

KAŹMIERCZAK Rafał¹
GRUNWALD Grzegorz¹

Rozkład poprawek EGNOS w czasie

EGNOS, DGPS, nawigacja

Streszczenie

Tematyką niniejszego artykułu jest odpowiedź na pytanie: w jaki sposób zmienia się wartość poprawki do pseudoodległości w czasie w systemie EGNOS. W pracy wykonano analizy przebiegu wartości poprawek do pseudoodległości dla poszczególnych satelitów. Dane EGNOS do wykonania analiz pobrano z internetowego serwisu EMS (EGNOS Message Server), natomiast plik obserwacyjny ze stacji referencyjnej ASG-EUPOS w Olsztynie. Scharakteryzowano system EGNOS oraz zaprezentowano budowę pliku EMS. W kolejnym etapie dane zdekodowano w programie RTKLIB i wykonano zestawienia wartości dla poszczególnych satelitów. Dokonano charakterystyki rozkładu wartości poprawki do pseudoodległości w czasie.

DISTRIBUTION OF EGNOS CORRECTIONS IN TIME

Abstract

The subjects of this article is to answer the question: how changes in time the value of the pseudorange correction in the EGNOS system. The analysis of the pseudorange corrections values for each satellite were considered in this paper. To perform analyzes, the EGNOS data were downloaded from the Internet service EMS (EGNOS Message Server) and observation data were taken from ASG-EUPOS reference station in Olsztyn. The EGNOS system was characterized and EMS file structure was presented. In the next part of the article the data were decoded in RTKLIB software and set of values for individual satellites were presented. Distribution of pseudorange corrections values in time was characterized.

1. WSTĘP

Systemy GPS oraz GLONASS są satelitarnymi systemami nawigacyjnymi. Stanowią one część ogólnoswiatowego cywilnego systemu nawigacji, określanego jako Global Navigation Satellite System (GNSS). Głównym założeniem systemu jest zapewnienie ciągłości dopływu do użytkowników sygnałów satelitarnych poprzez zwielokrotnienie źródeł informacji. Zwiększająca się liczba systemów nawigacyjnych umożliwia monitoring jakości sygnałów, z których korzysta się w trakcie nawigacji morskiej, lądowej i lotniczej. Aby system można było uznać za w pełni nawigacyjny muszą być spełnione określone wymagania takie jak: ciągłość sygnału, dokładność i wiarygodność. Działanie systemu nawigacyjnego GNSS wspomagane jest poprzez uruchomienie satelitarnych systemów wspomagających SBAS (Satellite Based Augmentation System). Ideą nawigacji jest możliwość bezpiecznego dotarcia do celu. Bezpieczeństwo w trakcie podróży zwiększa się poprzez wykorzystanie systemu EGNOS, w ramach którego od 2 marca 2011 roku został otwarty Serwis Bezpieczeństwa Życia (Safety-of-Life). W systemach satelitarnych SBAS poprawki do odbiorników GPS transmitowane są poprzez satelity. W zależności od jakości wyznaczenia poprawek do pseudoodległości zależą wyżej wymienione parametry nawigacyjne.

2. SYSTEMY SBAS

Ze względu na potrzebę zwiększenia bezpieczeństwa w nawigacji lądowej, morskiej i powietrznej od początku lat 90 ubiegłego wieku rozpoczęto prace związane nad regionalnymi systemami dystrybucji poprawek różnicowych dla systemu GPS. Poprawki te wyznaczone są przez sieci stacji naziemnych. Ze względu na sposób dystrybucji tych poprawek do odbiorników użytkowników można wydzielić dwa rodzaje systemów: GBAS (Ground Based Augmentation System) oraz SBAS. W przypadku pierwszego systemu wyznaczone poprawki są przekazywane użytkownikom z wykorzystaniem łączności radiowych lub Internetu, a w przypadku systemu SBAS poprawki są transmitowane poprzez satelity geostacjonarne. W skład systemu SBAS wchodzi systemy takie jak:

- WASS (Wide Area Augmentation System) – jest to pierwszy na świecie wprowadzony przez Amerykanów system wspomagający działanie systemu GPS. Składa się z 3 satelitów geostacjonarnych oraz 50 stacji naziemnych.
- EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) – zostanie opisany w dalszej części artykułu.
- MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System) – System został utworzony przez Japonię. Rozpoczął swoje działanie 27 września 2007. W jego skład wchodzi 2 geostacjonarne satelity meteorologiczne. Swoim zasięgiem pokrywa obszar Japonii. Jego następcą ma być system QZSS.

- QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) – system wprowadzany przez Japońską Agencję Kosmiczną. W odróżnieniu do istniejących systemów SBAS system zakłada 3 satelity o orbicie quasi-zenitalnej. System w porównaniu do systemu MSAS zwiększy obszar zasięgu o Australię oraz wschodnią Azję.
- GAGAN (GPS Aided Geo Augmented Navigation) jest to system tworzony przez Indyjską Agencję Kosmiczną (ISRO). Swoim zasięgiem ma pokryć obszar pomiędzy systemami EGNOS i QZSS.
- SDCM (System of Differential Correction and Monitoring) – jest to system tworzony przez Rosję. Pełna operacyjność system przewidywana jest na rok 2013. System opierać się będzie na 20 stacjach referencyjnych oraz 3 stacjach geostacjonarnych.
- OmniSTAR – system stworzony przez firmę Thales. Swoim obszarem pokrywa praktycznie cały świat. Segment kosmiczny tworzy 7 satelitów, a system naziemny 100 stacji referencyjnych i 2 kontrolnych.

Bibliografia [1, 2]

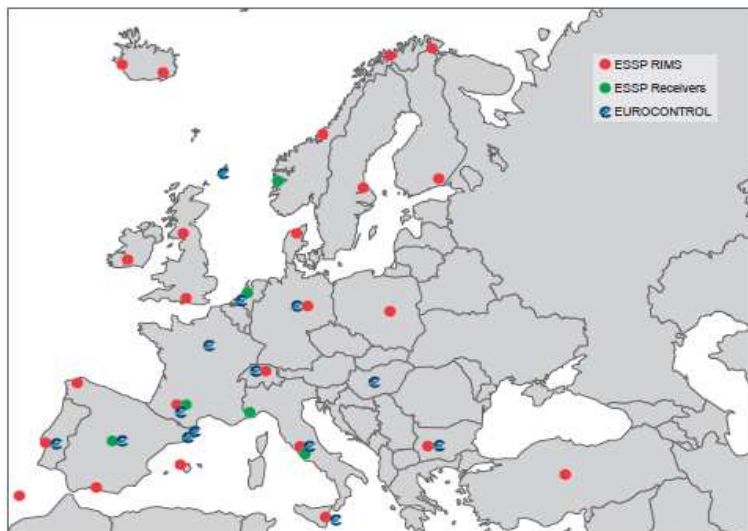
3. SYSTEM EGNOS

System EGNOS należy do grupy systemów SBAS (Satellite Based Augmentation System). Został on zaprojektowany i zbudowany w celu wspierania w działaniu systemów GNSS (Global Navigation Satellite Systems) poprzez:

- poprawę dokładności pozycjonowania,
- dostarczanie informacji o wiarygodności transmitowanych do użytkownika danych,
- synchronizację czasu GPS z czasem UTC,
- poprawę dostępności dokładnego pozycjonowania.

Praca EGNOS jest pod nadzorem ESA (European Space Agency) oraz EUROCONTROL. Jego zadaniem jest transmisja poprawek różnicowych oraz informacji o awariach systemu GPS (Global Positioning System) poprzez 3 satelity znajdujące się na orbitach geostacjonarnych. Takie rozwiązanie pozwala zwiększyć dokładność oraz wiarygodności pozycjonowania w czasie rzeczywistym. Na EGNOS składają się segmenty:

- kosmiczny (3 satelity geostacjonarne znajdujące się na orbitach 35 786 km nad powierzchnią Ziemi, wysyłające poprawki do użytkowników znajdujących się na obszarze Europy objętym działaniem systemu),
- segment naziemny (około 40 stacji RIMS pomiarowo-obszernych zlokalizowanych na obszarze Europy),
- segment użytkowników.



Rys.1. Stacje wchodzące w skład systemu EGNOS.

Bibliografia [2, 3, 4]

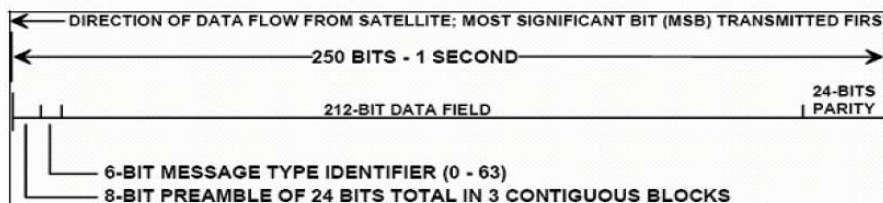
4. STRUKTURA WIADOMOŚCI EGNOS

Transmisja wiadomości systemu EGNOS odbywa się poprzez częstotliwość L1 z prędkością 250 bitów na sekundę (jedna wiadomość na sekundę). Przez system jest transmitowanych kilka typów wiadomości:

Tab.1. Typy wiadomości EGNOS.

