BLASKI I CIEŃ

Choć powszechnie uważany za mniej dokładny i precyzyjny niż GPS, system GLONASS sukcesywnie zmienia swój niekorzystny wizerunek wraz z doskonaleniem segmentu kosmicznego. Połączenie rozwiązań GPS/GLONASS/Galileo (GGG) jest już nie tylko odległym marzeniem, lecz realną perspektywą.

MARIUSZ FIGURSKI, MARCIN SZOŁUCHA, MARCIN GAŁUSZKIEWICZ, MACIEJ WRONA, KAROLINA SZAFRANEK, ANDRZEJ ARASZKIEWICZ, KAMIL KRASUSKI

GLONASS (GLObal NAvigation Satellite System albo *ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система*) to globalny system nawigacji satelitarnej, zaprojektowany i skonfigurowany przez inżynierów byłego Związku Radzieckiego, a doskonalony w Federacji Rosyjskiej. 1 grudnia 1976 r. jest oficjalnym dniem jego narodzin (dekret rządowy „O rozwoju globalnego systemu nawigacji satelitarnej GLONASS"). Analogicznie jak w przypadku GPS, w jego skład wchodzą trzy segmenty: kosmiczny, naziemny i użytkownika. Segment kosmiczny stanowią wszystkie satelity systemu. Segment naziemny to główna stacja nadzoru oraz stacje śledzące rozmieszczone na terenie Federacji Rosyjskiej. Segment użytkownika to wszystkie odbiorniki satelitarne działające w systemie GLONASS.

SEGMENT KOSMICZNY

Satelity GLONASS były umieszczane na orbitach okołoziemskich począwszy od 1982 roku. Wysokość orbity wynosi 19 100 km, a kąt nachylenia płaszczyzny orbity do płaszczyzny równika ziemskiego (inklinacja) jest równy 64,8°. Cała flota, licząca 80 satelitów, wyposażona była dodatkowo w lustra wykorzystywane przez stacje QOTS (ang. Quantum Optical Tracking Stations – opisane w dalszej części artykułu) do pomiarów laserowych SLR (tab. 1).

Czas operacyjnego działania pierwszej generacji satelitów wynosił około 3 lat. Poprzez sukcesywne udoskonalanie konstrukcji wydłużono go do 7 lat, poprawiając jednocześnie stabilność zegarów cezowych. Satelity drugiej generacji (GLONASS-M) umieszczane są na orbitach od 2003 roku. Obecnie pracują one operacyjnie i to na ich podstawie można wyznaczać pozycję na powierzchni Ziemi i w jej najbliższym sąsiedztwie.

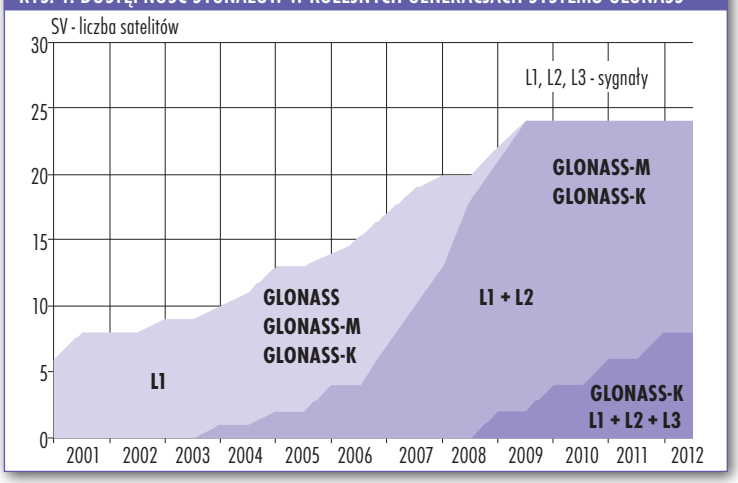
Przyszłością systemu są satelity trzeciej generacji (GLONASS-K), które będą umieszczane na orbitach okołoziemskich w najbliższych kilku latach. Docelową konstelację mają tworzyć 24 aparaty rozmieszczone na trzech orbitach w taki sposób, by w każdym momencie, w każdym punkcie Ziemi, niezależnie od położenia geograficznego, widocznych było 5 z nich z prawdopodobieństwem 99%.

Tak wysokie prawdopodobieństwo widoczności satelitów uzyskuje się dzięki specjalnemu ustawieniu orbit. Odległość kątowa orbit (różnica długości geograficznej ich węzłów wstępujących) wynosi 120°, a odległość kątowa (różnica argumentu szerokości) na orbicie między satelitami jest równa 45°. W płaszczyźnie orbitalnej nr 1 znajdują się satelity o numerach od 1 do 8, w płaszczyźnie orbitalnej nr 2 satelity od 9 do 16, natomiast na orbicie nr 3 satelity od 17 do 24. Dostępność sygnałów dla poszczególnych generacji satelitów GLONASS przedstawia rys. 1.

TABELA 1. PORÓWNANIE NAJWAŻNIEJSZYCH PARAMETRÓW KOLEJNYCH GENERACJI SATELITÓW GLONASS

Parametr	GLONASS (pierwsza generacja)	GLONASS-M (druga generacja)	GLONASS-K (trzecia generacja)
Wysokość orbity	19 100 km		
Inklinacja	64,8°		
Żywotność	3 lata	7 lat	10-12 lat
Masa	1415 kg	1415 kg	do 800 kg
Stabilność zegarów cezowych	5×10^{-13} s	1×10^{-13} s	1×10^{-14} s
Dokładność wyznaczenia pozycji satelity	pozioma: 50 m pionowa: 75 m	pozioma: 5-12 m pionowa: 9-25 m	pozioma: < 3m pionowa: < 5 m
Moc baterii słonecznych	do 1,6 kW	do 1,5 kW	do 1,3 kW
Emitowane sygnały	L1	L1 L2	L1 L2 L3 - wdrażany
Możliwość pomiarów laserowych SLR	wszystkie satelity wyposażone w lustra		

