

NOWAK Aleksander¹
 NAUS Krzysztof²

Badanie możliwości określania parametrów ruchu statku za pomocą systemu EGNOS

WSTĘP

System EGNOS (z ang.: European Geostationary Navigation Overlay Service) jest pierwszym europejskim systemem nawigacyjnym. Wspomaga on amerykański globalny system nawigacji satelitarnej GPS, umożliwiając tym samym jego wykorzystanie w aplikacjach wymagających krytycznego poziomu bezpieczeństwa, takich jak nawigacja lotnicza i żegluga w wąskich kanałach. EGNOS, w którego skład wchodzi trzy satelity geostacjonarne i sieć stacji naziemnych, realizuje swoje zadania poprzez transmisję sygnału zawierającego informacje dotyczące niezawodności sygnałów transmitowanych przez satelity GPS oraz dane umożliwiające obliczenie korekt do pomiarów pseudoodległości. Pozwala to użytkownikom znajdującym się w strefie działania systemu (Rys.1) na wyznaczanie współrzędnych pozycji z dokładnościami absolutnymi na poziomie 1,5 m [5].

Przesłanką do przeprowadzenia badań, których wyniki zaprezentowano w niniejszym artykule, był fakt, że obserwowane dokładności względne wyznaczeń za pomocą jednorodnych odbiorników nawigacji satelitarnej są zazwyczaj wyższe niż dokładności absolutne. Zatem teoretycznie możliwym jest dokładne określenie kierunku za pomocą dwóch odbiorników i kątów orientacji przestrzennej za pomocą trzech. W niniejszym artykule zaprezentowano badania dokładności względnej wyznaczeń współrzędnych pozycji za pomocą trzech jednorodnych odbiorników systemu EGNOS. Ich celem było sprawdzenie możliwości wykorzystania systemu do określania parametrów ruchu statku, w tym kątów orientacji przestrzennej kadłuba. Opisano podstawy teoretyczne, przebieg eksperymentu oraz wyniki analiz zarejestrowanych danych. Badania przeprowadzono na morzu latem 2014 roku.

1 SYSTEM EGNOS

System EGNOS jest połączonym projektem Europejskiej Agencji Kosmicznej ESA (z ang. European Space Agency), Komisji Europejskiej, Eurocontrol'u (organizacji zajmującej się zarządzaniem ruchem powietrznym) oraz Europejskiej Organizacji Bezpieczeństwa Nawigacji Lotniczej (z ang.: European Organisation for the Safety of Air Navigation). EGNOS jest pierwszą europejską działalnością na polu Globalnego Systemu Nawigacji Satelitarnej (GNSS) i prekursorem systemu Galileo – europejskiego, globalnego, autonomicznego, cywilnego, systemu nawigacji satelitarnej (odpowiednika amerykańskiego, wojskowego systemu GPS i rosyjskiego, wojskowego systemu Glonass). Po z sukcesem ukończonej fazie rozwoju, 1 kwietnia 2009 r. EGNOS został przekazany Komisji Europejskiej [5].

System EGNOS dostarcza dwóch serwisów:

- **Serwis Otwarty** (z ang.: Open Service). Jest on dostępny od 1 października 2009 r. Dane w ramach tego serwisu są dostępne bezpłatnie na terenie Europy dla każdego, kto jest wyposażony w odbiornik systemu GPS, pozwalający na interpretację danych przesyłanych przez EGNOS,
- **Serwis Bezpieczeństwa Życia** (z ang.: Safety of Life Service). Dostępność serwisu została oficjalnie zadeklarowana 2 marca 2011 r. Serwis ten dostarcza sygnałów, które mogą być wykorzystywane do prowadzenia samolotu (zarówno w pionie jak i płaszczyźnie horyzontu) podczas podejścia do lądowania.