Typ	zawartość
0	tryb testowy SBAS
1	maska PRN
2-5	szybkie poprawki
6	informacje o wiarygodności
7	współczynnik degradacji szybkich poprawek
9	rozległe parametry funkcji
10	parametry degradacji
12	Czas sieciowy SBAS/parametry offsetu czasu UTC
17	almanach
18	Maska siatki „grid” jonosfery
24	Szybkie poprawki/długoterminowe poprawki zegara satelity
25	długoterminowe poprawki zegara satelity
26	Poprawki opóźnienia jonosferycznego
27	Wiadomość specjalna SBAS
63	Wiadomość „Zero”
pozostałe	Wiadomości zarezerwowana

Pierwsze 8 bitów z każdej 250-bitowej wiadomości stanowi oznaczenie preambuły. Kolejne 6 bitów oznacza typ wiadomości. Następne 212 bitów zawiera informacje właściwe dotyczące poszczególnych wiadomości EGNOS. Natomiast ostatnie 24 bity są bitami kontroli parzystości.



Rys.2. Struktura wiadomości EGNOS.

Poprawki do pseudoodległości transmitowane poprzez satelity geostacjonarne, są przesyłane w kilku różnych typach wiadomości. Do wiadomości zawierających informacje o poprawkach EGNOS należą:

- Wiadomość 26. zawiera dane niezbędne do wyznaczenia wartości poprawek wynikających z wpływu jonosfery oraz parametry pomocne przy oszacowaniu dokładności tych poprawek.
- Wiadomość 25 natomiast zawiera dane dotyczące długoterminowych zmian w błędach efemerydalnych oraz błędach zegara satelity GPS.
- Szybkie poprawki transmitowane w wiadomościach 2-5 dotyczą gwałtownych zmian w błędach efemerydalnych oraz błędach zegara satelity GPS.

Bibliografia [2]

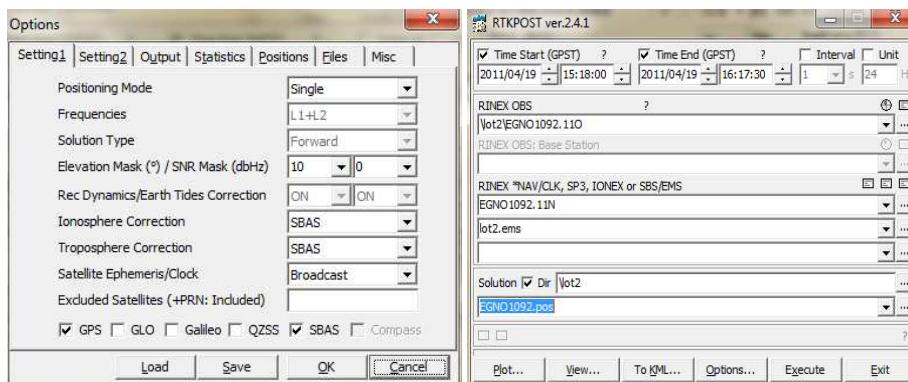
5. BADANIA

W celu wykonania charakterystyki poprawek do pseudoodległości transmitowanych poprzez system EGNOS, został zarejestrowany, a następnie zdekodowany strumień danych binarnych EGNOS. Dane rejestrowane były w dniu 28.01.2011 w godzinach 19-22 (czasu GPS), co stanowiło 1620 tydzień GPS oraz 500413-511199 sekund w tym tygodniu. Pliki EMS, które posłużyły do dalszego dekodowania ściągnięto z internetowego serwera archiwizującego dane transmitowane do odbiornika poprzez satelity geostacjonarne.