RYS. 1. DOSTĘPNOŚĆ SYGNAŁÓW W KOLEJNYCH GENERACJACH SYSTEMU GLONASS



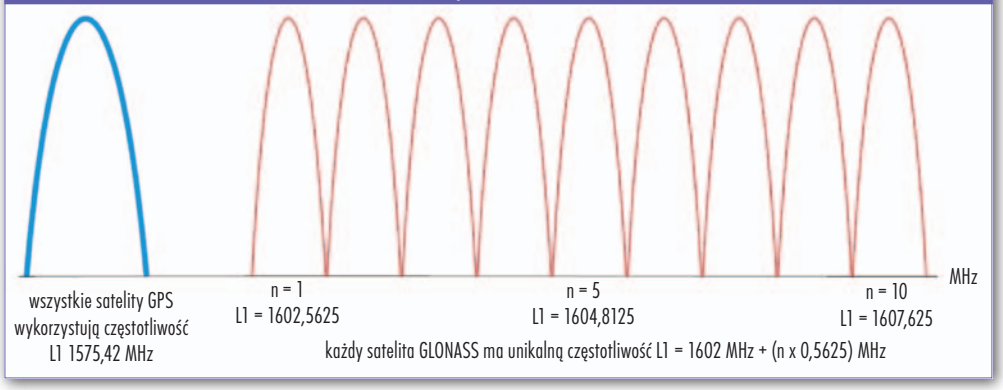
IE GLONASS

Dane pozwalające na wyznaczenie odległości do satelity GLONASS oraz jego współrzędne umieszczone są w informacji transmitowanej w tzw. depeszy satelitarnej (analogicznie jak w GPS). Wszystkie satelity transmitują dwa kody: C/A i P. Kod C/A dostępny dla użytkowników cywilnych nazywany jest kodem standardowej precyzji (Standard Precision Code). Kod P jest kodem wysokiej precyzji (High Precision Code) i w zasadzie mogą z niego korzystać wyłącznie odbiorniki wojskowe.

Każdy satelita – oprócz własnego numeru (1-24) na orbicie – posiada również wewnętrzny numer w systemie GLONASS oraz numer kanału częstotliwości, który jest wykorzystywany do wyznaczenia nominalnej wartości częstotliwości sygnału. W historii systemu GLONASS numery kanałów zmieniano dwukrotnie (najpierw w latach 1998-2005, później po roku 2005). Obecna liczba kanałów (k) wynosi 14. Numery poszczególnych kanałów po 2005 r. są tak dobrane, aby jedna para satelitów z tej samej orbity oddalona o 180° argumentu szerokości posiadała jeden wspólny numer.

Wszystkie satelity systemu GLONASS transmitują ten sam kod, lecz na różnych częstotliwościach. Częstotliwości sygnałów L1 i L2 można wyznaczyć z zależności: $f_{L1} = (1602 + k \times 0{,}5625)$ MHz, $f_{L2} = (1246 + k \times 0{,}4375)$ MHz, gdzie k jest numerem kanału przyporządkowanego satelicie. Częstotliwości sygnałów L1 i L2 są proporcjonalne, a proporcja jest równa: $f_{L1}/f_{L2} = 9/7$. Rysunek 2 przedstawia porównanie częstotliwości sygnałów stosowanych w systemach GLONASS i GPS.

RYS. 2. STRUKTURA SYGNAŁU GLONASS I GPS DLA CZĘSTOTLIWOŚCI L1



Satelity GLONASS transmitują 2 sygnały: L1 w paśmie powyżej 1,6 GHz i L2 w paśmie poniżej 1,3 GHz. Na sygnał L1 nałożone są kody C/A i P, na sygnał L2 – tylko kod P. Oprócz tego na sygnał każdego satelity nałożona jest informacja w postaci depeszy satelitarnej. Kod C/A jest modulowany z częstotliwością wzorcową 0,511 MHz, natomiast Kod P z częstotliwością wzorcową 5,11 MHz. Kod P jest dostępny dla użytkowników cywilnych wyłącznie za zgodą Rosyjskiej Agencji Kosmicznej i może być zmieniony bez wiedzy użytkownika. W systemie GLONASS nie występują znane z GPS błędy, takie jak: selektywna dostępność (ang. selective availability) czy celowe zniekształcenia (ang. spoofing).

Odbiornik GLONASS identyfikuje sygnały z poszczególnych satelitów na podstawie odbieranej częstotliwości przydzielonej dla danego satelity zgodnie z numerem kanału transmisyjnego. Technika taka nazywa się techniką wielodostępu z podziałem częstotliwości (ang. Frequency Division Multiple Access – FDMA). FDMA jest inną techniką używaną do transmisji sygnałów niż w przypadku systemu GPS. Każdy satelita GPS nadaje bowiem inny fragment odcinka kodu. Odcinki te nadawane są na tej samej częstotliwości, są prostopadłe i nieskorelowane, by zmniejszyć interferencję sygnałów różnych satelitów. Technika ta nazywana jest techniką wielodostępu z podziałem kodowym (ang. Code Division Multiple Access – CDMA). CDMA będzie miała zastosowanie w budowanych

RYS. 3. SEGMENT NAZIEMNY SYSTEMU GLONASS [5]