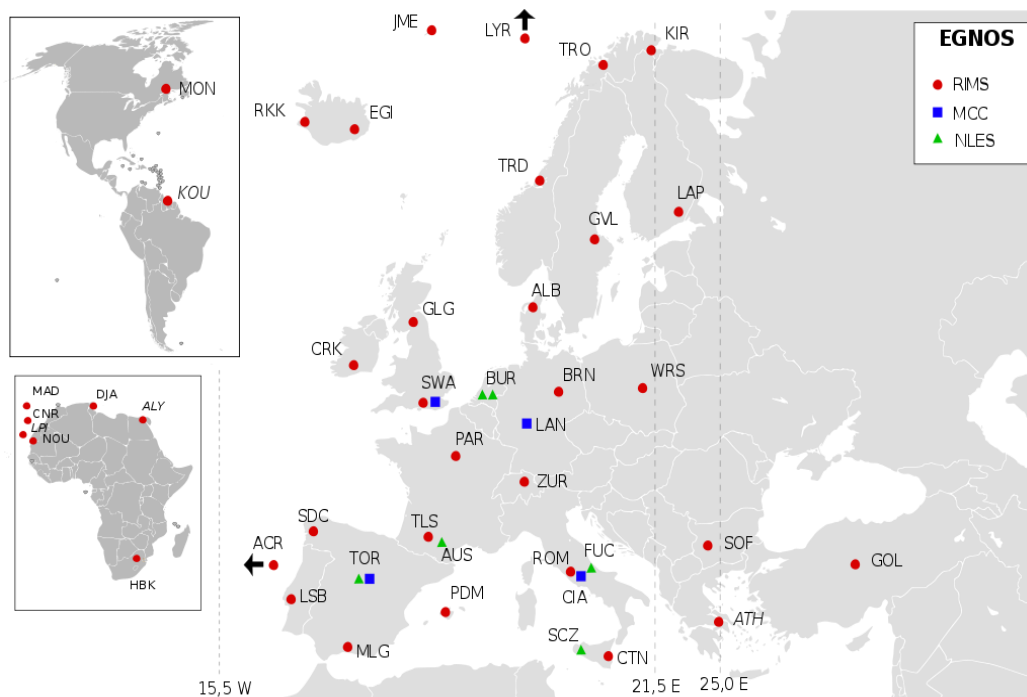
¹ Politechnika Gdańska, Katedra Geodezji, 80-233 Gdańsk, ul. Gabriela Narutowicza 11/12. Tel: +48 883 911 654, aleksander.nowak@geodezja.pl

² Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte, Instytut Nawigacji i Hydrografii Morskiej, 81-103 Gdynia, ul. Śmidowicza 69. Tel:+48 694 476 456, k.naus@amw.gdynia.pl

EGNOS składa się z: [5]

- **Segmentu Kosmicznego** – trzech geostacjonarnych satelitów o numerach: PRN 120, PRN 124, PRN 126. Ich zadaniem jest transmisja sygnału (depeszy nawigacyjnej) do użytkowników znajdujących się w strefie działania systemu,
- **Segmentu Naziemnego** – składa się on z:
 - 34 stacji pomiarowo-obszaryjnych – RIMS (z ang.: Ranging and Integrity Monitoring Stations). Ich głównym zadaniem jest odbiór depeszy nawigacyjnej transmitowanej przez satelitów systemu GPS i transmisja co sekundę surowych obserwacji do Centralnych Ośrodków Przetwarzania Danych – CPF (z ang. Central Processing Facilities), każdej z 4 stacji kontrolnych (MCC). W celu polepszenia jakości serwisów i rozszerzenia strefy działania systemu EGNOS, planowane jest rozbudowywanie systemu o kolejne stacje RIMS,
 - 4 stacji kontrolnych MCC (z ang.: Mission Control Center). Stacje te przetwarzają dane i obliczają poprawki różnicowe. Następnie formatują je w depeszę nawigacyjną, która jest transmitowana przez stacje NLES do satelitów geostacjonarnych,
 - 6 stacji nadawczych – NLES (z ang.: Navigation Land Earth Station). Ich zadaniem jest transmisja depeszy nawigacyjnej otrzymanej od stacji MCC do satelitów geostacjonarnych, które następnie retransmitują ją do użytkowników systemu,
 - Sieci Rozległych Obszarów Systemu EGNOS – EWAN (z ang.: EGNOS Wide Area Network), która zapewnia łączność pomiędzy wszystkimi komponentami Segmentu Naziemnego,
 - dodatkowo do Segmentu Naziemnego zalicza się dwa obiekty, których zadaniem jest wspomaganie funkcjonowania systemu i zapewnienie niezbędnej obsługi technicznej. Są to PACF (z ang.: Performance Assessment and Checkout Facility) i ASQF (z ang.: Application Specific Qualification Facility), które są zarządzane przez dostawcę serwisów systemu EGNOS – ESSP (z ang.: EGNOS System Service Provider).

Rozmieszczenie komponentów segmentu naziemnego systemu EGNOS zostało przedstawione na Rys.1.



Rys. 1. Rozmieszczenie komponentów Segmentu Naziemnego systemu EGNOS [6]

Zgodnie z informacjami zawartymi w dokumencie Komisji Europejskiej Safety of Life Service Definition Document [8] (w skrócie: SoL SDD), system EGNOS charakteryzuje się następującymi dokładnościami.

