Sarobetsu, Okinawa, Tsukuba i Chichi-Jima),
- 2 należące do USA (Guam, Hawaii),
- 1 na terenie Indii (Bangalore),
- 1 na terenie Tajlandii (Bangkok),
- 1 na terenie Australii (Canberra).

1.3. Segment użytkownika

Segment użytkownika składa się z nieograniczonej liczby odbiorników systemu QZSS. Odbiorniki wykonuje się taki sposób, aby odbierać, dekodować, przetwarzać sygnały przede wszystkim z satelitów QZSS i GPS, a także, jeśli jest to możliwe, z satelitów GLONASS, GALILEO oraz BEIDOU. Mając na uwadze koncepcję istnienia kilku częstotliwości w systemie QZSS, inżynierowie w prywatnych firmach produkują anteny satelitarne do odbiorników w taki sposób, aby móc odbierać sygnały z kilku systemów nawigacyjnych jednocześnie. Jednym z najlepszych przykładów takiego

rozwiązania jest odbiornik TRIMBLE NETR9 (wersja 4.61) firmy Trimble wraz z anteną TRM59800.00, testowany w ramach ogólnoświatowej kampanii MGEX (ang. *Multi-GNSS Experiment*).

Taka infrastruktura techniczna (odbiornik + antena) jest zainstalowana na stacji referencyjnej STK2 w Japonii (patrz rysunek 3). Stacja STK2 należy do globalnej sieci stacji referencyjnej IGS i posiada możliwość śledzenia obserwacji od pierwszego satelity systemu QZSS - Michibiki. W pliku RINEX 3.00 jest aktualnie zapisywanych 24 obserwacje (kolor czerwony na rysunku 3) od satelity Michibiki. Obserwacje QZSS są wykorzystywane w kampanii MGEX szczególnie na czterech płaszczyznach [13]:

- orientacja anteny satelity Michibiki w przestrzeni kosmicznej,
- wyznaczania błędów instrumentalnych DCB i ISB,
- wyznaczenia pozycji satelity Michibiki na orbicie,
- poprawy pozycjonowania absolutnego oraz względnego z użyciem pomiarów kodowych i fazowych.

```

3.00      OBSERVATION DATA      M (MIXED)      RINEX VERSION / TYPE
Bnx2Rnx   igs                    20160102 00:05:54UTCPGM / RUN BY / DATE
Source 200520160101000000.bnx    COMMENT
STK2      MARKER NAME
217315004 MARKER NUMBER
IGS_group GSI                   OBSERVER / AGENCY
5035K69831 TRIMBLE NETR9        4.61      REC # / TYPE / VERS
5015353788 TRM59800.00          SCIS      ANT # / TYPE
-3642161.2100 2861487.8800 4370351.3300 APPROX POSITION XYZ
0.0000      0.0000      0.0000      ANTENNA: DELTA H/E/N
G 16 C1C L1C D1C S1C C2X L2X D2X S2X C2W L2W D2W S2W C5X SYS / # / OBS TYPES
L5X D5X S5X SYS / # / OBS TYPES
R 20 C1C L1C D1C S1C C2C L2C D2C S2C C1P L1P D1P S1P C2P SYS / # / OBS TYPES
L2P D2P S2P C3X L3X D3X S3X SYS / # / OBS TYPES
E 16 C1X L1X D1X S1X C5X L5X D5X S5X C7X L7X D7X S7X C8X SYS / # / OBS TYPES
L8X D8X S8X SYS / # / OBS TYPES
S 8 C1C L1C D1C S1C C5I L5I D5I S5I SYS / # / OBS TYPES
C 12 C2I L2I D2I S2I C6I L6I D6I S6I C7I L7I D7I S7I SYS / # / OBS TYPES
J 24 C1C L1C D1C S1C C1X L1X D1X S1X C1Z L1Z D1Z S1Z C2X SYS / # / OBS TYPES
L2X D2X S2X C6L L6L D6L S6L C5X L5X D5X S5X SYS / # / OBS TYPES
Carrier-to-noise ratios in [dB-Hz] COMMENT
All observations are referred to receiver time COMMENT
QZS-1 L1-SAIF obs stored with obs-code C1Z COMMENT
2016 1 1 0 0 0.0000000 TIME OF FIRST OBS
END OF HEADER
> 2016 01 01 00 00 00.0000000 0 13