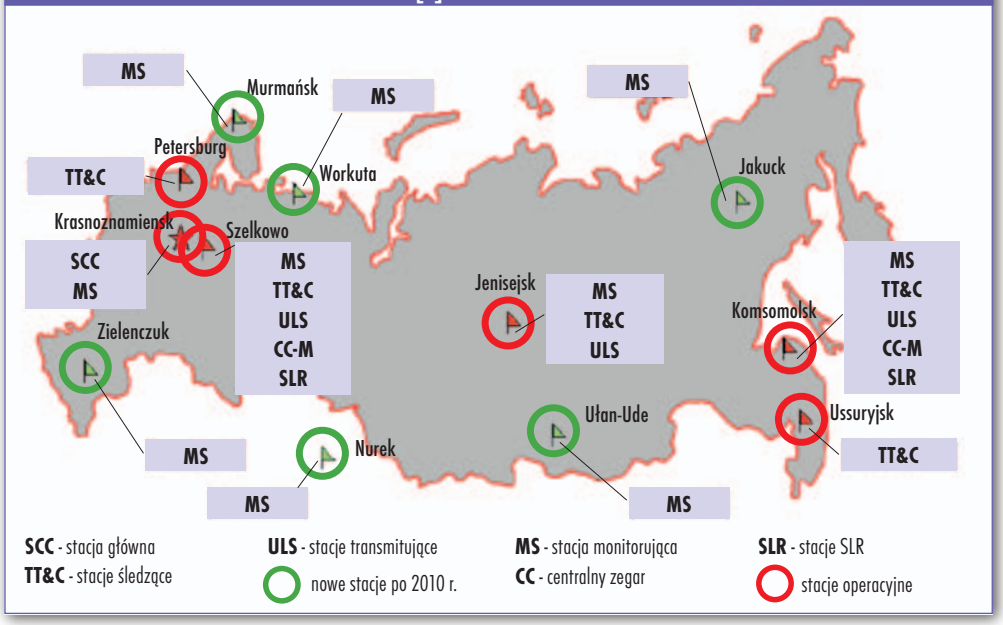


TABELA 2. PORÓWNANIE WYBRANYCH PARAMETRÓW ELIPSOID PZ-90.02 I WGS-84		
Parametr	Elipsoida Pz-90.02	Elipsoida WGS-84
Geocentryczna stała grawitacyjna	$3{,}986004418 \times 10^{14}$ m^3/s^2	
Prędkość kątowa	$7{,}292115 \times 10^{-5}$ rad/s	
Prędkość światła	299 792 458 m/s	
Wielka półoś	6 378 136 m	6 378 137 m
Mała półoś	6 356 751,302 m	6 356 752,314 m
Spłaszczenie geometryczne	1/298,25784	1/298,257223560
Dynamiczny współczynnik kształtu	$1\,082\,625{,}7 \times 10^{-9}$	$1\,082\,629{,}9 \times 10^{-9}$

obecnie systemach satelitarnych, tj. w europejskim Galileo oraz chińskim Compass. Użycie CDMA planuje się również dla satelitów GLONASS-K.

SEGMENT NAZIEMNY

Konstelacja systemu GLONASS jest monitorowana przez naziemny segment kontrolny (ang. Ground-based Control Complex – GCC), w skład którego wchodzi główna stacja nadzoru systemu (ang. System Control Center – SCC) umieszczona w Krasnoznamiensku koło Moskwy oraz stacje śledzące (ang. Command Tracking Stations – CTS) położone na całym obszarze Federacji Rosyjskiej.

Zadaniem stacji CTS jest monitorowanie konstelacji satelitów, przesyłanie danych obserwacyjnych i depesz satelitarnych do stacji SCC. Obserwacje do satelitów są wykonywane przez radar z maksymalnym błędem 2-3 m pomiaru odległości. Powyższe obserwacje przetwarzane są w SCC w celu obliczenia efemeryd i poprawek zegarów satelitów, a następnie transmitowane z powrotem do CTS, po czym przesyłane bezpośrednio do satelitów GLONASS. Dane obserwacyjne z CTS kalibruje się przy użyciu obserwacji laserowych na stacjach śledzących (ang. Quantum Optical Tracking Stations – QOTS), które stanowią część GCC. Czas systemu GLONASS jest generowany przez centralny zegar (ang. Central Synchronizer – CS), umieszczony w GCC. Jego realizację stanowią masery wodorowe dające dzienną stabilność około 5×10^{-14} s. Czas systemu i skala czasu na satelitach są porównywane i poprawiane dwa razy dziennie przez segment naziemny. Dokładność poprawek zegara podczas obliczeń powinna być lepsza niż 10^{-9} s. Pozwala to na synchronizację czasu na satelitach oraz czasu systemu GLONASS z błędem średnim 20×10^{-9} s. Na rysunku 3 przedstawiono lokalizację stacji segmentu naziemnego wchodzącego w skład GCC.

Dodatkowymi zadaniami wyznaczonymi dla segmentu naziemnego jest: budowa nowych stacji monitorujących na terenie Rosji i poza jej granicami (Australia, Kuba, Ameryka Południowa), wprowadzanie interoperacyjności GLONASS z systemami GPS i Galileo, ulepszenie stabilności centralnego zegara systemu GLONASS, dokładniejsza synchronizacja czasu GLONASS z czasem GPS i UTC, transformacja współrzędnych z układu PZ-90.02 do układu WGS-84 i ITRF, stworzenie jednolitego na całym obszarze Federacji Rosyjskiej systemu poprawek różnicowych i ciągłego monitoringu (ang. Russian System for Differential Correction and Monitoring – SDCM).