Tab.1. Dokładności systemu EGNOS przy wykorzystaniu korekt z satelitów geostacjonarnych PRN120 i PRN124 [8]

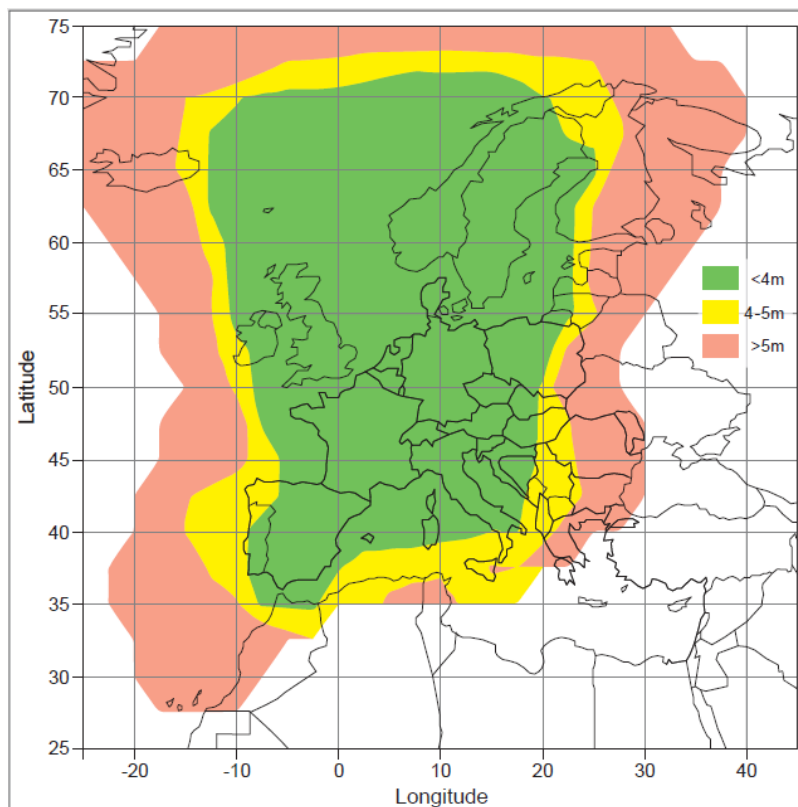
PRN	Błąd średni [m]		Odchylenie standardowe [m]		Maksymalna wartość błędu [m]		95% wyznaczeń dokładniejszych niż [m]	
	Płaszczyzna horyzontu	Wysokość	Płaszczyzna horyzontu	Wysokość	Płaszczyzna horyzontu	Wysokość	Płaszczyzna horyzontu	Wysokość
120	0,55	0,63	0,30	0,48	13,6	19,8	1,1	1,5
124	0,54	0,62	0,30	0,47	8,3	18,0	1,0	1,4

Charakterystyki dokładności zaprezentowane w Tab.1. policzono dla obszaru wewnątrz strefy działania systemu EGNOS przedstawionego na Rys.2.



Rys. 2. Obszar wewnątrz strefy działania systemu EGNOS, dla którego policzono charakterystyki dokładności systemu, zaprezentowane w Tab.1.[8]

Rozkład dokładności systemu EGNOS na terenie Europy zamieszczony we wspomnianym dokumencie SoL SDD [8] zaprezentowano na Rys.3. Wynika z niego, że praktycznie cały obszar Morza Bałtyckiego – poza Zatoką Ryską i Fińską, znajduje się w obszarze najwyższej dokładności systemu EGNOS. Oczywiście dokładności te nie są wystarczające do wyznaczenia np. kątów orientacji przestrzennej kadłuba statku z dokładnościami na poziomie 1° , ze względu na zbyt małą odległość między antenami odbiorników (limitowaną długością i szerokością statku), jednak wcześniejsze doświadczenia, opisane między innymi w [1,2,3,4] pokazują, że dokładności względne uzyskiwane dzięki zastosowaniu jednorodnych odbiorników, są zdecydowanie wyższe od dokładności absolutnych. Mówiąc krótko, można spodziewać się, że błąd wyznaczeń odbiorników tego samego typu, znajdujących się w niedalekiej odległości, będzie miał podobną wartość, kierunek i zwrot, a zatem wzajemne położenie anten w przestrzeni będzie wyznaczone znacznie dokładniej, niż ich położenie względem globalnego układu odniesienia. To pozwoliłoby na dokładne obliczenie parametrów ruchu statku, w tym kątów orientacji przestrzennej kadłuba statku, nawet przy stosunkowo dużych błędach absolutnych wyznaczeń współrzędnych. Aby potwierdzić postawioną hipotezę, przeprowadzono eksperyment opisany w dalszej części niniejszego artykułu.



