

Autoreferat

dr inż. Sławomir Cellmer

Olsztyn 2013

Spis treści:

1. Imię i nazwisko	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	3
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust.2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 ze zm.)	3
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	3
4.2. Autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa	4
4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	5
4.3.1. Wprowadzenie	5
4.3.2. Podstawowe założenia metody MAFA	6
4.3.3. Proces obliczeniowy z zastosowaniem wyrównania kaskadowego	9
4.3.4. Warunek konieczny otrzymania poprawnego rozwiązania metodą MAFA	11
4.3.5. Dekorelacja całkowitoliczbowa jako sposób zwiększenia efektywności metody MAFA	14
4.3.6. Procedura poszukiwawcza	17
4.3.7. Podsumowanie	18
4.3.8. Bibliografia	19
4.3.9. Wkład w rozwój dyscypliny poszczególnych pozycji przedstawionego cyklu publikacji oraz udział procentowy wnioskodawcy w jej przygotowaniu	21
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	24
5.1. Pozostałe osiągnięcia naukowo badawcze związane z tematyką pracy habilitacyjnej	24
5.2. Krótki komentarz do prac badawczych spoza tematyki dotyczącej monotematycznego cyklu publikacji	25
5.3. Wskaźniki	26
5.4. Udział w naukowych projektach badawczych	34
5.5. Aktywne uczestnictwo w krajowych lub międzynarodowych konferencjach tematycznych	34
5.6. Recenzowanie publikacji w czasopismach naukowych	38
5.7. Nagrody za działalność naukową	38
5.8. Osiągnięcia dydaktyczne	38
5.9. Współpraca międzynarodowa	39
5.10. Członkostwo w organizacjach naukowych	39
5.11. Szkolenia	39
5.12. Stanowiska organizacyjne pełnione na uczelni	39

1. Imię i Nazwisko: Sławomir Cellmer

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe:

Tytuł doktora Nauk Technicznych w zakresie Geodezji i Kartografii nadany przez Radę Wydziału Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie dn. 24.09.2002 r.

Rozprawa doktorska na temat: *Wyznaczenie przemieszczeń przestrzennych na podstawie obserwacji GPS z zastosowaniem estymacji mocnej.*

Promotor: prof. dr hab. inż. Alojzy Wasilewski (UWM).

Recenzenci:

prof. zw. dr hab. inż. Lubomir W. Baran (UWM)

prof. dr hab. inż. Adam Żurowski (Politechnika Gdańska)

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

1994-2002 Akademia Rolniczo-Techniczna (od 1999 Uniwersytet Warmińsko-Mazurski) w Olsztynie na stanowisku asystenta

od 2002 Uniwersytet Warmińsko Mazurski w Olsztynie na stanowisku adiunkta

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust.2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 ze zm.)

4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego:

Jednotematyczny cykl publikacji nt. „Nowa strategia opracowania obserwacji fazowych GNSS”

4.2 Autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa

Rozprawę habilitacyjną pt. „Nowa strategia opracowania obserwacji fazowych GNSS” stanowi następujący jednotematyczny cykl ośmiu publikacji:

[1] Cellmer S., Wielgosz P., Rzepecka Z., (2010), *Modified Ambiguity Function Approach for GPS Carrier-phase Positioning*, Journal of Geodesy vol. 84, pp. 264-275.

[2] Cellmer S., (2011a), Actual problems in modern geodesy – *Instant precise positioning using MAFA method* (rozd. w monografii) pp.13-21

[3] Cellmer S., (2011b), *Using the Integer Decorrelation Procedure to increase of the efficiency of the MAFA Method*, Artificial Satellites, Vol. 46, No. 3 pp.103-110

[4] Cellmer S., (2011c), *The real time precise positioning using MAFA method*, The 8th International Conference Environmental Engineering, selected papers, vol. III, Vilnius, pp.1310-1314

[5] Cellmer S., (2012a), *A Graphic Representation of the Necessary Condition for the MAFA Method*. Transactions on Geoscience and Remote Sensing vol. 50 Issue 2, pp. 482 - 488

[6] Cellmer S., (2012b), *Wykorzystanie funkcji nieoznaczoności pomiaru fazowego do wyznaczania precyzyjnej pozycji w czasie rzeczywistym*, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska Nr 283, z. 59 (1/12/II) 2012 str. 61-69

[7] Cellmer S., (2012c), *On-the-fly ambiguity resolution using an estimator of the modified ambiguity covariance matrix for the GNSS positioning model based on phase data*, Artificial Satellites, Vol. 47 No. 3 pp. 81-90.

[8] Cellmer S., (2013a), *Search procedure for improving Modified Ambiguity Function Approach*, Survey Review, DOI:10.1179/1752270613Y.0000000045

Swój wkład w powstanie pierwszego artykułu szacuję na 65%. Pozostałe artykuły są w 100% mojego autorstwa.

4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

(Powołania na prace w nawiasach kwadratowych dotyczą artykułów z jednotematycznego cyklu publikacji przedstawionego w podrozdziale 4.2, natomiast powołania w nawiasach okrągłych odnoszą się do publikacji zestawionych w Bibliografii na końcu tego rozdziału)

4.3.1. Wprowadzenie

Przedmiotem rozprawy jest nowa strategia opracowania obserwacji fazowych GNSS (Global Navigation Satellite System) w celu natychmiastowego wyznaczenia precyzyjnej pozycji. Podstawy nowej strategii są odmienne od powszechnie obecnie stosowanych rozwiązań (Hofmann-Wellenhof et al., 2008; Leick, 2004; Teunissen and Kleusberg, 1998). Kluczowym zagadnieniem w opracowaniu obserwacji fazowych jest wyznaczenie poprawnych wartości nieoznaczoności (ambiguity) - całkowitej liczby pełnych cykli podwójnie zróżnicowanych obserwacji fazowych. Zadanie to można interpretować, jako proces estymacji całkowitoliczbowej tj. estymacji zbioru parametrów, wśród których pewna grupa może przyjmować tylko wartości ze zbioru liczb całkowitych. W klasycznym podejściu np. w powszechnie obecnie stosowanej metodzie LAMBDA (Teunissen, 1995, 1999; Teunissen and Kleusberg 1998; Jonge and Enge, 1996; Chang et al., 2005), problem ten jest rozwiązywany w trzech etapach:

- 1) estymacja nieoznaczoności w zbiorze liczb rzeczywistych (float solution)
- 2) wyznaczenie poprawnych wartości całkowitych nieoznaczoności (ambiguity resolution)
- 3) estymacja precyzyjnej pozycji przy założeniu bezbłądności nieoznaczoności wyznaczonych w drugim etapie (fixed solution).

W opracowanej przez autora nowej strategii opracowania obserwacji fazowych organizacja procesu obliczeniowego jest odmienna od przedstawionego wyżej trójetapowego podejścia klasycznego. Podstawowym założeniem tej strategii jest wprowadzenie do modelu funkcjonalnego zadania wyrównawczego warunków zapewniających przyjmowanie przez wyodrębnioną grupę parametrów (nieoznaczoności) wyłącznie wartości całkowitych. Dzięki temu nie ma potrzeby jawnego wyznaczania wartości nieoznaczoności, chociaż w ostatecznych wynikach uwzględniony jest ich całkowitoliczbowy charakter. Podstawową zaletą nowej strategii jest jej odporność na

efekt utraty części cykli fazowych (cycle slips) w kolejnych epokach pomiarowych. Zjawisko to powstaje podczas chwilowej utraty łączności ze śledzonym satelitą. W takim przypadku klasyczne podejście wymaga wstępnego opracowania zbioru obserwacyjnego w celu usunięcia tego efektu. Przeprowadzone testy wykazały, że strategia charakteryzuje się wysoką efektywnością a nawet umożliwia wyznaczenie precyzyjnej pozycji z pojedynczej epoki obserwacyjnej.

4.3.2. Podstawowe założenia metody MAFA

Podstawy nowej strategii zostały przedstawione w pierwszym artykule z przedstawionego w poprzednim rozdziale cyklu publikacji [1]. Artykuł ten został opublikowany w czasopiśmie *Journal of Geodesy*. Nowa strategia została nazwana *Modified Ambiguity Function Approach (MAFA)*. Nazwa pochodzi od funkcji nieoznaczoności wykorzystanej do utworzenia warunków zapewniających przyjmowanie przez wyodrębnioną grupę parametrów (nieoznaczoności) wyłącznie wartości całkowitych. Funkcja ta przyjmuje określone stałe wartości dla dowolnych argumentów o wartościach całkowitych. Punktem wyjścia jest uproszczone równanie obserwacyjne:

$$\Phi + v = \frac{1}{\lambda} \rho(\mathbf{X}_c) + N, \quad (1)$$

gdzie:

- Φ – podwójnie zróżnicowana obserwacja fazowa (w cyklach)
- λ – długość fali sygnału w metrach
- v – poprawka
- \mathbf{X}_c – wektor współrzędnych anteny odbiornika
- $\rho(\mathbf{X}_c)$ – podwójnie zróżnicowana odległość geometryczna w metrach
- N – podwójnie zróżnicowana całkowita liczba cykli (nieoznaczoność)

Działanie metody MAFA nie ogranicza się do uproszczonego modelu (1). Model ten można uogólnić poprzez dołączenie dodatkowych wyrazów po prawej stronie równania, związanych z dodatkowymi parametrami np. opóźnienia zegarów, parametry modelu atmosfery, itp. Pozostawiając po prawej stronie całkowitą nieoznaczoność otrzymujemy:

$$\Phi + v - \frac{1}{\lambda} \rho(\mathbf{X}_c) = N. \quad (2)$$

Dla uproszczenia wyraz $\rho(\mathbf{X}_c)$ będzie zapisywany tylko symbolem ρ , bez wskazywania na jego zależność od wektora \mathbf{X}_c .