SEGMENT UŻYTKOWNIKA

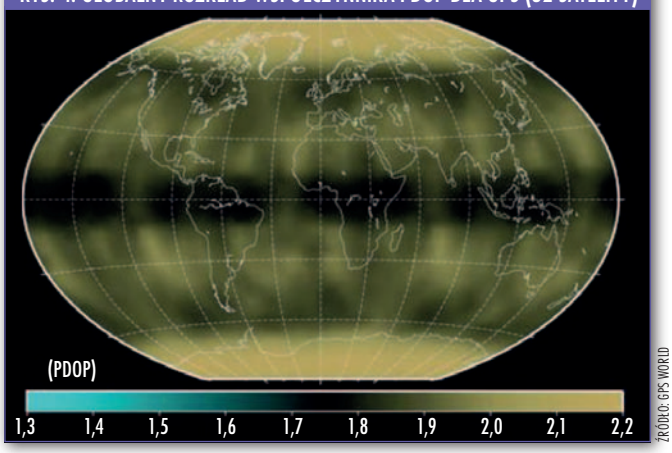
Nieograniczona liczba odbiorników systemu GLONASS składa się na segment użytkownika. Odbiorniki projektuje się tak, aby mogły odbierać, dekodować i przetwarzać sygnały z satelitów GLONASS, mając na uwadze wykonywanie obliczeń służących do wyznaczenia pozycji, prędkości oraz wysokości w czasie rzeczywistym i postproccesingu. Segment ten jest podobny jak w GPS.

Odbiorniki GLONASS można podzielić – ze względu na pomiar i charakter odbieranych sygnałów – na:

- odbiorniki fazowe jednoczęstotliwościowe L1,
- odbiorniki dwuczęstotliwościowe L1 i L2,
- odbiorniki z kodem C/A,
- odbiorniki z kodem P.

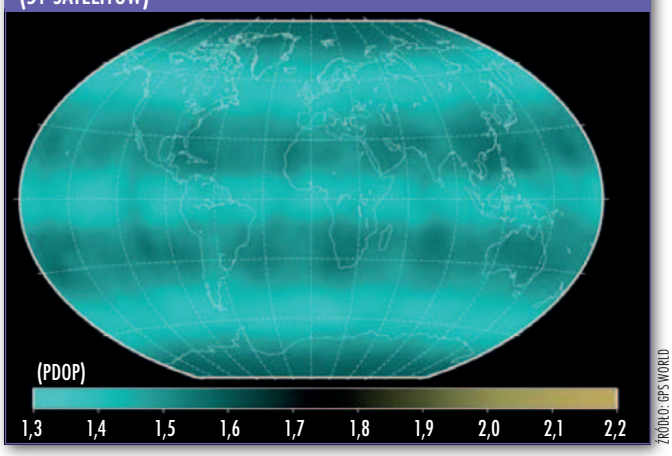
Anteny GLONASS, w przeciwieństwie do anten odbiorników GPS, wymagają zwiększonej szerokości pasma, żeby odbierać różne częstotliwości. W przypadku odbiornika dwusystemowego antena jest

RYS. 4. GLOBALNY ROZKŁAD WSPÓŁCZYNNIKA PDOP DLA GPS (32 SATELITY)



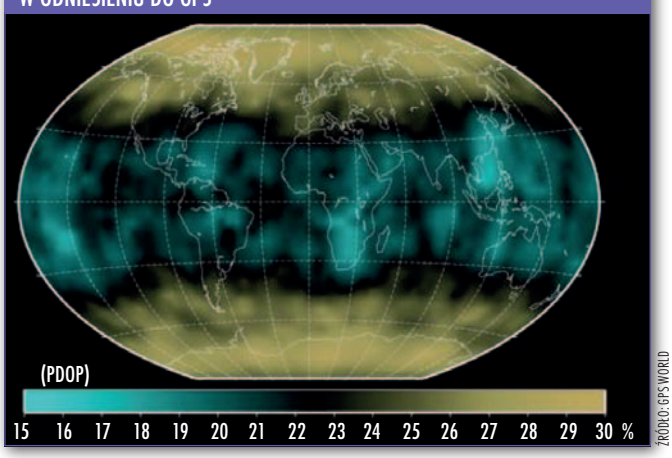
ŹRÓDŁO: GPS WORLD

RYS. 5. GLOBALNY ROZKŁAD WSPÓŁCZYNNIKA PDOP DLA GPS+GLONASS (51 SATELITÓW)



ŹRÓDŁO: GPS WORLD

RYS. 6. POPRAWA WSPÓŁCZYNNIKA PDOP DLA GPS+GLONASS W ODNIESIENIU DO GPS



ŹRÓDŁO: GPS WORLD

tak projektowana, aby odbierać sygnały zarówno GLONASS, jak i GPS.

UKŁAD ODNIESIENIA

W depeszy nawigacyjnej GLONASS pozycja satelity wyznaczona jest w ortokartezjańskim układzie współrzędnych przestrzennych PZ-90.02 (tab. 2). Układ odniesienia PZ-90.02 jest zdefiniowany w następujący sposób:

- początek układu znajduje się w środku mas 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 0°, ustaloną przez BIH (Międzynarodowe Biuro Czasu),
- oś Y tworzy całość prawoskrętnego układu odniesienia.

Pozycja dowolnego punktu w przestrzeni w układzie współrzędnych PZ-90.02 jest definiowana poprzez składowe geocentryczne X, Y, Z. Układ PZ-90.02 jest układem globalnym, w którym współrzędne mogą być określone zarówno w układzie ortokartezjańskim, jak i elipsoidalnym. Układ elipsoidalny określony jest w następujący sposób:

- szerokość geodezyjna B w danym punkcie to kąt, jaki tworzy normalna do elipsoidy obrotowej z płaszczyzną równika,
- długość geodezyjna L to kąt dwuścienny między południkiem zerowym a południkiem przechodzącym przez dany punkt,
- wysokość geodezyjna H w danym punkcie to odległość od powierzchni elipsoidy odniesienia do danego punktu mierzona wzdłuż normalnej do elipsoidy.