```

Rys. 3. Fragment nagłówka pliku obserwacyjnego RINEX ze stacji STK2 [12]

2. Czas systemu QZSS-Zenith

Czas systemu QZSS (QZSST) jest regulowany względem czasu systemu GPS i spełnia 5 podstawowych postulatów [7]:

- długość 1 sekundy jest identyczna jak w czasie atomowym (ang. *International Atomic Time - TAI*),
- całkowita liczba sekund różnicy między czasem QZSST a czasem TAI wynosi 19 sekund i jest taka sama jak różnica między czasem GPST (ang. *GPS Time - czas systemu GPS*) a TAI,
- początek numeru tygodnia w czasie QZSST jest taki sam jak dla czasu GPST,
- zegary satelitów systemu QZSS są kontrolowane i poprawiane względem czasu GPST,
- różnica skali czasu QZSST względem czasu systemu GPST wynosi mniej niż 7 ns (z prawdopodobieństwem 95%).

3. Układ odniesienia. Elipsoida odniesienia

W depeszy nawigacyjnej QZSS, pozycja satelity wyznaczona jest w ortokartezjańskim układzie współrzędnych przestrzennych, który stanowi konkretną realizację układu odniesienia JGF (ang. *Japan satellite navigation Geodetic Frame*). Układ odniesienia JGF jest zdefiniowany w następujący sposób:

- początek układu znajdują się w środku masy Ziemi,
- oś Z przechodzi przez ziemskie bieguny zgodnie z rekomendacją Międzynarodowej Służby Ruchu Obrotowego Ziemi,
- oś X jest skierowana do punktu przecięcia się płaszczyzny równika ziemskiego z płaszczyzną południka Greenwich 0°,
- oś Y tworzy całość prawoskrętnego układu odniesienia.

System QZSS-Zenith, w porównaniu z systemem GPS, wykorzystuje do wyznaczenia pozycji parametry elipsoidy GRS-80. Różnica wyznaczanych współrzędnych użytkownika w układzie JGF i układzie WGS-84 (dla GPS) jest mniejsza niż 0,02 m. Układ JGF jest układem globalnym, dlatego współrzędne mogą być określone zarówno w układzie ortokartezjańskim (XYZ), jak i elipsoidalnym (BLh) [6, 7].

4. Obszary zastosowania systemu QZSS

W zależności od stosowanej techniki obserwacyjnej, wyniki pomiarów wykonywanych z wykorzystaniem systemu wspomaganego QZSS-Zenith, będą charakteryzować się różną dokładnością i dostępnością. Główne kategorie zastosowań systemu QZSS wymieniono poniżej [1, 2, 9, 10]:

- geodezja i budownictwo,
- geofizyka i geodynamika,
- geologia i górnictwo,
- rolnictwo precyzyjne,
- monitoring atmosfery,
- fotogrametria lotnicza i naziemna,
- zarządzanie kryzysowe,
- monitoring kataklizmów i zagrożeń pogodowych,
- nawigacja samochodowa i morska,
- nawigacja lotnicza,
- GIS,
- leśnictwo i ochrona środowiska,
- kartografia,
- transport i logistyka,
- telekomunikacja i radiokomunikacja,
- transfer czasu,
- telefonia komórkowa i aplikacje mobilne,
- ratownictwo medyczne,
- zastosowanie militarne dla wojska,
- zastosowania cywilne dla służb porządkowych (m. in. policja i straż pożarna),
- bezpieczeństwo i logistyka,
- kosmonautyka,
- robotyka i automatyka,
- itp.