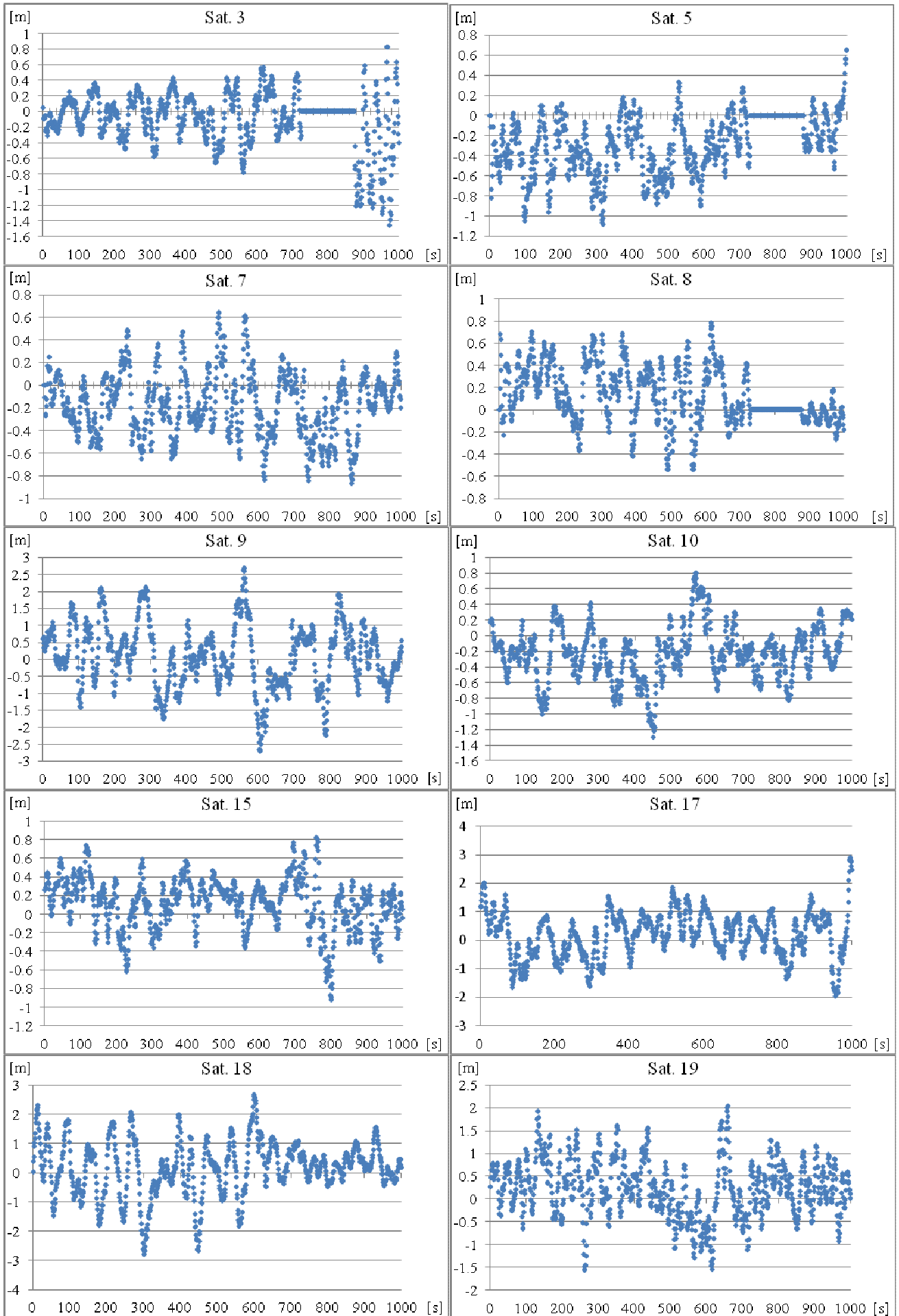
Rys.3. Dane gromadzone na serwerze EMS.

Do dalszych analiz wykorzystano oprogramowanie RTKLIB. Jest to program o charakterze otwartym (open source), przeznaczonym do opracowania danych pochodzących z pomiarów satelitarnych. W programie można wykonać analizy związane z systemami takimi jak: GPS, GLONASS, QZSS oraz SBAS (w tym EGNOS)



Rys.4. Moduły programu RTKLIB.

W celu wykonania prawidłowej wizualizacji wartości poprawek do pseudoodległości zdekodowane dane zostały posortowane. Wyodrębniono informacje dla poszczególnych satelitów. Wyświetlenie zmian wartości poprawki EGNOS w czasie pozwala na jej scharakteryzowanie. Przede wszystkim można zaobserwować wahania wartości poprawki w czasie. Zarówno wiek poprawki, jak i szybkość jej zmiany, mają bezpośrednie przełożenie na dokładność pozycjonowania. Rysunek 5 prezentuje rozkład poprawek EGNOS dla poszczególnych satelitów w czasie.



Rys.5. Rozkład poprawek EGNOS dla poszczególnych satelitów w czasie.