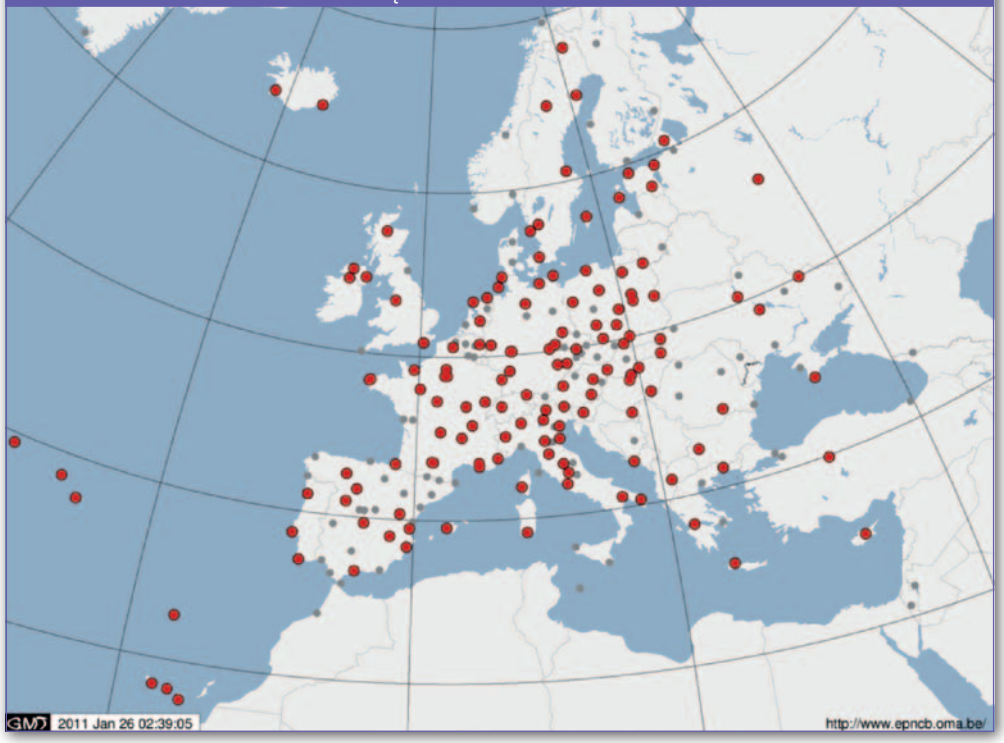
GLONASS JAKO WARTOŚĆ DODANA

Znaczący wzrost możliwości, jakie daje pomiar GNSS (GPS + GLONASS), będzie oddziaływał przede wszystkim na efektywność prac polowych wykonywanych przez geodetów z wykorzystaniem technik nawigacji satelitarnej. Niewątpliwą zaletą pracy z dwoma systemami jest wyraźna poprawa współczynnika PDOP (Position Dilution of Precision), który ma bezpośredni wpływ na dokładność pomiaru współrzędnych techniką GNSS. Na rysunku 4 zobrazowano rozkład współczynnika PDOP dla systemu GPS (dla konstelacji złożonej z 32 satelitów, stan na maj 2009) oraz dla porównania na rysunku 5 dla GPS+GLONASS (konstelacja złożona z 51 satelitów obu systemów). Rysunek 6 przedstawia z kolei procentową poprawę współczynnika PDOP uzyskanego z GPS+GLONASS w stosunku do GPS. Wyraźny postęp dotyczy zarówno szerokości powyżej 55 st. (poprawa o ok. 30%), jak i obszarów okołozwrotnikowych (spadek o ok. 15%). Wynika stąd, iż dla obszaru Europy i naszego regionu wzrost liczby widocznych satelitów i równoczesny spadek współczynnika PDOP jest znaczący.

W przypadku długookresowych ciągłych pomiarów prowadzonych z wykorzystaniem dwusystemowych dobowych obserwacji poprawa jakości wyników nie będzie znacząca. Jednak niewątpliwą zaletą wykorzystania dwóch systemów w tego typu pomiarach jest zwiększona odporność na błędy spowodowane wielodrożnością sygnału. Jest to możliwe za sprawą różnych częstości powtórzeń konstelacji satelitów na danym obszarze dla różnych systemów nawigacyjnych.

W przypadku użytkowników prowadzących prace w terenie metodą kinematyczną czasu rzeczywistego (RTK), szybką statyczną (Fast Static) czy statyczną (Static) liczba dostępnych satelitów w krótkim przedziale czasu będzie znacząco większa. Pozwoli to na szersze niż do tej pory wykorzystanie techniki nawigacji satelitarnej w pracach geodezyjnych. Szczególnie istotna jest możliwość utrzymania inicjalizacji odbiornika podczas pomiaru metodą RTK w momencie widoczności mniej niż pięciu satelitów jednego z systemów. Ciągły wzrost liczby widocznych satelitów pozwoli na szersze zastosowanie metody RTK na terenach o słabej widoczności sfery niebieskiej, jak aglomeracje miejskie, tereny górskie czy obszary zalesione.

RYS. 7. STACJE PERMANENTNE EPN WYKONUJĄCE OBSERWACJE DO SATELITÓW GLONASS



SYSTEM GLONASS W EPN

Szybki rozwój GLONASS postawił przed naukowcami europejskimi kilka ciekawych problemów do rozwiązania. Obecnie prowadzonych jest wiele badań i pomiarów mających na celu sprawdzenie możliwości wykorzystania go na potrzeby realizowania regionalnych i lokalnych systemów odniesienia. W Europie aktywne są 143 stacje permanentne Europejskiej Sieci Obserwacji Permanentnych GNSS – EPN (rys. 7) wykonujące obserwacje w dwóch systemach GPS i GLONASS. W Polsce jest ich 14. Jak wskazują wyniki badań przeprowadzonych m.in. przez pracowników Centrum Geomatyki Stosowanej WAT, rozwiązania ze stacji permanentnych sieci EPN na podstawie obserwacji GLONASS dają zbliżone wyniki do tych zrealizowanych tylko na podstawie systemu GPS. Blisko 80% rozwiązań jest takich samych jak w przypadku systemu GPS (rys. 8). Nato-