5. Praktyczne zastosowanie systemu QZSS w nawigacji satelitarnej

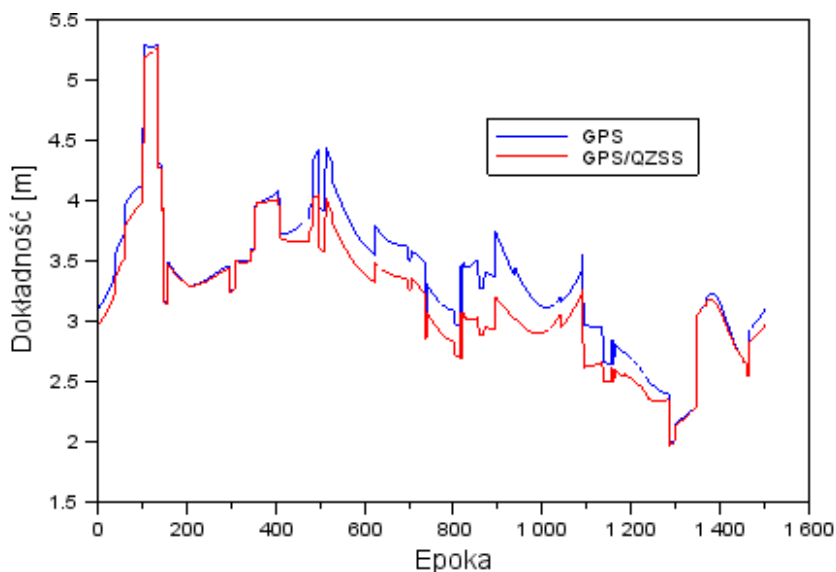
W części badawczej artykułu zaprezentowano rezultaty pozycjonowania satelitarnego z użyciem systemu GPS i QZSS. W tym celu wykorzystano obserwacje kodowe GPS i QZSS na częstotliwości L1 z dnia 01.01.2016 ze stacji referencyjnej STK2 z Japonii. Obliczenia współrzędnych odbiornika zostały

zrealizowane w programie RTKLIB w module RTKPOST dla metody pozycjonowania Single Point Positioning (SPP) [8].

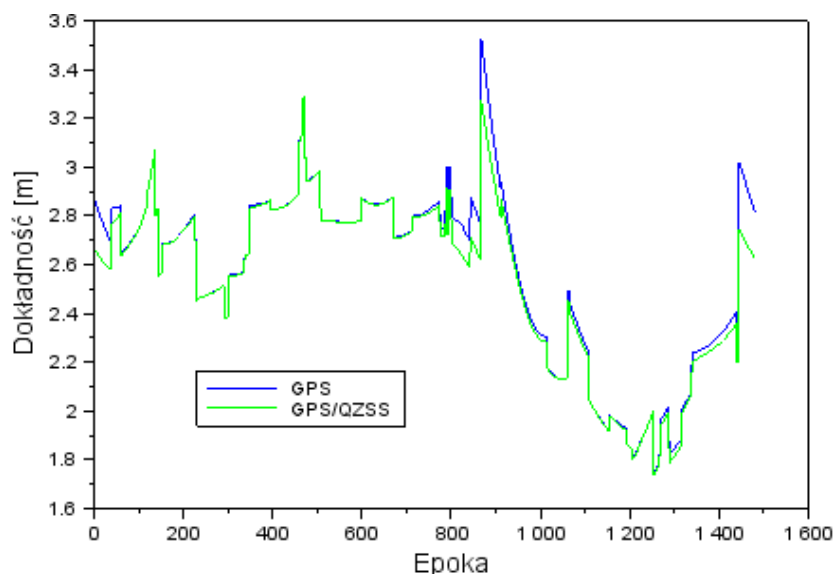
W ramach wykonywanych testów badawczych w module RTKPOST ustawiono następującą konfigurację danych wejściowych [11]:

- tryb pozycjonowania: Single,
- maska elewacji: 5° ,
- poprawka jonosferyczna: model Klobuchara,
- poprawka troposferyczna: model Saastamoinena,
- dane efemerydalne: efemeryda pokładowa,
- źródło poprawki chodu zegara satelity: efemeryda pokładowa,
- system GNSS: GPS i QZSS,
- układ odniesienia: WGS-84.

Na potrzeby eksperymentu, pozycja stacji referencyjnej STK2 została wyznaczona na dwa sposoby, tj. w teście I z użyciem tylko obserwacji GPS, natomiast w teście II z użyciem obserwacji GPS i QZSS. Uzyskane dokładności wyznaczonej pozycji stacji referencyjnej STK2 w układzie geodezyjnym BLh z rozwiązania I (GPS) oraz II (GPS/QZSS) zostały zaprezentowane na rysunkach 4, 5 i 6. W porównaniu wykorzystano tylko epoki pomiarowe, w których odbiornik zarejestrował zarówno obserwacje kodowe QZSS-Zenith oraz GPS.