Nominalna dokładność pomiaru fazowego wynosi ok. 0.01 cyklu (Hofmann-Wellenhof et al., 2008). Poprawka w równaniu (2) musi, więc być dużo mniejsza od 0.5 cyklu. Stąd biorąc pod uwagę całkowitą wartość wyrazu N równanie (2) możemy przekształcić do następującej postaci:

$$\Phi + v - \frac{1}{\lambda} \rho(\mathbf{X}_c) = \text{round}(\Phi - \frac{1}{\lambda} \rho) \quad (3)$$

lub

$$v = \text{round}(\Phi - \frac{1}{\lambda} \rho) - (\Phi - \frac{1}{\lambda} \rho), \quad (4)$$

gdzie *round* jest funkcją wyznaczającą najbliższą całkowitą wartość rzeczywistego argumentu ("zaokrąglającą" argument do najbliższej liczby całkowitej).

Równania (4) układane są dla każdej podwójnie zróżnicowanej obserwacji fazowej. Układ tych równań tworzy model funkcjonalny zadania wyrównawczego, który zawiera warunki zapewniające "całkowitoliczbowość" nieoznaczoności pomiaru fazowego. Układ równań (4) rozwiązywany jest metodą najmniejszych kwadratów (NK). Rozwiązaniem jest estymator wektora \mathbf{X}_c . W pracy [6] został zaproponowany sposób przeprowadzenia wyrównania bez konieczności linearyzacji prawej strony równania (4). Poszukiwanie minimum funkcji celu metody NK zostało w nim przeprowadzone numeryczną metodą Sympleksu Nelder-Meada (Nelder and Mead, 1965). Metoda ta nie wymaga linearyzacji równań poprawek. Wyniki testów wskazują na poprawność uzyskanych przy jej pomocy rozwiązań. Jednakże algorytm poszukiwania rozwiązania metodą numeryczną jest stosunkowo kosztowny obliczeniowo - wymaga wykonania dość dużej ilości operacji obliczeniowych. Ponadto nie dostarcza on danych do przeprowadzenia analiz dokładnościowych czy procedury weryfikacji poprawności otrzymanych rozwiązań. Dlatego pożądane wydaje się wyrażenie warunków zapewniających całkowitoliczbowość dla nieoznaczoności w postaci funkcji liniowej. W takim przypadku opracowanie można wykonać przy pomocy powszechnie znanych algorytmów wyrównania z modelem funkcjonalnym zawierającym liniowe warunki wiążące obserwacje i (lub) parametry (Baran, 1999, Wiśniewski, 2005). W celu uzyskania liniowych warunków wystarczy sformułować je w postaci nieliniowej

funkcji różniczkowalnej, a następnie aproksymować tą funkcję szeregiem Taylora ograniczając go do pierwszych (liniowych) wyrazów rozwinięcia. W artykule [1], została zaproponowana różniczkowalna funkcja, którą można zastąpić wyrażenie stojące po prawej stronie równania (4):

$$\Psi = \text{round}\left(\Phi - \frac{1}{\lambda}\rho\right) - \left(\Phi - \frac{1}{\lambda}\rho\right) = -\arctan\left\{\tan\left[\pi\left(\Phi - \frac{1}{\lambda}\rho\right)\right]\right\} \quad (5)$$

Po linearyzacji tej funkcji można otrzymać liniowy układ równań poprawek i zadanie wyrównawcze zostaje wtedy sprowadzone do standardowej postaci:

$$\mathbf{V} = \frac{1}{\lambda} \mathbf{A} \mathbf{X} + \Delta \quad (6)$$

$$\mathbf{V}^T \mathbf{P} \mathbf{V} = \min \quad (7)$$

gdzie:

\mathbf{V} – wektor poprawek

\mathbf{A} – macierz modelu funkcjonalnego

Δ – wektor wyrazów wolnych

\mathbf{P} – macierz wag

Rozwiązaniem powyższego zadania jest wektor:

$$\mathbf{X} = -\lambda (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \Delta \quad (8)$$

z macierzą kowariancji:

$$\mathbf{C}_X = \sigma^2 \lambda^2 (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \quad (\sigma^2 - \text{współczynnik wariancji}) \quad (9)$$

Z uwagi na to, że funkcja (5) posiada punkty nieciągłości zaproponowałem inną postać funkcji, która może zastąpić wyrażenie po prawej stronie równania (4):

$$\Psi = \text{round}(s) - s = \begin{cases} -\frac{1}{\pi} \arcsin[\sin(\pi s)] \text{ dla } s \in \{s: \cos(\pi s) \geq 0\} \\ \frac{1}{\pi} \arcsin[\sin(\pi s)] \text{ dla } s \in \{s: \cos(\pi s) < 0\} \end{cases}, \quad (10)$$

gdzie:

$$s = \Phi - \frac{1}{\lambda} \rho. \quad (11)$$

Funkcja (10) została zaproponowana pierwszy raz w prezentacji: *GNSS carrier phase processing using some properties of Ambiguity Function Method*, na konferencji: *FIG Congress 2010 Facing the Challenges – Building the Capacity Sydney, Australia, 11-16 April 2010*. Postać funkcji (10) jest też przedstawiona w artykułach [3] i [5]

monotematycznego cyklu publikacji. Linearyzacja funkcji (10) prowadzi do takiej samej postaci zadania wyrównawczego (6-7) jak w przypadku linearyzacji funkcji (5). Rozwiązanie otrzymane z równania (8) jest wektorem parametrów o wartościach rzeczywistych (w przypadku uproszczonego równania (1) będą to trzy współrzędne wyznaczonej pozycji). W opracowaniu nie ma, więc konieczności wyznaczania nieoznaczoności w sposób jawny, chociaż dzięki warunkowi (3) ostateczne wyniki uwzględniają ich całkowitoliczbowy charakter. Z powyższej własności wynika odporność metody na efekt „cycle slip”. W przypadku wystąpienia tego efektu proces obliczeniowy będzie prowadził do jednego wyniku, który jednak będzie uwzględniał dwie różne całkowite wartości nieoznaczoności dla tej samej pary satelitów w kolejnych epokach.

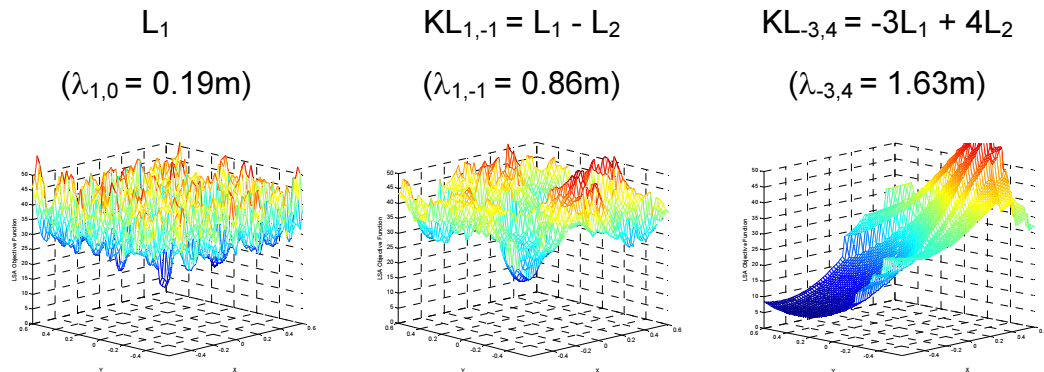
4.3.3. Proces obliczeniowy z zastosowaniem wyrównania kaskadowego

Istotnym problemem w stosowaniu metody MAFA jest zapewnienie przyjmowania przez funkcję *round* w równaniu (3) nie tylko całkowitych, ale właściwych (poprawnych) całkowitych wartości. W pierwszej kolumnie rys. 1 pokazany jest przykładowy wykres funkcji celu metody najmniejszych kwadratów, dla zbioru obserwacyjnego składającego się z pomiarów fazowych sygnału L_1 o długości fali 19 cm. Z uwagi na to że istnieją trzy zmienne (X, Y, Z), składowa Z została przyjęta na wykresie jako wartość stała, ustalona dla właściwego rozwiązania. Zmienność wartości f-cji celu jest pokazana dla różnych wartości X i Y . Jak widać z wykresu funkcja ma wiele lokalnych minimów, w których proces obliczeniowy może wskazać błędne rozwiązanie (dla całkowitych, ale niepoprawnych wartości nieoznaczoności). W pracy [1], zostało zaproponowane rozwiązanie tego problemu poprzez zastosowanie różnych kombinacji liniowych sygnałów L_1 i L_2 o postaci:

$$KL_{ij} = iL_1 + jL_2 \quad (12)$$

Dla całkowitych współczynników i, j nieoznaczoność nowej pseudoobserwacji w postaci kombinacji liniowej (12) będzie również całkowita. Dla niektórych współczynników i, j , długość fali kombinacji liniowej będzie większa od długości fali pojedynczych sygnałów L_1 i L_2 . Ta własność kombinacji liniowej może być wykorzystana do "wygładzenia" funkcji celu. W drugiej kolumnie rys. 1 przedstawiony jest wykres funkcji celu metody NK dla zbioru obserwacyjnego

składającego się z kombinacji liniowych $KL_{1,-1} = L_1 - L_2$ o długości fali: $\lambda_{1,-1} = 0.86\text{m}$. Na podstawie wykresu można stwierdzić, że dla takiej kombinacji liniowej minimum funkcji celu jest dużo wyraźniej zaznaczone.