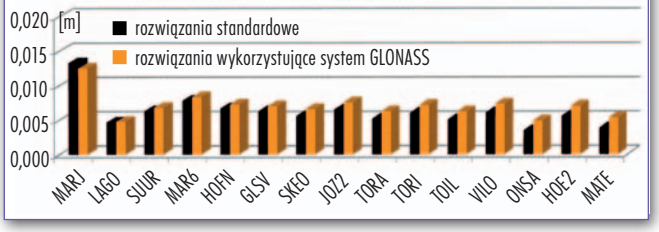
miast wspólne opracowanie obserwacji GPS i GLONASS nie pozwala obecnie osiągnąć większej dokładności, co więcej – takie rozwiązanie powoduje wydłużenie czasu obliczeń o około 70%.

Dla pozostałych stacji (rys. 9) dokładność wyznaczenia współrzędnych stacji przy wykorzystaniu GLONASS spada nawet do 3 cm. Ponadto można zaobserwować systematyczne różnice pomiędzy współrzędnymi wyznaczonymi z dwóch systemów rzędu 2-3 mm, choć zarówno dla GPS, jak i GLONASS wykorzystywane są efemerydy precyzyjne w układzie ITRF. Jednak mimo braku znaczącej poprawy dokładności użycie systemu GLONASS pozwala zwiększyć wiarygodność współrzędnych.

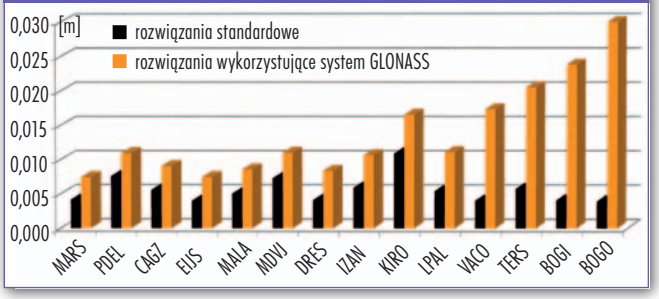
Przy opracowywaniu obserwacji ze stacji permanentnych szczególną uwagę należy zwrócić na wykorzystane modele anten. Ze względu na różne położenie centrum fazowego dla GLONASS i GPS (rys. 10 i 11) może dochodzić do systematycznych błędów we współrzędnych. Nieścisłości te wynikają z różnych długości fal dla częstotliwości L1 i L2 w tych systemach.

Także odbiorniki, mimo możliwości obserwowania satelitów rosyjskiego systemu, dają różne wyniki. Dla niektórych polskich stacji różnica współrzędnych z poszczególnych serii danych dochodzi do 3 cm, podczas gdy dla innych nie przekracza kilku milimetrów. Jest to o tyle ważny problem, że większość programów do opracowania obserwacji GPS i GLONASS korzysta z modeli anten dla systemu GPS, co powoduje świadome wprowadzenie błędów systematycznych.

RYS. 8. DOKŁADNOŚĆ WYZNACZENIA POŁOŻENIA PRZYKŁADOWYCH STACJI, DLA KTÓRYCH ROZWIĄZANIA GLONASS DAŁY ZBLIŻONE WYNIKI DO STANDARDOWYCH ROZWIĄZAŃ EPN



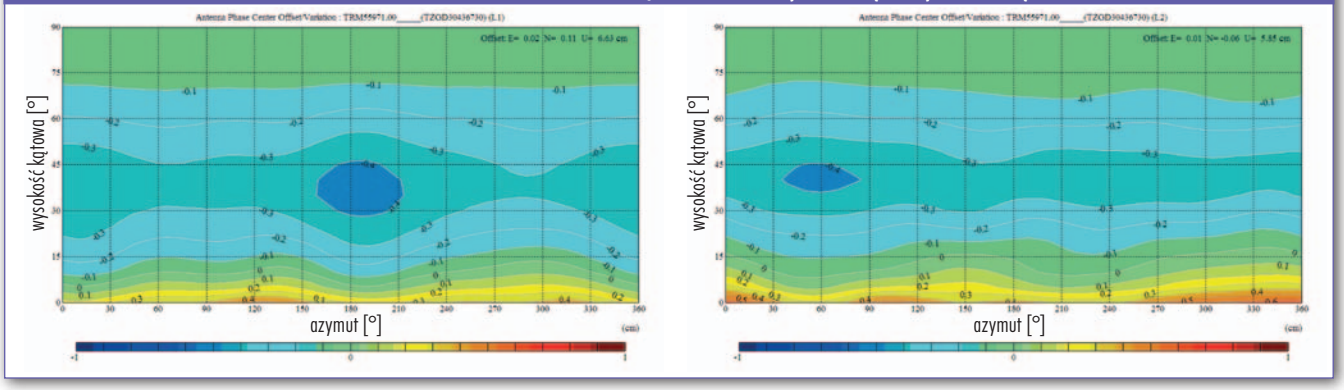
RYS. 9. DOKŁADNOŚĆ WYZNACZENIA POŁOŻENIA PRZYKŁADOWYCH STACJI, DLA KTÓRYCH ROZWIĄZANIA GLONASS DAŁY GORSZE ROZWIĄZANIA OD STANDARDOWYCH ROZWIĄZAŃ EPN