Rys. 4. Dokładność wyznaczenia szerokości geodezyjnej z rozwiązania GPS i GPS/QZSS



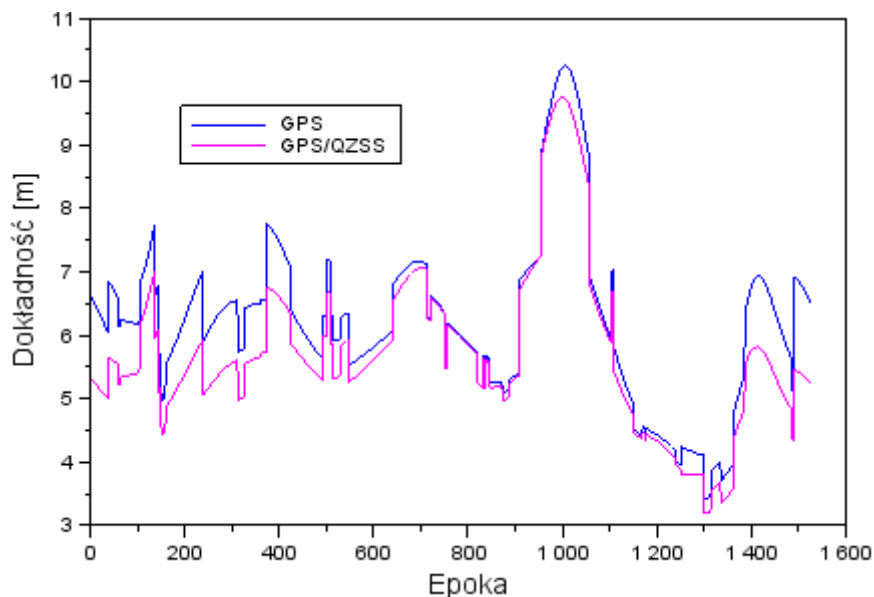
Rys. 5. Dokładność wyznaczenia długości geodezyjnej z rozwiązania GPS i GPS/QZSS

Na rysunku 4 pokazano wartości odchylenia standardowego dla wyznaczenia współrzędnej szerokości geodezyjnej (B) z rozwiązania GPS oraz GPS/QZSS. Przeciętna dokładność współrzędnej B z rozwiązania GPS wynosi 3,357 m; natomiast z rozwiązania GPS/QZSS równo 3,189 m. Ponadto rozrzut wyników odchylenia standardowego dla współrzędnej B z rozwiązania GPS wynosi od 1,990 m do 5,300 m; zaś z rozwiązania GPS/QZSS odpowiednio od 1,972 m do 5,273 m. Należy dodać, iż rozwiązanie GPS/QZSS poprawiło dokładność współrzędnej B o ponad 5% względem rozwiązania GPS.

Na rysunku 5 przedstawiono wartości odchylenia standardowego dla wyznaczenia długości geodezyjnej (L) z rozwiązania GPS oraz GPS/QZSS. Przeciętna dokładność współrzędnej L z rozwiązania GPS wynosi 2,570 m; natomiast z rozwiązania GPS/QZSS równo 2,539 m. Ponadto rozrzut wyników odchylenia standardowego dla współrzędnej L z rozwiązania GPS wynosi od 1,744 m do 3,531 m; zaś z rozwiązania GPS/QZSS odpowiednio od 1,737 m do 3,291 m. Warto zauważyć, iż rozwiązanie GPS/QZSS poprawiło dokładność współrzędnej L tylko o ponad 1% względem rozwiązania GPS. Zatem należy podkreślić, iż dokładność

wyznaczenia współrzędnej L z rozwiązania GPS oraz GPS/QZSS jest na takim samym poziomie wartości.

Dodatkowo dokładność wyznaczenia współrzędnej L jest zdecydowanie wyższa a niżeli współrzędnej B.



Rys. 6. Dokładność wyznaczenia wysokości elipsoidalnej z rozwiązania GPS i GPS/QZSS

Na rysunku 6 pokazano wartości odchylenia standardowego dla wyznaczenia wysokości elipsoidalnej (h) z rozwiązania GPS oraz GPS/QZSS. Przeciętna dokładność współrzędnej h z rozwiązania GPS wynosi 6,199 m; natomiast z rozwiązania GPS/QZSS dokładnie 5,713 m. Ponadto rozrzut wyników odchylenia standardowego dla współrzędnej h z rozwiązania GPS wynosi od 3,407 m do 10,254 m; zaś z rozwiązania GPS/QZSS odpowiednio od 3,180 m do 9,756 m. Należy dodać, iż rozwiązanie GPS/QZSS poprawiło dokładność wysokości elipsoidalnej o około 8% względem rozwiązania GPS. Dokładność wyznaczenia wysokości elipsoidalnej jest najniższa dla rozwiązania GPS i GPS/QZSS w porównaniu ze współrzędnymi B i L. Ponadto rozrzut wyników dla odchylenia standardowego poszczególnej składowej jest największy dla wysokości elipsoidalnej. Z kolei trzeba nadmienić, iż zastosowanie obserwacji QZSS w pozycjonowaniu satelitarnym poprawia najbardziej wysokość elipsoidalną (h).