Rys. 1. Wykres funkcji celu dla wybranych kombinacji liniowych sygnałów L_1 i L_2 .

W trzeciej kolumnie Rys. 1 przedstawiony jest wykres funkcji celu dla kombinacji liniowej $KL_{-3,4} = -3L_1 + 4L_2$ o długości fali: $\lambda_{-3,4} = 1.68\text{m}$. W tym przypadku kierunek poszukiwania rozwiązania jest zupełnie wyraźny. Rozwiązanie uzyskane z wyrównania na podstawie $KL_{-3,4}$ jest stabilne ale mało dokładne. Wynika to z zastosowanych współczynników, które zgodnie z prawem przenoszenia się błędów średnich powodują znaczny spadek dokładności kombinacji liniowej w stosunku do pojedynczych sygnałów L_1 i L_2 . Dlatego proces obliczeniowy z wykorzystaniem kombinacji liniowych sygnałów L_1 i L_2 przeprowadza się wg algorytmu wyrównania kaskadowego (Han and Rizos, 1995; Jung and Enge, 2000). W pierwszym wyrównaniu zbiór pseudoobserwacji składa się z kombinacji liniowych o największej długości fali o wartości 168 cm ($KL_{-3,4}$). W kolejnym wyrównaniu biorą udział kombinacje liniowe o długości 86 cm ($KL_{1,-1}$), a w trzecim, ostatecznym wyrównaniu zbiorem obserwacyjnym są podwójnie zróżnicowane obserwacje fazowe sygnału L_1 . Po każdym wyrównaniu korygowane są wartości wektora parametrów X . Wybór odpowiednich kombinacji liniowych do zastosowania w wyrównaniu kaskadowym został wykonany na podstawie analiz ich własności (Cocard et al., 2008; Urquhart, 2009) oraz testów przeprowadzonych na wielu zbiorach obserwacyjnych uzyskanych z rzeczywistych pomiarów.

4.3.4. Warunek konieczny otrzymania poprawnego rozwiązania metodą MAFA

Tematem artykułu [5], opublikowanego w czasopiśmie: *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, jest warunek konieczny dla uzyskania poprawnego rozwiązania metodą MAFA. Warunek ten został sformułowany w następującej postaci:

$$\mathbf{N}_p = \text{round}\left(\Phi - \frac{1}{\lambda} \rho_0\right) \quad (13)$$

gdzie:

- \mathbf{N}_p – wektor prawdziwych wartości nieoznaczoności
- Φ – wektor podwójnie zróżnicowanych obserwacji fazowych (lub ich kombinacji liniowych)
- ρ_0 – wektor podwójnie zróżnicowanych odległości geometrycznych, obliczonych na podstawie pozycji przybliżonej

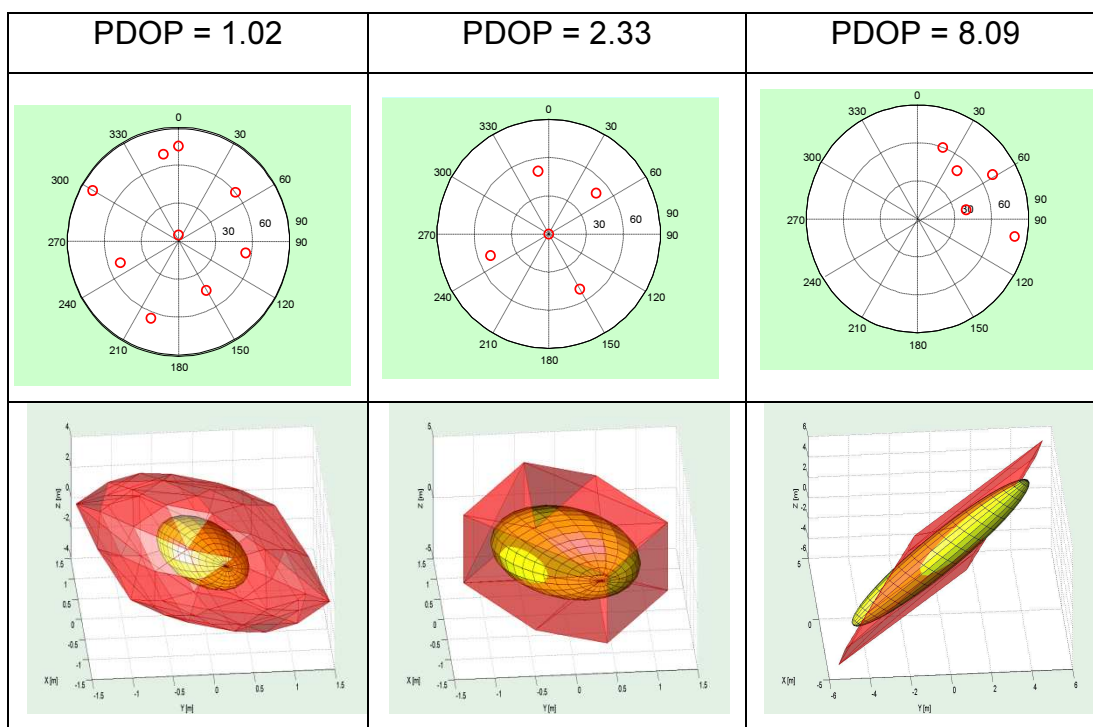
Formuła (13) oznacza, że warunkiem koniecznym otrzymania poprawnego rozwiązania jest to, aby pozycja przybliżona znalazła się wewnątrz pewnego obszaru otaczającego pozycję prawdziwą. Kształt figury obejmującej ten obszar zależy od konfiguracji geometrycznej satelitów, natomiast jej wielkość zależy od długości fali sygnału Φ , a więc wartości λ . Figura ta jest komórką Woronoja (Voronoi Cell), w przestrzeni, której wymiar jest równy wymiarowi wektora nieoznaczoności. W przedstawionym wyżej artykule zaproponowałem sposób przeprowadzenia graficznej analizy spełnienia warunku koniecznego dla danej konfiguracji geometrycznej satelitów i danej kombinacji liniowej obserwacji fazowych. Analizy obejmowały poszczególne etapy wyrównania kaskadowego przy różnych przypadkach konfiguracji geometrycznych satelitów, w tym skrajnie niekorzystnych z punktu widzenia wyznaczenia pozycji. W artykule zostało wykazane, że warunek konieczny jest spełniony, jeśli elipsoida błędów pozycji przybliżonej zawiera się całkowicie w Komórce Woronoja pozycji prawdziwej. Początkową pozycją przybliżoną w wyrównaniu kaskadowym jest pozycja uzyskana z obserwacji kodowych a dla danego etapu wyrównania kaskadowego pozycja przybliżona jest pozycją wyznaczoną w poprzednim etapie. W celu porównania elipsoidy błędów z Komórką Woronoja należy określić parametry elipsoidy błędów oraz wyznaczyć kształt i wielkość Komórki Woronoja w tym samym układzie, w którym jest elipsoida błędów.

Parametry elipsoidy błędów określa się na podstawie macierzy kowariancji współrzędnych punktu. Macierz ta jest wynikiem procesu wyrównania. Zaproponowany w artykule proces wyznaczenia Komórki Woronoja składa się z następujących etapów:

- 1) wyznaczenie zbioru punktów brzegowych Komórki Woronoja dla pozycji prawdziwej w przestrzeni n -wymiarowej, gdzie n jest liczbą nieoznaczoności,
- 2) transformacja wyznaczonego zbioru punktów brzegowych z n -wymiarowej przestrzeni nieoznaczoności do 3-wymiarowej przestrzeni współrzędnych, w której została określona elipsoida błędów,
- 3) aproksymacja Komórki Woronoja otoczką wypukłą (convex hull).

Otoczka wypukła jest najmniejszą powierzchnią obejmującą wszystkie punkty z danego zbioru. Graficzne zestawienie otoczki wypukłej aproksymującej Komórkę Woronoja pozycji prawdziwej z elipsoidą błędów pozycji przybliżonej pozwala na sprawdzenie spełnienia warunku koniecznego. Wyniki analiz wskazują, że najbardziej krytycznym etapem jest pierwszy etap wyrównania kaskadowego (zbiór obserwacyjny składający się z kombinacji $KL_{-3,4}$, a pozycja przybliżona wyznaczona na podstawie obserwacji kodowych). Na rys. 2 przedstawiona jest ilustracja fragmentu opisanego w artykule analizy spełnienia warunku koniecznego. Fragment ten dotyczy najbardziej krytycznych przypadków (pierwszy etap wyrównania kaskadowego). Czerwona figura jest otoczką wypukłą aproksymującą Komórkę Woronoja dla pozycji prawdziwej przy zbiorze obserwacyjnym składającym się z kombinacji $KL_{-3,4}$, natomiast figura żółta jest elipsoidą błędów dla pozycji przybliżonej wyznaczonej z obserwacji kodowych. Na podstawie rysunku można stwierdzić, że dla optymalnej konfiguracji geometrycznej satelitów ($PDOP=1.02$) elipsoida błędów pozycji przybliżonej zawiera się całkowicie w Komórce Woronoja. Warunek konieczny jest więc w tym przypadku spełniony. Dla przypadku małej liczby równomiernie rozłożonych satelitów ($PDOP=2.33$) mała część elipsoidy błędów znajduje się na zewnątrz Komórki Woronoja (jaśniejsza część z lewej strony środkowego wykresu). Warunek konieczny nie jest w tym przypadku zapewniony. Dla przypadku najmniej korzystnej konfiguracji satelitów, która była rozpatrywana w analizach ($PDOP=8.09$), duża część elipsoidy błędów znajduje się na zewnątrz Komórki Woronoja. W tym przypadku warunek konieczny też nie jest zapewniony. W artykule został zaproponowany sposób na zapewnienie warunku koniecznego w obu ostatnich przypadkach przy

zastosowaniu kombinacji liniowych wykorzystujących nowe sygnały GPS.