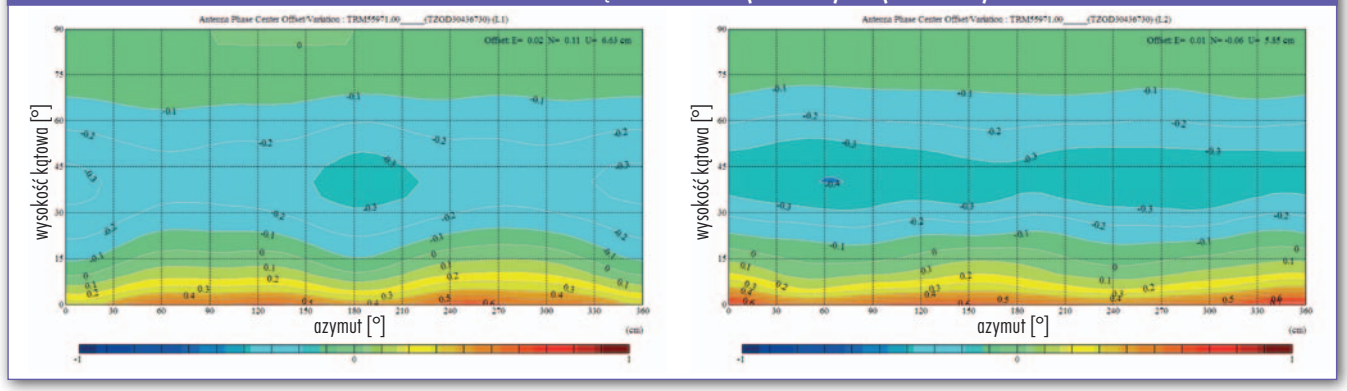
● POMIARY RTK Z WYKORZYSTANIEM SYSTEMÓW GPS I GLONASS

W Centrum Geomatyki Stosowanej przeprowadzono wiele pomiarów testowych z wykorzystaniem odbiorników GPS/GLONASS w trybie RTK oraz pojedynczej stacji referencyjnej systemu ASG-EUPOS lub lokalnej stacji referencyjnej. Pomiary miały na celu sprawdzenie wpływu obserwacji z systemu GLONASS na poprawę precyzji i dokładności wyznaczanych współrzędnych. Rysunek 12 przedstawia precyzję wyznaczenia współrzędnych punktu metodą RTK na podstawie poprawek różnicowych odbieranych w formacie RTCM 3.1 z systemu ASG-EUPOS. Poprawki w obu przypadkach dotyczą tylko systemu GPS dla częstotliwości L1 i L2. Stacją referencyjną była stacja WAT1 (poprawki z pojedyn-

RYS. 10. GLONASS: MODEL POŁOŻENIA CENTRUM FAZOWEGO ANTENY DLA CZĘSTOTLIWOŚCI L1 (PO LEWEJ) I L2 (PO PRAWEJ)



RYS. 11. GPS: MODEL POŁOŻENIA CENTRUM FAZOWEGO ANTENY DLA CZĘSTOTLIWOŚCI L1 (PO LEWEJ) I L2 (PO PRAWEJ)

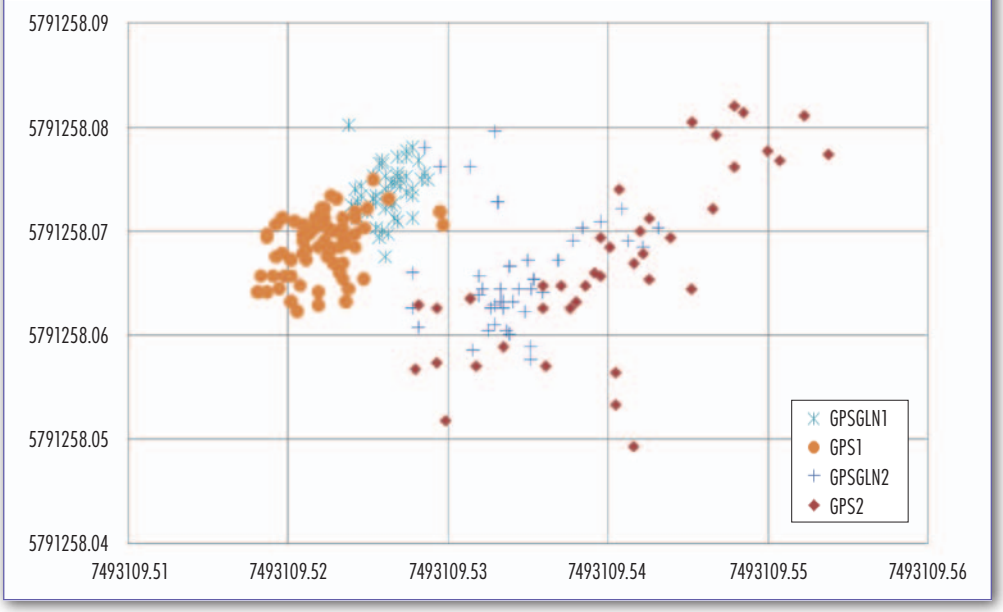


czej stacji referencyjnej – odległość ok. 300 m od stacji). W jednym wariancie do wyznaczania pozycji uwzględnione zostały obserwacje GPS i GLONASS (na wykresie GPSGLN), w drugim wariancie tylko GPS (na wykresie GPS). Pomiary zostały wykonane w terenie odkrytym na tym samym punkcie w dwóch niezależnych sesjach pomiarowych przy minimalnej wysokości śledzenia satelitów 10 stopni.