Na podstawie rysunków można zaobserwować zbliżone relacje i tendencje w rozkładzie czasowym poprawek do pseudoodległości. Ma to oczywisty związek z orbitami satelitów. Na rysunkach można zaobserwować małą stabilność wartości poprawki PRC. Sama wartość oscyluje w granicach kilku metrów. Zerowe wartości poprawek dla satelitów 3, 5 i 8, które można zaobserwować na wykresach, powinny być przedmiotem oddzielnych badań związanych z analizowaniem zasięgu działania systemu. Aby lepiej poznać zmiany w wartościach PRC należy przyjrzeć się pojedynczemu satelicie. Przed wykonaniem dekodowania przewidywany był liniowy rozkład wartości poprawek do pseudoodległości. Dla każdego z obserwowanych satelitów można zaobserwować (w ciągu kilku sekund) szybkie zmiany wartości poprawki do pseudoodległości. Wstępne analizy wykazały pewne zbieżności rozkładów wartości poprawek dla poszczególnych satelitów. Ich wykresy przyjmują kształt sinusoidalny. Dla dłuższego przedziału czasowego możliwe jest wyznaczenie linii trendu, która może posłużyć do przyszłych analiz i kontroli jakości wyznaczeń.

Bibliografia [2, 3, 5]

6. WNIOSKI

Jedną z najważniejszych zalet systemu EGNOS jest fakt, że jest on darmowy. To znaczy, że może z niego korzystać każdy, kto posiada odbiornik GNSS dostosowany do odbioru jego sygnału. Każdy system ma swoje zalety i wady. Tak jest również z systemem EGNOS. Głównym jego ograniczeniem w Polsce jest zasięg. Wschodnia część kraju leży na teoretycznym skraju zasięgu działania systemu EGNOS, co powoduje problemy związane z ciągłością sygnału oraz utrzymaniem dokładności pozycjonowania. Otrzymane charakterystyki rozkładu poprawek mogą stanowić podstawę do wykonania kolejnych eksperymentów i analiz związanych z tym problemem. Położenie satelitów EGNOS na orbicie geostacjonarnej powoduje, że sygnał satelitarny może być trudno dostępny na dużych szerokościach geograficznych. Na wartość poprawek EGNOS ma wpływ wiele czynników lokalnych jak i globalnych. Bardzo duże znaczenie ma sposób rozmieszczenia stacji RIMS, które są odpowiedzialne między innymi za wyznaczanie wielkości poprawek. Ewentualna rozbudowa sieci stacji monitorujących na wschód od Polski zwiększyłaby zasięg systemu w tym kierunku. Jednym z celów wykorzystania systemu EGNOS przekłada się na wzrost otrzymanych dokładności pomiarowych. Efekt ten osiągany jest poprzez zmniejszenie błędów związanych z pomiarem pseudoodległości, poprzez wyznaczenie wartości poprawki. Wartości te są zmienne w czasie. Wstępne analizy wykazały pewne powtarzające się zależności w kształtowaniu się rozkładu poprawek. Wszystkie te czynniki mogą być opisane za pomocą wzorów matematycznych, więc można je prognozować za pomocą zaawansowanych metod statystycznych. Monitorowanie wartości poprawki do pseudoodległości na skraju zasięgu systemu może posłużyć do kontroli jakości wyznaczeń.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Bakuła M.: *Network Code DGPS Positioning and Reliable Estimation of Position Accuracy*. Survey Review, 42, 315, pp. 82-91. 2010
- [2] Allien A., Taillander C., Capo C., Proselov K., Legenne J., Marechal J., Jeannot M., *User Guide For EGNOS Application Development*, 2009, ESA
- [3] Ciećko A., Grunwald G., Kaźmierczak R., Oszczak S., Grzegorzewski M., Ćwiklak J.: *Wykorzystanie oprogramowania RTKLIB do badania dokładności systemu EGNOS*, 15th International Conference Computer Systems Aided Science, Industry and Transport, „TRANSCOMP 2011”, Zakopane, 6-9.12.2011, Logistyka 6/2011 (CD ROM proceedings)
- [4] Ciećko A., Oszczak S., Grzegorzewski M., Ćwiklak J.: *Wyznaczenie pozycji statku powietrznego oraz dokładności z wykorzystaniem systemu EGNOS w Polsce wschodniej*, Zakopane, TRANSCOMP – XIV INTERNATIONAL CONFERENCE, s.2-7, 2010.
- [5] <http://www.egnos-pro.esa.int/ems/index.html>