Rys. 2. Graficzna analiza spełnienia warunku koniecznego w pierwszym etapie wyrównania kaskadowego dla różnych konfiguracji geometrycznych satelitów

Przedstawione w tym podrozdziale badania będą w przyszłości kontynuowane w celu znalezienia warunku koniecznego i wystarczającego dla otrzymania poprawnego rozwiązania metodą MAFA oraz opracowania nowej metody weryfikacji poprawności otrzymanych wyników.

Na obecnym etapie weryfikacja poprawności wyników otrzymanych metodą MAFA opiera się na testach statystycznych oraz analizie wielkości poprawek wyrównawczych. Podstawowe założenia metody weryfikacji poprawności wyników opracowania metodą MAFA oraz wyniki testów przedstawione są w artykule [2]. W artykule tym oprócz podstaw metody MAFA została opisana metoda weryfikacji poprawności jej wyników oparta na teście zgodności dla współczynnika wariancji oraz analizie poprawek wyrównawczych. Przeprowadzone w ramach tego etapu badań testy obejmowały 240 jednogodzinnych (6-epokowych) sesji obserwacyjnych. Wyniki opracowania tych sesji były porównywane z wynikami opracowania 10-godzinnej sesji przy pomocy programu Bernese (Dach, 2007). Analiza wyników wskazała na dobre rozpoznanie błędnych rozwiązań przez procedurę weryfikacyjną.

4.3.5. Dekorelacja całkowitoliczbowa jako sposób zwiększenia efektywności metody MAFA

Artykuł [3] zawiera propozycję optymalizacji metody MAFA przez zastosowanie dekorrelacji całkowitoliczbowej równań obserwacyjnych. Przekształcenie równania (2) w postać równania (3) wykonywane jest niezależnie dla każdego równania obserwacyjnego. Jednakże w przypadku występowania korelacji między nieoznaczonościami (a w przypadku opracowania podwójnie zróżnicowanych obserwacji fazowych taka sytuacja ma miejsce) przypisanie przy pomocy funkcji *round* wartości nieoznaczoności w jednym równaniu ma wpływ na wartości nieoznaczoności w pozostałych równaniach. Stosując formułę równania (3) należy, więc koniecznie uwzględnić korelacje występujące między nieoznaczonościami. Zadanie to jest dość kłopotliwe. Innym sposobem rozwiązania tego problemu jest przekształcenie układu równań (3) do równoważnego układu równań, ale z zdekorelowanymi (niezależnymi) nieoznaczonościami. Ten sposób został zastosowany do optymalizacji metody MAFA. Przekształcenie układu równań (3) do równoważnego układu równań z niezależnymi nieoznaczonościami można wykonać przy pomocy znanej z metody LAMBDA całkowitoliczbowej macierzy transformującej spełniającej następującą zależność:

$$\mathbf{Q}_{Nz} = \mathbf{Z}\mathbf{Q}_N\mathbf{Z}^T \quad (14)$$

gdzie:

\mathbf{Q}_N - pełna macierz kowariancji nieoznaczoności

\mathbf{Q}_{Nz} - diagonalna macierz kowariancji nieoznaczoności

\mathbf{Z} - całkowitoliczbowa macierz transformująca

Z uwagi na pewne ograniczenia dotyczące macierzy \mathbf{Z} (całkowitoliczbowość), macierz \mathbf{Q}_{Nz} nie jest w pełni diagonalna, ale jej elementy poza główną przekątną są w znacznym stopniu zmniejszone, (co do wartości bezwzględnej) w stosunku do elementów poza główną przekątną w macierzy \mathbf{Q}_N . W ostatnim czasie powstało wiele publikacji na temat dekorrelacji całkowitoliczbowej (Chang et al., 2005; Glenn and Svedensen, 2006; Liu et al., 1999, Xu, 2001). W wyniku zastosowania tej procedury otrzymujemy macierz \mathbf{Z} , którą możemy wykorzystać do optymalizacji metody MAFA. Po przedmonowaniu obu stron układu równań (2) przez macierz \mathbf{Z} otrzymujemy równoważny układ równań z niezależnymi (zdekorelowanymi) nieoznaczonościami:

$$\Phi_z + \mathbf{v}_z - \frac{1}{\lambda} \rho_z(\mathbf{X}_c) = \mathbf{N}_z. \quad (15)$$

Niezależność elementów wektora N_z wynika z formuły (14), która jest efektem zastosowania prawa propagacji wariancji dla zależności:

$$\mathbf{N}_z = \mathbf{Z}\mathbf{N}. \quad (16)$$

Wektor N_z , otrzymany w wyniku mnożenia całkowitoliczbowej macierzy transformującej Z przez całkowitoliczbowy wektor nieoznaczoności N również jest wektorem całkowitoliczbowym. Układ równań (15) może, więc być zamiast równania (2), podstawą do wyprowadzenia modelu funkcjonalnego zadania wyrównawczego dla metody MAFA wg formuł opisanych w podrozdziale 2.3.2. W artykule [3] przedstawione są wyniki analiz porównawczych rozwiązań uzyskanych przy użyciu metody MAFA dla dwóch wariantów, w których wyjściowymi równaniami obserwacyjnymi były odpowiednio równanie (2) oraz (15). Porównywanym wskaźnikiem był czas potrzebny do uzyskania poprawnego i stabilnego rozwiązania. Wyniki analiz wskazują na znaczące zwiększenie efektywności metody MAFA przy zastosowaniu dekorelacji całkowitoliczbowej.

Tematem artykułu [4], jest również procedura dekorelacji całkowitoliczbowej. W tym przypadku procedura ta została wykorzystana przy jednoepokowych wyznaczeniach precyzyjnych pozycji metodą MAFA. Każde rozwiązanie było otrzymywane niezależnie od innych, na podstawie danych pochodzących tylko z pojedynczej epoki obserwacyjnej. Wyniki testów potwierdziły wysoką efektywność metody. Ponad 80% uzyskanych w opisany wyżej sposób rozwiązań było poprawnych. Przy wyznaczeniach jednoepokowych poważnym problemem w stosowaniu procedury dekorelacji całkowitoliczbowej jest przygotowanie macierzy kowariancji nieoznaczoności oznaczonej w formule (14) symbolem Q_N . Ten problem jest głównym tematem artykułu [7]. Podstawą wyznaczenia macierzy kowariancji nieoznaczoności Q_N , na której opiera się procedura dekorelacji całkowitoliczbowej jest zlinearyzowana postać układu równań (2):

$$\mathbf{V} = \mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{B}\mathbf{N} - \mathbf{L}, \quad (17)$$

gdzie:

\mathbf{B} – macierz modelu funkcjonalnego nieoznaczoności

\mathbf{L} – wyraz wolny (obserwacja minus wartość przybliżona)

\mathbf{A} , \mathbf{X} , \mathbf{V} – macierze opisane w modelu (6).

Macierz kowariancji wektora niewiadomych $\mathbf{X}_\Omega = [\mathbf{X}, \mathbf{N}]^T$, może być przedstawiona w postaci następującej macierzy blokowej:

$$C_{x_{\Omega}} = \begin{bmatrix} A^T P A & A^T P B \\ B^T P A & B^T P B \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} P_{XX} & P_{XN} \\ P_{NX} & P_{NN} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} Q_X & Q_{XN} \\ Q_{NX} & Q_N \end{bmatrix}, \quad (18)$$

gdzie:

$$\begin{aligned} Q_N &= [P_{NN} - P_{NX} P_{XX}^{-1} P_{XN}]^{-1} \\ Q_X &= P_{XX}^{-1} + P_{XX}^{-1} P_{XN} Q_{NN} P_{NX} P_{XX}^{-1} \\ Q_{XN} &= -P_{XX}^{-1} P_{XN} Q_{NN} \\ Q_{NX} &= Q_{XN}^T \end{aligned}$$