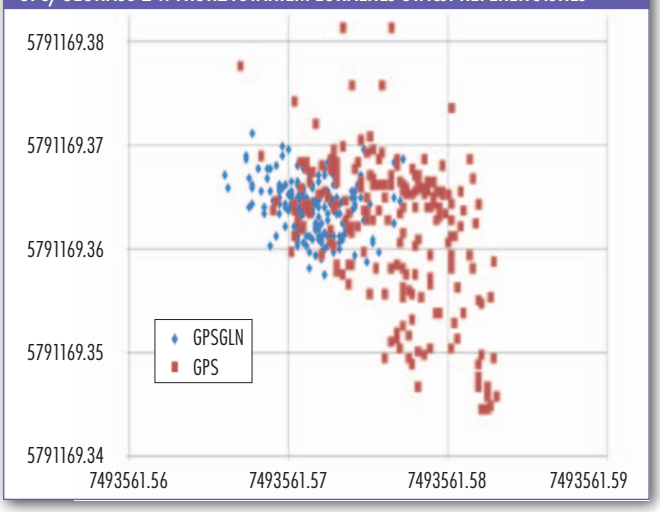
W drugim przypadku pomiary przeprowadzono z wykorzystaniem lokalnej stacji referencyjnej wyposażonej w odbiornik GPS/GLONASS generujący poprawki dla obydwu systemów (poprawki GPS L1 i L2 – kod i faza, poprawki GLONASS L1 i L2 – kod i faza). Stacja referencyjna została uruchomiona na punkcie testowym W002 z precyzyjnie wyznaczonymi współrzędnymi na podstawie pomiarów statycznych. Poprawki dystrybuowane były w formacie RTCM 3.1 z wykorzystaniem radiomodemów. Odległość pomiędzy odbiornikiem bazowym a ruchomym wynosiła około 100 m. Pomiary testowe przeprowadzono w terenie odkrytym, bez wpływu zakłóceń (przeszkód terenowych). Na rysunku 13 przedstawiono wyniki pomiarów wykorzystujących poprawki i obserwacje tylko z GPS (kolor bordowy) oraz z GPS/GLONASS (kolor niebieski).

Na wykresach widoczny jest wzrost precyzji pomiarów przy jednoczesnym wykorzystaniu obserwacji z systemów GPS i GLONASS. Pozytywnie wpływają również dodatkowo uwzględnione poprawki z systemu GLONASS. Wnioskować z tego można, że jednoczesne wykorzystanie dwóch systemów nawigacyjnych pracujących w trybie RTK podnosi dokładność wyznaczenia współrzędnych, co zostało pokazane na rysunku 13. Niestety, sieć ASG-EUPOS nie jest jeszcze w pełni wyposażona w odbiorniki dwusystemowe i trudno dyskutować nad problemem w kontekście poprawek powierzchniowych GPS+GLONASS. Jednak po prowadzonej właśnie rozbudowie ASG-EUPOS prawdopodobnie będzie zawierała już taką funkcjonalność.

RYS. 12. PRECYZJA WYZNACZANYCH WSPÓŁRZĘDNYCH Z OBSERWACJI GPS/GLONASS – DWIE SESJE Z ASG-EUPOS



RYS. 13. PRECYZJA WSPÓŁRZĘDNYCH WYZNACZANYCH Z OBSERWACJI GPS/GLONASS Z WYKORZYSTANIEM LOKALNEJ STACJI REFERENCYJNEJ



UNIFIKACJA GPS/GLONASS/GALILEO

GLONASS – powszechnie uważany za system o mniejszej dokładności i precyzji niż GPS – sukcesywnie zmienia swój niekorzystny wizerunek wraz z doskonaleniem segmentu satelitarnego. Postępująca unifikacja GPS/GLONASS dokonuje się już nie tylko na poziomie odbiorników geodezyjnych, ale coraz częściej pojawiają się rozwiązania nawigacyjne, w których mimo różnicy układów współrzędnych integrowane są rozwiązania z obu systemów. Oczywiste zyski związane z podwójną liczbą satelitów możliwych do śledzenia i tym samym zwiększenie pewności rozwiązania są bardzo cennym efektem integracji funkcjonujących systemów. Pamiętać jednak musimy, że unifikacja ma nie tylko zalety. Stwarza również problemy, które trzeba będzie rozwiązać w najbliższym czasie. Jako przykład można podać, przytoczone wcześniej, różnice w modelach anten odbiorczych dla GPS i GLONASS. Jednak patrząc na obecny stan prac unifikacji GPS/GLONASS, można sądzić, że problemy takie zostaną szybko rozwiązane. Połączenie pomiarów GPS/GLONASS/Galileo (GGG) nie jest już więc tylko odległym marzeniem, lecz realną perspektywą.

DR HAB. INŻ. MARIUSZ FIGURSKI
MGR INŻ. MARCIN SZOŁUCHA
MGR INŻ. MARCIN GAŁUSZKIEWICZ
MGR INŻ. MACIEJ WRONA
MGR INŻ. KAROLINA SZAFRANEK
MGR INŻ. ANDRZEJ ARASZKIEWICZ
INŻ. KAMIL KRASUSKI
(Centrum Geomatyki Stosowanej, Wojskowa Akademia Techniczna)

Literatura:
•[1] Gaglione S., Angrisano A., Pugliano G., Robustelli U., Vultaggio M., 2009: A stochastic sigma model for GLONASS satellite pseudorange, Napoli;
•[2] Habrich H., 1999: Geodetic Applications of the Global Navigation Satellite System (GLONASS) and of GLONASS/GPS Combinations, Bern;
•[3] Karutin S., Dvorkin V., 2006: GLONASS: current status and perspectives, Hanover;
•[4] Langley R., 1997: GLONASS: review and update, New Brunswick;
•[5] Makarow A., 2007: Condition, characteristics and the program of development of global navigation satellite system GLONASS, Rosja;
•[6] Mararesku D., 2009: Satellite system GLONASS: status and plans, ICG Workshop;
•[7] Popowkin W., Pierminow A., 2008: GLONASS Interface Control Document (wersja 5.1), Moskwa;
•[8] Revnivykh S. G., 2007: GLONASS: status and progress, Texas;
•[9] Revnivykh S. G., 2008: GLONASS: status and progress, Pasadena AC;
•[10] Zalewski P., 2000: Globalny nawigacyjny system satelitarny GLONASS, Szczecin.