Rys. 3. Rozkład dokładności systemu EGNOS wewnątrz strefy działania systemu, dla której policzono charakterystyki dokładności zaprezentowane w Tab.1.[8]

2 PARAMETRY RUCHU STATKU

W typowych problemach nawigacyjnych statek traktuje się jako punkt materialny poruszający się określonym kursem nad dnem i z określoną prędkością nad dnem. Są to wystarczające informacje, pozwalające zaplanować, realizować i kontrolować proces nawigacji. W sytuacji, gdy wykorzystywane do nawigacji urządzenia nie wskazują bądź nie mierzą wielkości względem dna, może zachodzić konieczność przeliczania wskazań np. kursu kompasowego na kąt drogi nad dnem (kurs nad dnem), czy prędkości po wodzie na prędkość nad dnem. Nie zachodzi natomiast konieczność rozpatrywania chwilowych parametrów ruchu kadłuba oraz położenia kadłuba wywołanego oddziaływaniem środowiska, gdyż wartości te nie mają większego znaczenia praktycznego. Jednakże w zadaniach realizowanych przez niektóre statki specjalne, np. okręty wojenne czy statki hydrograficzne, nabierają one kluczowego znaczenia. Przykładowo w procesie kierowania uzbrojeniem należy rozpatrzyć właśnie te elementy ruchu i dokonać ich dokładnego i wiarygodnego pomiaru. Od znajomości kątów orientacji przestrzennej kadłuba okrętu wykonującego strzelanie, zależy skuteczność użycia uzbrojenia, co bezpośrednio przekłada się za sukces bądź porażkę realizacji postawionego zadania. Zatem na potrzeby niniejszej publikacji parametry ruchu statku na morzu podzielono na dwie grupy:

a) parametry ruchu istotne w procesie nawigacji:

- aktualne współrzędne pozycji,
- wypadkowy kurs nad dnem,
- wypadkowa prędkość nad dnem.

b) parametry ruchu istotne w procesach specjalnych:

- aktualne współrzędne pozycji,
- chwilowy kurs nad dnem,
- chwilowa prędkość nad dnem,
- kąty: heading, pitch, roll – określane w polskiej nomenklaturze odpowiednio jako: kurs, kąt pochylenia, kąt przechylenia. Opisują one orientację przestrzenną osi głównych okrętu

względem północy, linii pionu i płaszczyzny horyzontu. Osie te tworzą kartezjański układ współrzędnych nazywany w dalszej części układem okrętowym,

- prędkości liniowe wzdłuż osi głównych okrętu,
- przyspieszenia liniowe wzdłuż osi głównych okrętu,
- prędkości kątowe względem osi głównych okrętu,
- przyspieszenia kątowe względem osi głównych okrętu.

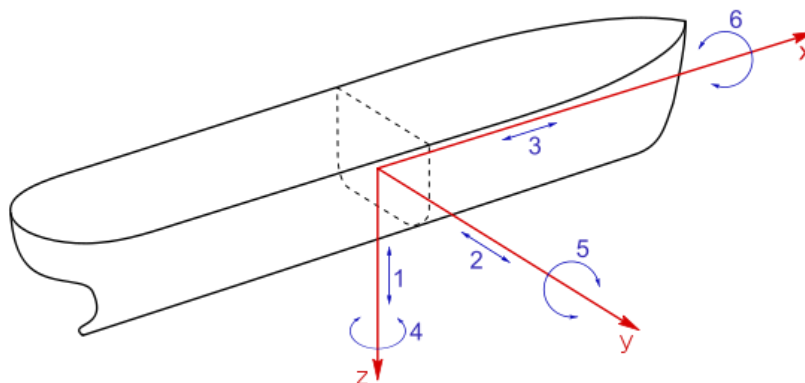
Zauważyć należy, że poszczególne parametry ruchu istotne w procesie kierowania uzbrojeniem są wynikiem przyjętych do procesu nawigacji wartości średnich kursu i prędkości nad dnem oraz ruchów kadłuba wywołanego oddziaływaniem środowiska (ruchu okrętu na fali). Ruchy okrętu na fali są ruchy występujące podczas żeglugi po wzburzonej wodzie. Można je podzielić na dwie grupy:

c) liniowe:

- nurzanie (kołysanie pionowe),
- oscylacje poprzeczne,
- oscylacje wzdłużne.

d) kątowe:

- myszkowanie (ang. yaw): Jest wynikiem ruchów oscylacyjnych statku wokół pionowej osi,
- kiwanie (kołysanie wzdłużne – ang. pitch): ruchy wahadłowe statku wywołane przez działanie fali lub wiatru,
- kołysanie (kołysanie boczne – ang. roll).