Macierz Q_N jest macierzą kowariancji nieoznaczoności, która na podstawie oznaczeń przyjętych w formule (18) może być przedstawiona w następującej postaci:

$$Q_N = [B^T P B - B^T P A (A^T P A)^{-1} A^T P B]^{-1}. \quad (19)$$

W przypadku jednej epoki obserwacyjnej B jest macierzą jednostkową. Stąd na podstawie (19) macierz kowariancji nieoznaczoności otrzymywana jest, jako odwrotność następującej macierzy:

$$P_{NNa} = P - P A (A^T P A)^{-1} A^T P. \quad (20)$$

Jednakże macierz P_{NNa} nie jest dodatnio określona i nie można policzyć jej odwrotności. W artykule została zaproponowana modyfikacja formuły (20). Polega ona na wprowadzeniu dodatkowego współczynnika k, który zapewnia dodatnią określoność odwracanej macierzy:

$$Q_N = [P - k P A (A^T P A)^{-1} A^T P]^{-1}. \quad (21)$$

W artykule została opisana interpretacja współczynnika k. Współczynnik ten symuluje wystąpienie dodatkowej grupy obserwacji, której model nie zawiera nieoznaczoności. Symulacja ta, więc nie powoduje zniekształcenia wartości nieoznaczoności otrzymywanych w procedurze dekorelacji całkowitoliczbowej, a jedynie umożliwia wyznaczenie niezbędnego w tej procedurze, estymatora macierzy kowariancji nieoznaczoności wg formuły (21). W artykule została zaproponowana optymalna wartość dla współczynnika k. Zaprezentowano tam wyniki testów opracowań metodą LAMBDA, w których macierz kowariancji nieoznaczoności wyznaczono dwoma sposobami. Pierwszy sposób opierał się na formule (21) z

zaproponowaną w artykule wartością współczynnika k , a w drugim sposobie macierz Q_N została wyznaczona w oparciu o założenie, że jednoepokowy zbiór obserwacji składa się z obserwacji fazowych oraz kodowych. Zaprezentowane tam wyniki testów wskazują na przewagę rozwiązań z wyznaczeniem macierzy Q_N wg pierwszego sposobu tj. z wykorzystaniem formuły (21) z zaproponowaną w artykule wartością współczynnika k .

4.3.6. Procedura poszukiwawcza

Tematem artykułu [8] jest kolejna procedura w znaczący sposób optymalizująca działanie metody MAFA. Procedura ta pozwala na uzyskanie poprawnego rozwiązania, nawet w przypadku, gdy zdefiniowany w podrozdziale 2.3.4 warunek konieczny nie jest spełniony. W przypadku, gdy ten warunek nie jest spełniony równanie (3) zostaje przekształcone do postaci:

$$\Phi + v - \frac{1}{\lambda} \rho(X_c) = \text{round}(\Phi - \frac{1}{\lambda} \rho) + N_c, \quad (22)$$

gdzie N_c jest niezerową liczbą całkowitą (w artykule przyjęto inny symbol dla nieoznaczoności). Równanie (22) jest też prawdziwe dla przypadku, gdy warunek konieczny jest spełniony. Wtedy N_c przyjmuje wartość zerową. Podstawowy pomysł procedury polega na poszukiwaniu wartości N_c , które minimalizują funkcję celu (7) metody NK. W przypadku układu równań obserwacyjnych poszukiwany jest całkowitoliczbowy wektor N_c . Na podstawie testów stwierdzono, że jeśli w procesie obliczeniowym stosowane są procedury wyrównania kaskadowego oraz dekorelacji całkowitoliczbowej to obszar poszukiwań w procedurze poszukiwawczej może być ograniczony do zbioru wszystkich wektorów, których elementami są wyłącznie następujące liczby: -1, 0 oraz 1. Założenie to zostało przyjęte jedynie w celu zmniejszenia liczby obliczeń, ponieważ w algorytmie nie ma ograniczeń dotyczących wielkości obszaru poszukiwań. W artykule zaproponowano rekurencyjną formułę pozwalającą na utworzenie macierzy, której kolumny są testowanymi wektorami:

$$E_1 = [-1 \ 0 \ 1]$$

$$E_n = \begin{bmatrix} E_1 \otimes \mathbf{1}_{1 \times 3^{n-1}} \\ \mathbf{1}_{1 \times 3} \otimes E_{n-1} \end{bmatrix}, \quad (23)$$

gdzie:

$\mathbf{1}_{1 \times k}$ – k -elementowy wektor wierszowy, składający się z jedynek

- ⊗ – symbol iloczynu Kronekera
n – liczba nieoznaczoności

Liczba kolumn takiej macierzy, równa liczebności zbioru testowanych wektorów wynosi 3^n (n-wyrazowa wariacja z powtórzeniami 3-elementowego zbioru). W pracy przedstawiono wyniki testów ilustrujących działanie procedury poszukiwawczej, wykonanych w oparciu o rzeczywiste dane obserwacyjne. Wyniki te potwierdzają przydatność procedury poszukiwawczej. Procedura ta oprócz tego, że umożliwia uzyskanie poprawnych wyników dla przypadków, w których pozycja przybliżona jest wyznaczona z małą dokładnością, to także pozwala na skrócenie procedury wyrównania kaskadowego. Na podstawie analizy wyników ustalono ostatecznie, że przy stosowaniu procedury poszukiwawczej wyrównanie kaskadowe może być skrócone do dwóch etapów. W pierwszym etapie zbiór obserwacyjny składa się z $KL_{1,-1}$, a w drugim etapie z obserwacji L_1 . Można zrezygnować więc z etapu wyrównania zbioru obserwacyjnego składającego się z $KL_{-3,4}$.

4.3.7. Podsumowanie

Przedstawiony w podrozdziale 2.1 monotematyczny cykl artykułów zawiera opis nowej strategii opracowania obserwacji fazowych GNSS, dla celów wyznaczenia precyzyjnej pozycji w czasie rzeczywistym. Strategia ta opiera się na zaproponowanej przez autora, odmiennej od dotychczas stosowanych metodzie estymacji całkowitoliczbowej. W kolejnych artykułach cyklu przedstawiono podstawy nowej strategii, analizę jej własności oraz metody optymalizujące jej działanie. W podrozdziale 2.3.1 jako główną zaletę metody wymieniono jej odporność na efekt „cycle slips”. Istotnym atutem metody jest także jej „elegancja matematyczna”. Wprowadzenie do modelu funkcjonalnego zadania wyrównawczego odpowiednich warunków i przeprowadzenie wyrównania w oparciu o taki model wydaje się postępowaniem bardziej naturalnym z punktu widzenia rachunku wyrównawczego w porównaniu z klasycznym, trój etapowym procesem estymacji całkowitoliczbowej.

Z uwagi na to, że będąca przedmiotem monotematycznego cyklu artykułów, opracowana przeze mnie nowa strategia opracowania obserwacji GNSS stanowi szczegółowo przeanalizowaną i przetestowaną alternatywę dla dotychczas stosowanych podejść w tym

zakresie, zdecydowałem się przedstawić opisany cykl artykułów, jako mój wkład naukowy w rozwój dyscypliny naukowej oraz podstawę do ubiegania się o tytuł doktora habilitowanego.

4.3.8. Bibliografia

(nie obejmuje pozycji włączonych do jednotematycznego cyklu publikacji)

Baran W. (1999) *Teoretyczne podstawy opracowania wyników pomiarów geodezyjnych*. PWN Warszawa

Chang X-W, Yang X, Zhou T. (2005) *MLAMBDA: a modified LAMBDA method for integer least-squares estimation*, *Journal of Geodesy* 79, 552-565.

Cocard M., Bourgon S. Kamali O., Collins P. (2008) A systematic investigation of optimal carrier-phase combinations for modernized triple-frequency GPS", *Journal of Geodesy* vol. 82, 555-564.

Dach R, Hugentobler U, Fridez P, Meindl M (2007) *BERNESE GPS Software Version 5.0*. Astronomical Institute, University of Berne.

Glenn J., Svedensen G. 2006. Some properties of decorrelation techniques in the ambiguity space *GPS Solution* vol. 10, 40-44.

Hofmann-Wellenhof B, Lichtenegger H, Wasle E. (2008) *GNSS-Global Navigation Satellite Systems - GPS, GLONASS, Galileo & more*. Springer-Verlag Wien.

Han S, Rizos C. (1996) Improving the computational efficiency of the ambiguity function algorithm. *Journal of Geodesy* 70, 330-341.

Ji S., Chen W., Ding X., Chen Y., Zhao C., Hu C., (2010) Ambiguity validation with combined ratio test and ellipsoidal integer aperture estimator *Journal of Geodesy* 84:597–604

Jonge P. de., Tiberius Ch. (1996) The LAMBDA method for integer ambiguity estimation: implementation aspects *Delft Geodetic Computing Centre LGR Series*.

Jung J. and Enge P. (2000) Optimization of Cascade Integer Resolution with Three Civil GPS Frequencies *In Proc. ION GPS'2000*, Salt Lake City, September

Leick A. (2004) *GPS Satellite Surveying*. 3rd edition, John Wiley and Sons, Inc.

Liu L.T., Hsu H.T., Zhu Y.Z., Ou J.K. (1999) A new approach to GPS ambiguity decorrelation *Journal of Geodesy* vol. 73, 478-490.

Nelder A., Mead R., *A simplex method for function minimization*, Computer Journal 7, 1965, s. 308-313.

Teunissen P J G. (1995) The least-squares ambiguity decorrelation adjustment: a method for fast GPS integer ambiguity estimation Journal of Geodesy 70, 65-82.

Teunissen P J G, and Kleusberg A. (1998) *GPS for Geodesy*, Springer — Verlag, Berlin Heidelberg New York.

Teunissen P J G. *An Optimality Property of the Integer Least Squares Estimator* J Geod 73, 1999, s. 587-593

Urquhart, L. (2009) An Analysis of Multi-Frequency Carrier Phase Linear Combinations for GNSS. *Senior technical report, Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report No. 263*, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada.