6. Podsumowanie i wnioski

W artykule przedstawiono krótką charakterystykę systemu wspomaganego pozycjonowania satelitarnego QZSS-Zenith, z uwypukleniem poszczególnych komponentów systemu, podstawowych parametrów oraz zastosowań. System QZSS w swojej pierwotnej wersji miał zapewnić pokrycie obszaru wyłącznie Azji Wschodniej oraz Oceanii i Australii, jednakże prowadzona kampania MGEX mająca na celu integrację globalnych systemów satelitarnych GNSS, przedstawiła możliwość dostępności systemu QZSS również w innych częściach świata. Obserwacje QZSS są dostępne w formatach RINEX 3.00, 3.01, 3.02, co powoduje możliwość ich wykorzystania podczas rozwiązania nawigacyjnego pozycji użytkownika. W artykule przeprowadzono testy numeryczne mające na celu określenie wpływu obserwacji QZSS na wyznaczenie współrzędnych stacji referencyjnej STK2. Na podstawie przeprowadzonych badań można wywnioskować, iż zastosowanie obserwacji GPS/QZSS powoduje podwyższenie dokładności wyznaczonej pozycji do 10% względem rozwiązania z systemu nawigacyjnego GPS.

Podziękowania

Autor artykułu składa podziękowania dla:

- serwisu BKG za udostępnienie plików RINEX ze stacji referencyjnej STK2;
- panu Tomoji Takasu za udostępnienie bibliotek programu RTKLIB na stronie internetowej: www.rtklib.com.

Literatura

- [1] Aoki M.: QZSS The Japanese Quasi-Zenith Satellite System: Program Updates and Current status, 15th International Committee on GNSS, Torino, 2010.
- [2] Fujiwara S.: QZSS and MSAS The Quasi-Zenith Satellite System and The Multi-functional Transport Satellite Satellite-based Augmentation System, ICG-6, Tokyo, 2011.
- [3] Harima K., Choy S., Choudhury M., Rizos C., Kogure S.: Transmission of augmentation corrections using the Japanese QZSS for Real-Time Precise Point Positioning in Australia, Paper presented at FIG 2015, Sofia, Bulgaria.
- [4] Harima K., Choy S., Kakimoto H., Collier P., Kogure S.: Utilisation of the Japanese Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) Augmentation System for precision farming in Australia, Paper presented at IGNS Symposium 2015, Australia.
- [5] JAXA: Impact of SLR tracking on QZSS, Metsovo, 2009.
- [6] JAXA: Interface Specification for QZSS, version 1.5, 2013.
- [7] Kogure S.: The status of Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) technical demonstration, Bangkok, 2012.
- [8] Krasuski K.: Utilization GPS/QZSS data for determination of user's position, *Pomiary Automatyka Robotyka*, 2/2015.
- [9] Matsuoka S.: Service status of QZSS, The Asia Pacific Regional Space Agency Forum, Communication Satellite Application WG, 2008.
- [10] Nakajima T.: EU-Japan cooperation on satellite navigation applications and services, Europe-Japan Space Forum, 2014.
- [11] Takasu T.: RTKLIB ver. 2.4.2 Manual, RTKLIB: An Open Source Program Package for GNSS Positioning, 2013.
- [12] <http://igs.bkg.bund.de/file/rinexsearch>, [1.07.2016].
- [13] <http://www.igs.org/mgex>, [1.07.2016].

Mgr inż. Kamil Krasuski
e-mail: kk_deblin@wp.pl

Absolwent Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Obszar zainteresowania: nawigacja, geodezja, geofizyka, programowanie, metody numeryczne. Od 2014: Zespół Technik Satelitarnych. Od 2015: Starostwo Powiatowe w Rykach- Wydział Geodezji, Kartografii i Katastru Nieruchomości.