Rys.4. Ruchy okrętu na fali: 1 – nurzanie, 2 - oscylacje poprzeczne, 3 - oscylacje wzdłużne, 4 – myszkowanie (yaw), 5 – kiwanie (pitch), 6 – kołysanie (roll) [7]

Jeżeli czas obserwacji poszczególnych parametrów ruchu okrętu będzie dążył do zera, to chwilowe położenie kadłuba względem północy, linii pionu i płaszczyzny horyzontu opisują jednoznacznie trzy kąty, zwane *kątami Eulera*:

- kurs (heading) ,
- kąt pochylenia (pitch),
- kąt przechylenia (roll).

Ze względu na powszechność stosowania, w dalszej części używana będzie nomenklatura angielskojęzyczna (heading, pitch, roll), a kąty te wspólnie nazywane będą *kątami orientacji przestrzennej kadłuba*.

Biorąc pod uwagę ograniczoną objętość publikacji, w dalszej części zaprezentowano jedynie część badań dotyczącą możliwości wykorzystania trzech jednorodnych odbiorników systemu EGNOS do określenia kątów orientacji przestrzennej kadłuba statku.

3 PRZEPROWADZONE BADANIA

Badania przeprowadzono w morzu na okręcie Marynarki Wojennej latem 2014 roku. Ich celem było zbadanie dokładności względnej wyznaczeń współrzędnych pozycji trzech jednorodnych

odbiorników GNSS pracujących w systemie EGNOS (oznaczanych w dalszej części publikacji jako GNSS/EGNOS), w kontekście możliwości budowy zestawu pomiarowego do określania kątów orientacji przestrzennej kadłuba statku.

3.1 Zestaw pomiarowy

Do pomiarów na morzu wykorzystano trzy jednorodne, wysokiej klasy zestawy GNSS Leica Viva. W skład każdego z zestawów wchodziły:

- wieloczęstotliwościowy odbiornik geodezyjny Leica GS10,
- wstrząsoodporny kontroler Leica CS15 z dotykowym ekranem VGA,
- antena Leica AS10.



Odbiornik GS10



Kontroler CS15



Antena AS10

Rys. 5. Zestaw Leica Viva

Podstawowe dane odbiornika GS10 przedstawiono w Tab.2.

Tab. 2. Dane techniczne odbiornika Leica GS10

Typ odbiornika	Wieloczęstotliwościowy, geodezyjny, GPS/GLONASS/GALILEO
Metody pomiaru i zastosowanie	Metody pomiaru: Statyczna, szybka statyczna, kinematyczna on the fly; Śledzone częstotliwości: L1/L2/L2C/L5/GIOVE_A/GIOVE_B/E1/E5a/E5b/Alt_BOC/B1/B2/SBAS/WAAS/EGNOS/GAGAN/MSAM/QZNSS
Technologia odbiornika	SmartTrack + GNSS, 120 kanałów odbiorczych
Czas od włączenia do pierwszego pomiaru fazy	Zwykle 30 sekund
Interwał rejestracji danych	Wybieralny od 0,05 do 300 sekund
Nośnik standardowy	Karta pamięci SD 1GB
Czas działania baterii wewnętrznych	2 baterie zasilają zestaw pomiarowy przez ok. 15 h
Temperatura pracy	-40°C do +70°C
Temperatura przechowywania	-55°C do +85°C
Wilgotność	Do 100%
Ochrona przed wodą piaskiem i kurzem	IP66 i IP67
Upadki i wibracje	Wytrzymuje upadek z wysokości 1m na twarde powierzchni; wytrzymuje wibracje podczas działania na dużych maszynach budowlanych
Uderzenia w czasie działania	Nie przerywa śledzenia satelitów gdy tyczka z zamocowanym odbiornikiem uderza z wysokości do 2m

Anteny odbiorników GNSS zostały rozmieszczone na okręcie w następującej konfiguracji:

- 1 odbiornik na dziobie okrętu,
- 2 odbiorniki na każdej z burt.

Miejsce montażu anten na okręcie przedstawiono na Rys.7.



Rys.7. Miejsce montażu anten na okręcie

Rzeczywiste odległości między antenami poszczególnych odbiorników wyznaczono podczas postoju okrętu w porcie, w trakcie 2 godz. uśrednionych pomiarów RTK. Wyniki pomiaru przedstawiono w Tab.3.

Tab.3. Rzeczywiste odległości d_R między parami anten GNSS

	d_R
Para dziób-prawa burta	36,176 m
Para dziób-lewa burta	36,342 m
Para prawa-lewa burta	7,252 m

Wszystkie odbiorniki skonfigurowano do pracy w systemie EGNOS oraz ustawiono autorejestrację punktów z częstotliwością 1 Hz. Pomiar trwał blisko 15 godzin i odbywał się w trakcie ruchu okrętu po wodach Zatoki Gdańskiej.