Verhagen S. (2004), Integer ambiguity validation: an open problem? *GPS Solutions, vol 8, Issue 1*, pp 36-43

Wiśniewski (2005) *Rachunek Wyrównawczy w Geodezji (z przykładami)*. Wydawnictwo UWM w Olsztynie

Xu PL (2001) Random simulation and GPS decorrelation. *Journal of Geodesy* 75:408–423

4.3.9 Wkład w rozwój dyscypliny poszczególnych pozycji przedstawionego cyklu publikacji oraz udział procentowy wnioskodawcy w jej przygotowaniu

[1] Cellmer S., Wielgosz P., Rzepecka Z., (2010), *Modified Ambiguity Function Approach for GPS Carrier-phase Positioning*, Journal of Geodesy vol. 84, pp. 264-275.

W artykule przedstawiono podstawy nowej, odmiennej od dotychczas stosowanych, strategii opracowania obserwacji fazowych GNSS. Wyprowadzono formuły określające postać zadania wyrównawczego. Zaproponowano wyrównanie kaskadowe, jako procedurę zwiększającą efektywność procesu obliczeniowego. Przedstawiono przykład liczbowy ilustrujący działanie metody. Mój udział procentowy w przygotowaniu artykułu to 65%.

[2] Cellmer S., (2011a), *Actual problems in modern geodesy – Instant precise positioning using MAFA method* (rozdz. w monografii) pp.13-21

W opracowaniu został przedstawiony algorytm metody MAFA uwzględniający procedurę weryfikacji poprawności otrzymanych wyników. Zaproponowana w artykule procedura opiera się na testach statystycznych oraz analizie poprawek. Wyniki przeprowadzonych testów potwierdziły skuteczność procedury w identyfikacji rozwiązań błędnych. Mój udział procentowy w przygotowaniu artykułu to 100%.

[3] Cellmer S., (2011b), *Using the Integer Decorrelation Procedure to increase of the efficiency of the MAFA Method*, Artificial Satellites, Vol. 46, No. 3 pp.103-110

Tematem artykułu jest procedura dekorelacji całkowitoliczbowej, która w znacznym stopniu zwiększa efektywność metody MAFA. Przedstawiono uzasadnienie konieczności wprowadzenia tej procedury do procesu obliczeniowego, jej podstawy teoretyczne oraz przykłady ilustrujące jej działanie. Przedstawiono wyniki testów, w których porównano wyniki obliczeń z wykorzystaniem procedury dekorelacji całkowitoliczbowej z wynikami obliczeń bez wykorzystania tej procedury. Wskaźnikiem porównawczym był czas potrzebny do uzyskania poprawnego i stabilnego rozwiązania. Wyniki tych analiz wskazują na istotne zwiększenie efektywności metody, gdy w algorytmie wykorzystano procedurę dekorelacji całkowitoliczbowej. Mój udział procentowy w przygotowaniu artykułu to 100%.

[4] Cellmer S., (2011c), *The real time precise positioning using MAFA method*, The 8th International Conference Environmental Engineering, selected papers, vol. III, Vilnius, pp.1310-1314

W artykule przedstawiono wyniki testów wyznaczania precyzyjnych pozycji metodą MAFA z zastosowaniem procedury dekorelacji całkowitoliczbowej, na podstawie obserwacji pochodzących z pojedynczych epok obserwacyjnych. W przypadkach wyznaczeń jednoepokowych istotnym problemem jest określenie postaci macierzy kowariancji nieoznaczoności, która jest podstawą do przeprowadzenia procedury dekorelacji całkowitoliczbowej. Przy wykorzystaniu jedynie obserwacji fazowych z jednej epoki obserwacyjnej, macierz ta nie jest dodatnio określona. W takim przypadku przeprowadzenie dekorelacji całkowitoliczbowej nie jest możliwe. W artykule przedstawiono propozycję rozwiązania tego problemu poprzez odpowiednią modyfikację postaci macierzy kowariancji nieoznaczoności. Mój udział procentowy w przygotowaniu artykułu to 100%.

[5] Cellmer S., (2012a), *A Graphic Representation of the Necessary Condition for the MAFA Method*. Transactions on Geoscience and Remote Sensing vol. 50 Issue 2, pp. 482 – 488.

W artykule został zdefiniowany warunek konieczny do uzyskania poprawnego rozwiązania metodą MAFA. Oprócz formuły matematycznej warunku koniecznego przedstawiono jego interpretację geometryczną. Przeprowadzono graficzne analizy spełnienia tego warunku dla różnych przypadków konfiguracji geometrycznej satelitów, w tym, przypadków skrajnych z punktu widzenia wiarygodności wyznaczenia pozycji. Mój udział procentowy w przygotowaniu artykułu to 100%.

[6] Cellmer S., (2012b), *Wykorzystanie funkcji nieoznaczoności pomiaru fazowego do wyznaczania precyzyjnej pozycji w czasie rzeczywistym*, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska Nr 283, z. 59 (1/12/II) 2012 str. 61-69

W artykule przedstawiono proces obliczeniowy opracowania obserwacji fazowych metodą MAFA bez konieczności linearyzacji równań obserwacyjnych. Do poszukiwania rozwiązania wykorzystano metodę Sympleksu Nelder-Meada. Metoda ta pozwala na optymalizację wielowymiarowej, nieliniowej funkcji celu bez konieczności jej linearyzacji. Przedstawiono algorytm procesu obliczeniowego oraz wyniki testów obliczeniowych wykonanych na podstawie rzeczywistych danych obserwacyjnych. Mój udział procentowy w przygotowaniu artykułu to 100%.

[7] Cellmer S., (2012c), *On-the-fly ambiguity resolution using an estimator of the modified ambiguity covariance matrix for the GNSS positioning model based on phase data*, Artificial Satellites, Vol. 47 No. 3 pp. 81-90.

W artykule poddano szczegółowej analizie problem, którego zarys został przedstawiony w pracy [4]. Problem ten dotyczy określenia postaci macierzy kowariancji nieoznaczoności dla przypadków bardzo krótkich sesji obserwacyjnych lub w skrajnych przypadkach dla wyznaczeń z pojedynczych epok obserwacyjnych. W tym opracowaniu macierz kowariancji nieoznaczoności była podstawą do poszukiwania całkowitych nieoznaczoności metodą LAMBDA. Propozycja rozwiązania problemu zapewnienia dodatniej określoności macierzy kowariancji nieoznaczoności polegała na pewnej modyfikacji jej postaci. W artykule wykazano, że zastosowany sposób modyfikacji tej macierzy nie ma wpływu na wartości wyznaczanych nieoznaczoności. Analizowany w tym artykule problem został zilustrowany wynikami testów obliczeniowych z zastosowaniem metody LAMBDA. Problem ten ma jednak charakter bardziej ogólny, nieograniczający się tylko do zagadnień związanych ze stosowaniem metody LAMBDA. Dotyczy on wszystkich zagadnień, w których stosowana jest procedura dekorelacji całkowitoliczbowej, a więc także metody MAFA. Dlatego artykuł ten został włączony do cyklu monotematycznych publikacji. Mój udział procentowy w przygotowaniu artykułu to 100%.

[8] Cellmer S., (2013a), *Search procedure for improving Modified Ambiguity Function Approach*, Survey Review (zaakceptowany 12 marca 2013)

W artykule opisano procedurę poszukiwawczą, która umożliwia uzyskanie poprawnego rozwiązania metodą MAFA, nawet w przypadkach, gdy przybliżona pozycja jest znacznie oddalona od pozycji prawdziwej. Pomysł metody opiera się na uzupełnieniu równania obserwacyjnego o dodatkowy, nieznaną, całkowitoliczbowy parametr, a następnie poszukiwaniu takiej wartości tego parametru, która minimalizuje funkcję celu. W artykule został zaproponowany sposób generowania macierzy, której kolumny stanowią zbiór całkowitoliczbowych wektorów, określających obszar poszukiwań rozwiązania przez procedurę poszukiwawczą. Przedstawiono przykład liczbowy ilustrujący działanie procedury oraz wyniki testów wskazujących na wysoką efektywność metody MAFA z wykorzystaniem procedury poszukiwawczej. Mój udział procentowy w przygotowaniu artykułu to 100%.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Pozostałe osiągnięcia naukowo badawcze związane z tematyką pracy habilitacyjnej

Badania nad metodą MAFA są kontynuowane. Efektem ostatnich prac jest artykuł:

Cellmer S., Paziewski J., Wielgosz P. (2013b) *Fast and precise positioning using MAFA method and new GPS and Galileo signals*, Acta Geodynamica et Geomaterialia, v. 10, No. 3(171), 2013.

Artykuł ten został zaakceptowany do publikacji w Acta Geodynamica et Geomaterialia (**czasopismo z Listy Filadelfijskiej, IF 0.530**) dn. 12 marca 2013r. Tematem tego artykułu są wyniki testów zastosowania metody MAFA do jednoepokowych wyznaczeń pozycji na podstawie nowych sygnałów GPS i Galileo. Dane obserwacyjne do testów zostały wygenerowane przez symulator sygnałów w centrum badawczym Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESTEC/ESA). Wygenerowane sygnały GPS (L1 i L5) oraz Galileo (E1 i E5a) pozwoliły na utworzenie nowych kombinacji liniowych o długości fali 0.751 m. Wyniki testów potwierdziły skuteczność metody. Uzyskano wysoki odsetek poprawnych rozwiązań. Analiza wyników wskazała na potrzebę udoskonalenia procedury weryfikacji poprawności rozwiązań uzyskiwanych metodą MAFA. Problem ten będzie przedmiotem moich badań w najbliższej przyszłości. Należy zaznaczyć, że obecnie prowadzone są intensywne badania nad tym problemem także w odniesieniu do klasycznych metod precyzyjnego pozycjonowania opartych na rozwiązaniu nieoznaczoności (Verhagen, 2004, Ji et al., 2010) – Bibliografia, podrozdział 4.3.8.