3.2 Ocena dokładności względnej

Ocena dokładności względnej wyznaczeń współrzędnych pozycji obiektu znajdującego się w ruchu jest dosyć problematyczna, gdyż w trakcie realizacji pomiaru nie dysponuje się punktami referencyjnymi, których współrzędne można by przyjąć za rzeczywiste. W związku z tym, jako miary dokładności względnej postanowiono użyć błędu wyznaczenia odległości między poszczególnymi antenami (długości linii bazy), przy czym za odległości wzorcowe przyjęto te, zaprezentowane w Tab.3. Chwilowy błąd względy zdefiniowano zatem jako:

$$\delta_i = d_i - d_R \quad (1)$$

przy czym:

$$d_i = \sqrt{(X_{1i} - X_{2i})^2 + (Y_{1i} - Y_{2i})^2 + (h_{1i} - h_{2i})^2} \quad (2)$$

gdzie:

δ_i – błąd względny wyznaczeń współrzędnych dwóch odbiorników w i -tym pomiarze,

d_i – odległość między antenami dwóch odbiorników otrzymana na podstawie wyznaczeń współrzędnych pozycji w systemie EGNOS w i -tym pomiarze,

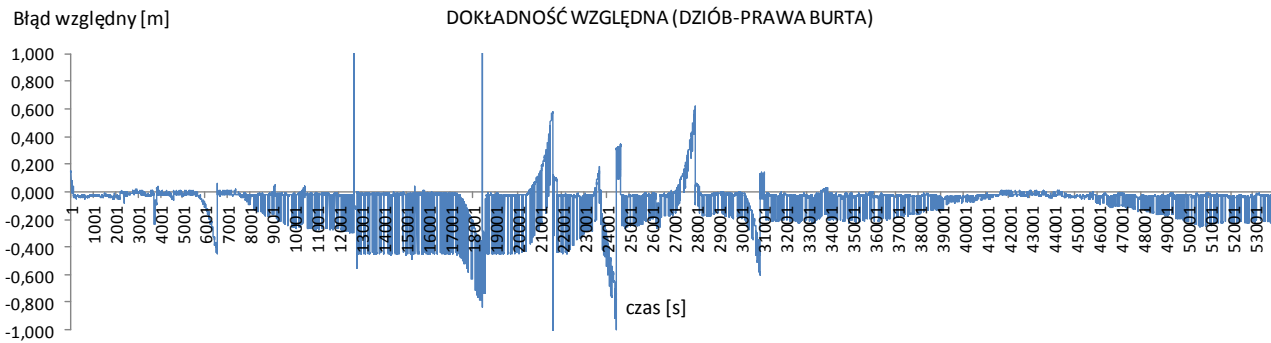
d_R – odległość rzeczywista między antenami dwóch odbiorników (patrz Tab.3),

X_{1i}, Y_{1i}, h_{1i} – współrzędne płaskie pierwszego odbiornika w układzie 2000 oraz wysokość elipsoidalna, wyznaczone w i -tym pomiarze,

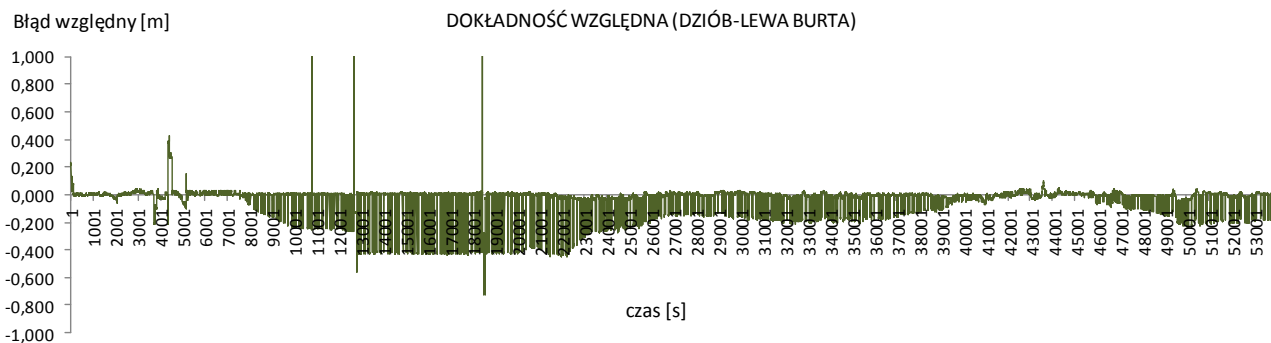
X_{2i}, Y_{2i}, h_{2i} – współrzędne płaskie drugiego odbiornika w układzie 2000 oraz wysokość elipsoidalna, wyznaczone w i -tym pomiarze.

3.3 Wyniki eksperymentu

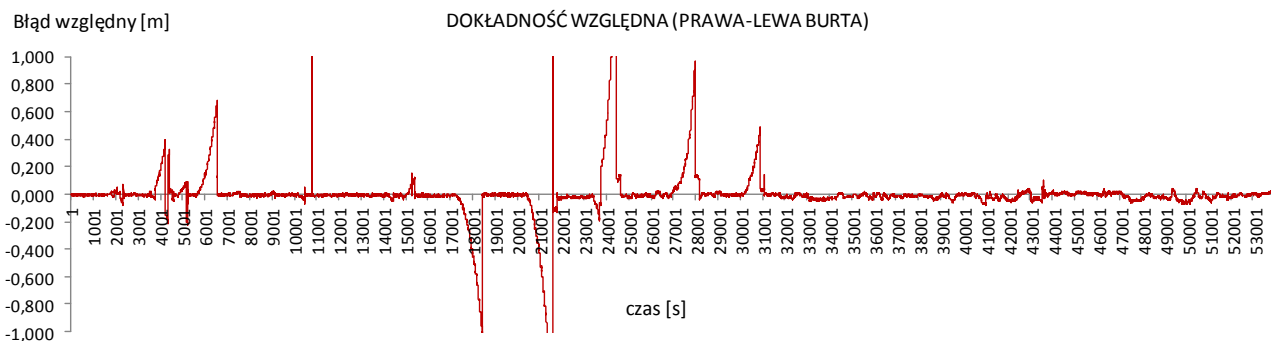
Błąd względny wyznaczeń poszczególnych par odbiorników policzono zgodnie z zależnościami (1) i (2) i przedstawiono na Rys.8, 9 i 10.



Rys. 8. Zmiany błędu względnego pary odbiorników GNSS/EGNOS umieszczonych na dziobie i prawej burcie, w trakcie ruchu okrętu po morzu



Rys. 9. Zmiany błędu względnego pary odbiorników GNSS/EGNOS umieszczonych na dziobie i lewej burcie, w trakcie ruchu okrętu po morzu



Rys. 10. Zmiany błędu względnego pary odbiorników GNSS/EGNOS umieszczonych na prawej i lewej burcie, w trakcie ruchu okrętu po morzu

Patrząc na powyższe wykresy można zauważyć, że obserwowane dokładności względne są dużo wyższe od absolutnych, które w przypadku systemu EGNOS wahają się na poziomie 1,5 m [5]. Przez większość próby oscylują one w granicach 5 cm, tylko niekiedy wartości błędów rosną do ok. 1 m. Te

chwilowe spadki dokładności sprawiły, że wartości odchyłeń standardowych (RMS) błędów względnych wyznaczeń wynoszą w granicach kilkunastu cm. W Tab.4. przedstawiono wartości oczekiwane błędów względnych (E), wartości średnie modułów błędów względnych (M), wartości odchyłeń standardowych błędów względnych (RMS) oraz przewidywane błędy określenia orientacji przestrzennej (kierunku linii bazy w przestrzeni) – (δ_K) poszczególnych par odbiorników GNSS/EGNOS.

Tab.4. Wartości oczekiwane błędów względnych (E), wartości średnie modułów błędów względnych (M), wartości odchyłeń standardowych błędów względnych (RMS) oraz przewidywane błędy określenia orientacji przestrzennej (δ_K) poszczególnych par odbiorników GNSS/EGNOS

	E	M	RMS	δ_K
Para dziób-prawa burta	-0,063 m	0,084 m	0,179 m	0,2797°
Para dziób-lewa burta	-0,038 m	0,051 m	0,139 m	0,2174°
Para prawa-lewa burta	-0,005 m	0,061 m	0,181 m	1,3879°

WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań wynika, że pary jednorodnych odbiorników GNSS/EGNOS cechują się o rząd wyższymi dokładnościami względnymi wyznaczeń współrzędnych pozycji, niż ma to miejsce w przypadku dokładności absolutnej. Analizując wykresy przedstawione na Rys.8, 9, i 10 można zauważyć, że wzrost odchylenia standardowego błędów względnych (RMS) spowodowany jest chwilowymi spadkami dokładności względnej. Wymaga do dokładniejszej analizy zarejestrowanych danych, w celu sprawdzenia przyczyny takiego stanu rzeczy. Prawdopodobnie związane jest to z faktem chwilowego przesłonięcia części horyzontu przez elementy konstrukcyjne kadłuba okrętu. Gdyby nie ten niekorzystny efekt, uzyskane dokładności względne wyznaczeń byłyby znacznie wyższe, gdyż większość błędów z zarejestrowanej próby waha się w granicach 5 cm. Uzyskanie tak wysokich dokładności względny wyznaczeń było niewątpliwie zasługą zastosowania najwyższej klasy odbiorników geodezyjnych Leica Viva, które były odbiornikami jednorodnymi. Zastosowanie zwykłych odbiorników nawigacyjnych mogłoby nie dać aż tak dobrych rezultatów. Jeżeli chodzi o przewidywane dokładności określenia kierunku linii bazy, utworzonej przez parę anten odbiorników systemu EGNOS, to mniejsza dokładność pary prawa-lewa burta spowodowana jest oczywiście krótszą odległością między antenami. Była ona ok. 5 krotnie mniejsza, niż w przypadku par dziób-prawa burta i dziób-lewa burta. Tę niedogodność trudno jest wyeliminować, ze względu na wymiary fizyczne kadłuba okrętu, na którym przeprowadzono próby morskie.

Dalsze badania będą koncentrowały się na badaniu dokładności względnej wyznaczeń współrzędnych przy pomocy tańszych odbiorników nawigacyjnych oraz zastosowaniu aparatu rachunku wyrównawczego do poprawienia dokładności określenia orientacji przestrzennej kadłuba okrętu za pomocą 3 odbiorników systemu EGNOS.

Streszczenie

W niniejszym artykule zaprezentowano badania dokładności względnej wyznaczeń współrzędnych pozycji za pomocą trzech jednorodnych odbiorników systemu EGNOS. Ich celem było sprawdzenie możliwości wykorzystania systemu do określania parametrów ruchu statku, w tym kątów orientacji przestrzennej kadłuba. Opisano podstawy teoretyczne, przebieg eksperymentu oraz wyniki analiz zarejestrowanych danych. Badania przeprowadzono na morzu latem 2014 roku. Wykorzystano w nich trzy jednakowe odbiorniki firmy Leica serii Viva. Skonfigurowano je do odbioru poprawek różnicowych transmitowanych w ramach systemu EGNOS. Zarejestrowane dane opracowano pod kątem dokładności względnej wyznaczeń współrzędnych pozycji i na tej podstawie wyciągnięto wnioski odnośnie możliwości konstrukcji zestawu pomiarowego do określania kątów orientacji przestrzennej kadłuba statku w czasie rzeczywistym.

Study of the possibility of determining the ship's movement parameters by using EGNOS system

Abstract

The article presents the researches concerning relative fixes accuracy of three homogeneous EGNOS receivers. Their goal was to examine the possibility of using the system to determine the ship's movement parameters, including hull's spatial orientation angles. Theoretical basis, the process of the experiment and the results of recorded data analysis were described. The research was conducted in the summer of 2014. Three homogenous Leica Viva series receivers were used. They were configured to receive a differential messages of the EGNOS System. Recorded data were analysed in context of fixes relative accuracy. On the basis of achieved results, it was concluded the conclusions about the possibility of construction the measuring system for the determination of the hull's spatial orientation angles in real time.

BIBLIOGRAFIA

1. Nowak A., Dokładność względna GNSS w kontekście wyznaczenia orientacji przestrzennej UGV, LOGISTYKA 6/2010
2. Nowak A., Możliwości wykorzystania sieci ASG-EUPOS do automatycznego wyznaczania parametrów manewrowych jednostki pływającej, LOGISTYKA 6/2010
3. Nowak A., Możliwości wykorzystania sieci ASG-EUPOS do walidacji okrętowych urządzeń nawigacyjnych, Archiwum Geoamtyki, "Pomiary Satelitarne w Geodezji i Lotnictwie", ISBN 978-83-930010-4-0, 2011
4. Nowak A., Możliwości wykorzystania odbiorników GNSS do określenia orientacji przestrzennej pojazdu UGV, Archiwum Geoamtyki, "Pomiary Satelitarne w Geodezji i Lotnictwie", ISBN 978-83-930010-4-0, 2011, s. 37-49 (Pkt. 3)
5. http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_present_-_EGNOS/What_is_EGNOS
6. http://pl.wikipedia.org/wiki/European_Geostationary_Navigation_Overlay_Service#mediaviewer/File:EGNOS_map.svg
7. http://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Brosen_shipsmovemensonthewave.svg
8. Safety of Life Service Definition Document, European Commission, Directorate-General for Enterprise and Industry, V1.0, 02/03/2011