Na konferencji: *European Geosciences Union General Assembly 2013 Vienna, Austria, 07 – 12 April 2013* została przedstawiona prezentacja posterowa: *Search procedure in MAFA-UWM method in the case of many ambiguities*, autorów: Cellmer S., Rapiński J., Rzepecka Z., Paziewski J., Wielgosz P. Tematem tej prezentacji była propozycja modyfikacji procedury poszukiwawczej, która może być stosowana w przypadku dużej liczby satelitów. Algorytm zaproponowanej modyfikacji pozwala na znaczące skrócenie obliczeń.

5.2 Krótki komentarz do prac badawczych spoza tematyki dotyczącej monotematycznego cyklu publikacji

(cytowania odnoszą się do wykazu publikacji z załącznika „wykaz pozostałych publikacji”)

Równoległe z badaniami dotyczącymi metody MAFA biorę udział w pracach badawczych dotyczących innych zagadnień, do których należą między innymi:

- tradycyjne algorytmy opracowania danych GNSS
- opracowanie prototypu pseudosatelity oraz zagadnienia związane z wykorzystaniem jego sygnałów w precyzyjnym pozycjonowaniu

W ramach prac z pierwszej grupy wymienionych wyżej zagadnień zaproponowałem własne sposoby wyznaczania nieoznaczoności opisane w publikacjach [10] i [12] z „wykazu pozostałych publikacji”. Inna moja autorska propozycja, (wykorzystana także w metodzie MAFA), jest związana z modyfikacją macierzy kowariancji nieoznaczoności dla celów optymalizacji procedury dekorelacji całkowitoliczbowej, będącej podstawą metody LAMBDA. Problem ten został opisany w siódmym artykule z jednotematycznego cyklu publikacji. Aktywnie uczestniczyłem również w pracach badawczych dotyczących eliminacji wpływu troposfery w opracowaniu sygnałów GNSS. Efektem tych prac, prowadzonych pod kierownictwem prof. Pawła Wielgosza z UWM we współpracy z prof. Dorotą Grejner-Brzezińską z Ohio University jest artykuł [15], opublikowany w piśmie *Measurement Science and Technology* (**czasopismo z Listy Filadelfijskiej, IF=1.494**)

Druga grupa z wymienionych wyżej zagadnień dotyczy prac związanych z realizacją wymienionych w rozdziale 5.5 projektów badawczych: *Koncepcja wykorzystania zintegrowanego systemu monitoringu obiektów mostowych z wykorzystaniem techniki GPS i pseudolitów* oraz *Opracowanie algorytmów, prototypu oraz geodezyjne testy naziemnego nadajnika sygnałów GNSS*, w których byłem wykonawcą. Prace przeprowadzone przy realizacji tych projektów dotyczyły wstępnych analiz dokładnościowych, opisanych w artykułach [2] i [5], analizy wyników testów obliczeniowych przedstawionych w artykułach [6],[7] i [8], badań dotyczących postaci matematycznego modelu wyrównania z wykorzystaniem obserwacji od pseudosatelity, przedstawionych w pracach [9] i [14], opracowania metod dostosowania depezy nawigacyjnej do procesu obliczeniowego z wykorzystaniem obserwacji od pseudosatelity (artykuł [17]-**czasopismo z Listy Filadelfijskiej, IF=0.613**), problemów związanych z budową prototypu pseudosatelity (artykuł [18]) oraz wyników testów sygnałów prototypowego pseudosatelity, opisanych w artykule [19]. Wyniki tych prac były także przedstawiane na licznych konferencjach krajowych i międzynarodowych.

5.3 Wskaźniki

Sumaryczny Impact Factor (JCR): 8.223
Sumaryczny 5-letni Impact Factor (JCR): 8.194

ISI Web of KnowledgeSM

Journal Citation Reports[®]

2011 JCR Science Edition

Marked Journal List

Sorted by: 5-Year Impact Factor

Journals 1 - 6 (of 6)

Ranking is based on your journal and sort selections.

Mark	Rank	Abbreviated Journal Title (linked to journal information)	ISSN	JCR Data (j)					Eigenfactor [®] Metrics (j)		
				2011 Total Cites	Impact Factor	5-Year Impact Factor	Immediacy Index	2011 Items	Cited Half-life	Eigenfactor [®] Score	Article Influence [®] Score
<input checked="" type="checkbox"/>	1	IEEE T GEOSCI REMOTE	0196-2892	16126	2.895	3.298	0.490	420	7.8	0.02871	0.859
<input checked="" type="checkbox"/>	2	J SEDIMENT	0049-7714	1413	3.414	3.244	0.662	68	4.1	0.00117	0.847
<input checked="" type="checkbox"/>	3	MEAS SCI TECHNOL	0957-0233	7745	1.494	1.561	0.275	461	6.3	0.02272	0.535
<input checked="" type="checkbox"/>	4	J NAVIGATION	0373-4633	387	0.613	0.770	0.123	65	6.7	0.00085	0.217
<input checked="" type="checkbox"/>	5	SURV JEN	0039-6265	143	0.277	0.319	0.100	60	7.2	0.00132	0.105
<input checked="" type="checkbox"/>	6	ACTA GEODYN GEOMATER	1214-9705	109	0.530		0.025	40	3.5	0.00030	

Journals 1 - 6 (of 6)

Ranking is based on your journal and sort selections.

Acceptable Use Policy
Copyright © 2013 Thomson Reuters

THOMSON REUTERS
Published by Thomson Reuters

liczba cytowań (WoS): 5
indeks Hirscha (WoS): 1

Record 1 of 6**Title:** Modified GPS/Pseudolite Navigation Message**Author(s):** Rapinski, J (Rapinski, Jacek); Cellmer, S (Cellmer, Slawomir); Rzepecka, Z (Rzepecka, Zofia)**Source:** JOURNAL OF NAVIGATION **Volume:** 65 **Issue:** 4 **Pages:** 711-716 **DOI:** 10.1017/S0373463312000124 **Published:** OCT 2012**Times Cited in Web of Science:** 0**Total Times Cited:** 0**Cited Reference Count:** 7

Abstract: One of the issues regarding integrated GPS/pseudolite measurements is how to deliver a pseudolite's position to a receiver or to post-processing software and how to manage it. This paper presents a proposed solution to this problem. The standard navigation message is modified in such way that without changing receivers (or post-processing software), the calculated position of a transmitter is fixed at a pseudolite's known position. The formulae for modification of standard Ephemeris Data are also derived. This algorithm can be implemented in a transmitter's firmware or a navigation data file can be modified for post-processing.

Accession Number: WOS:000308715300009**Language:** English**Document Type:** Article**Author Keywords:** Pseudolites; Navigation Message; Ephemeris Data**Addresses:** [Rapinski, Jacek; Cellmer, Slawomir; Rzepecka, Zofia] Univ Warmia & Mazury, Olsztyn, Poland**Reprint Address:** Rapinski, J (reprint author), Univ Warmia & Mazury, Olsztyn, Poland.**E-mail Address:** jacek.rapinski@gmail.com**Publisher:** CAMBRIDGE UNIV PRESS**Publisher Address:** 32 AVENUE OF THE AMERICAS, NEW YORK, NY 10013-2473 USA**Web of Science Categories:** Engineering, Marine; Oceanography**Research Areas:** Engineering; Oceanography**IDS Number:** 004XR**ISSN:** 0373-4633**29-char Source Abbrev.:** J NAVIGATION**ISO Source Abbrev.:** J. Navig.**Source Item Page Count:** 6

Record 2 of 6

Title: A Graphic Representation of the Necessary Condition for the MAFA Method

Author(s): Cellmer, S (Cellmer, Slawomir)

Source: IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING **Volume:** 50 **Issue:** 2 **Pages:** 482-488 **DOI:** 10.1109/TGRS.2011.2161321 **Published:** FEB 2012

Times Cited in Web of Science: 0

Total Times Cited: 0

Cited Reference Count: 15

Abstract: The modified ambiguity function approach (MAFA) is one of the integer least square estimation methods. Although it is a simple and efficient method, it has a significant limitation. This limitation is formulated and analyzed in this paper. A graphical representation of the necessary condition for the MAFA method is presented by plots of Voronoi cells and error ellipsoids, along with a detailed procedure for constructing these plots. It is shown that the necessary condition for the MAFA method is not satisfied in some cases. To overcome this problem, a solution is presented in the final section of this paper.

Accession Number: WOS:000299432900016

Language: English

Document Type: Article

Author Keywords: Data processing; error analysis; geodesy; Global Positioning System (GPS); mean-square-error methods

KeyWords Plus: GPS

Addresses: Univ Warmia & Mazury, Fac Geodesy & Land Management, PL-10720 Olsztyn, Poland

Reprint Address: Cellmer, S (reprint author), Univ Warmia & Mazury, Fac Geodesy & Land Management, PL-10720 Olsztyn, Poland.

Publisher: IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC

Publisher Address: 445 HOES LANE, PISCATAWAY, NJ 08855-4141 USA

Web of Science Categories: Geochemistry & Geophysics; Engineering, Electrical & Electronic; Remote Sensing

Research Areas: Geochemistry & Geophysics; Engineering; Remote Sensing

IDS Number: 880UJ

ISSN: 0196-2892

29-char Source Abbrev.: IEEE T GEOSCI REMOTE

ISO Source Abbrev.: IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing

Source Item Page Count: 7

Funding:

Funding Agency	Grant Number
Polish Ministry of Science and Higher Education	N N526 191937

This work was supported by the Polish Ministry of Science and Higher Education under Grant N N526 191937.

Record 3 of 6

Title: Troposphere modeling for precise GPS rapid static positioning in mountainous areas

Author(s): Wielgosz, P (Wielgosz, P.); Cellmer, S (Cellmer, S.); Rzepecka, Z (Rzepecka, Z.); Paziewski, J (Paziewski, J.); Grejner-Brzezinska, DA (Grejner-Brzezinska, D. A.)

Source: MEASUREMENT SCIENCE & TECHNOLOGY **Volume:** 22 **Issue:** 4 **Article Number:** 045101 **DOI:** 10.1088/0957-0233/22/4/045101 **Published:** APR 2011

Times Cited in Web of Science: 0

Total Times Cited: 0

Cited Reference Count: 19

Abstract: In global navigation satellite system precise positioning, double differencing of the observations is the common approach that allows for significant reduction of correlated atmospheric effects. However, with growing distance between the receivers, tropospheric errors decorrelate causing large residual errors affecting the carrier phase ambiguity resolution and positioning quality. This is especially true in the case of height differences between the receivers. In addition, the accuracy achieved by using standard atmosphere models is usually unsatisfactory when the tropospheric conditions at the receiver locations are significantly different from the standard atmosphere. This paper presents an evaluation of three different approaches to troposphere modeling: (a) neglecting the troposphere, (b) using a standard atmosphere model, and (c) estimating tropospheric delays at the reference station network and providing interpolated tropospheric corrections to the user. All these solutions were repeated with various constraints imposed on the tropospheric delays in the least-squares adjustment. The quality of each solution was evaluated by analyzing the residual height errors calculated by comparing the estimated results to the reference coordinates. Several permanent GPS stations of the EUPOS (European Position Determination System) active geodetic network located in the Carpathian Mountains were selected as a test reference network. The distances between the reference stations ranged from 64 to 122 km. KRAW station served as a simulated user receiver located inside the reference network. The user receiver ellipsoidal height is 267 m and the reference station heights range from 277 to 647 m. The results show that regardless of station height differences, it is recommended to model the tropospheric delays at the reference stations and interpolate them to the user receiver location. The most noticeable influence of the residual (unmodeled) tropospheric errors is observed in the station height component. In many

cases, mismodeling of the troposphere disrupts ambiguity resolution and, therefore, prevents the user from obtaining an accurate position.

Accession Number: WOS:000288454500002

Language: English

Document Type: Article

Author Keywords: precise positioning; troposphere delay modeling; GPS

KeyWords Plus: AMBIGUITY RESOLUTION; NETWORK

Addresses: [Wielgosz, P.; Cellmer, S.; Rzepecka, Z.; Paziewski, J.] Univ Warmia & Mazury Olsztyn, Olsztyn, Poland

[Grejner-Brzezinska, D. A.] Ohio State Univ, Columbus, OH 43210 USA

Reprint Address: Wielgosz, P (reprint author), Univ Warmia & Mazury Olsztyn, Oczapowskiego 2, Olsztyn, Poland.

E-mail Address: pawel.wielgosz@uwm.edu.pl

Publisher: IOP PUBLISHING LTD

Publisher Address: DIRAC HOUSE, TEMPLE BACK, BRISTOL BS1 6BE, ENGLAND

Web of Science Categories: Engineering, Multidisciplinary; Instruments & Instrumentation

Research Areas: Engineering; Instruments & Instrumentation

IDS Number: 735XR

ISSN: 0957-0233

29-char Source Abbrev.: MEAS SCI TECHNOL

ISO Source Abbrev.: Meas. Sci. Technol.

Source Item Page Count: 9

Funding:

Funding Agency	Grant Number
ESA	c98094
Polish Ministry of Science and Higher Education	N526 191937

This research was partially supported by ESA PECS project no c98094 and grant N526 191937 from the Polish Ministry of Science and Higher Education.

Record 4 of 6

Title: Modified ambiguity function approach for GPS carrier phase positioning

Author(s): Cellmer, S (Cellmer, Slawomir); Wielgosz, P (Wielgosz, Pawel); Rzepecka, Z (Rzepecka, Zofia)

Source: JOURNAL OF GEODESY **Volume:** 84 **Issue:** 4 **Pages:** 267-275 **DOI:** 10.1007/s00190-009-0364-8 **Published:** APR 2010

Times Cited in Web of Science: 3

Total Times Cited: 3

Cited Reference Count: 14

Abstract: This paper presents a new strategy for GPS carrier phase data processing. The classic approach generally consists of three steps: a float

solution, a search for integer ambiguities, and a fixed solution. The new approach is based on certain properties of ambiguity function method and ensures the condition of integer ambiguities without the necessity of the additional step of the integer search. The ambiguities are not computed explicitly, although the condition of "integerness" of the ambiguities is ensured in the results through the least squares adjustment with condition equations in the functional model. An appropriate function for the condition equations is proposed and presented. The presented methodology, modified ambiguity function approach, currently uses a cascade adjustment with successive linear combinations of L1 and L2 carrier phase observations to ensure a correct solution. This paper presents the new methodology and compares it to the three-stage classic approach which includes ambiguity search. A numerical example is provided for 25 km baseline surveyed with dual-frequency receivers. All tests were performed using an in-house developed GINPOS software and it has been shown that the positioning results from both approaches are equivalent. It has also been proved that the new approach is robust to adverse effects of cycle slips. In our opinion, the proposed approach may be successfully used for carrier phase GPS data processing in geodetic applications.

Accession Number: WOS:000275440800005

Language: English

Document Type: Article

Author Keywords: GPS; MAFA; GINPOS software; Carrier phase positioning; Cascade adjustment

Addresses: [Cellmer, Slawomir; Wielgosz, Pawel; Rzepecka, Zofia] Univ Warmia & Mazury Olsztyn, Olsztyn, Poland

Reprint Address: Cellmer, S (reprint author), Univ Warmia & Mazury Olsztyn, Olsztyn, Poland.

E-mail Address: slawomir.cellmer@uwm.edu.pl

Publisher: SPRINGER

Publisher Address: 233 SPRING ST, NEW YORK, NY 10013 USA

Web of Science Categories: Geochemistry & Geophysics; Remote Sensing

Research Areas: Geochemistry & Geophysics; Remote Sensing

IDS Number: 567IR

ISSN: 0949-7714

29-char Source Abbrev.: J GEODESY

ISO Source Abbrev.: J. Geodesy

Source Item Page Count: 9

Record 5 of 6

Title: Integer least squares adjustment with condition equations

Author(s): Cellmer, S (Cellmer, Slawomir)

Editor(s): Cygas D; Froehner KD

Source: 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ENVIRONMENTAL ENGINEERING, VOLS 1-3 **Pages:** 1281-1283 **Published:** 2008

Times Cited in Web of Science: 0

Total Times Cited: 0

Cited Reference Count: 6

Abstract: A strategy for integer ambiguity estimation is proposed. This approach contains adjustment model with observation equations and integer constraints. In proposed method of data processing the stage of search procedure is necessary. The way of improving computational efficiency of such procedure is described.

Accession Number: WOS:000257946100194

Language: English

Document Type: Proceedings Paper

Conference Title: 7th International Conference on Environmental Engineering

Conference Date: MAY 22-23, 2008

Conference Location: Vilnius, LITHUANIA

Conference Sponsors: Vilnius Gediminas Tech Univ, Lithuanian Acad Sci, Federat European Heating & Air Conditioning Assoc, Int Federat Surveyors, Balt Rd Assoc, Int Assoc Public Transport`, Int Acad Ecol & Life Protect Sci, Lithuanian Water Suppliers Assoc

Author Keywords: integer least square estimation; ambiguity function method

Publisher: VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIV PRESS, TECHNIKA

Publisher Address: SAULETEKIO A1. 11, VILNIUS-40, LT-10233, LITHUANIA

Web of Science Categories: Engineering, Environmental

Research Areas: Engineering

IDS Number: BIA68

ISBN: 978-9955-28-263-1

Source Item Page Count: 3

Book Chapter Count: 234

Record 6 of 6

Title: Common adjustment of GPS baselines with classical measurements

Author(s): Cellmer, S (Cellmer, Slawomir); Rzepecka, Z (Rzepecka, Zofia)

Editor(s): Cygas D; Froehner KD

Source: 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ENVIRONMENTAL ENGINEERING, VOLS 1-3 **Pages:** 1284-1287 **Published:** 2008

Times Cited in Web of Science: 0

Total Times Cited: 0

Cited Reference Count: 8

Abstract: In the paper the main stages of common adjustment of different types of observations are presented. The most important problems are reduction of all observations to one coordinate system and proper standardization different groups of observations. The derived methodology

was applied to elaboration of geodetic control network for bridge over Vistula river construction.

Accession Number: WOS:000257946100195

Language: English

Document Type: Proceedings Paper

Conference Title: 7th International Conference on Environmental Engineering

Conference Date: MAY 22-23, 2008

Conference Location: Vilnius, LITHUANIA

Conference Sponsors: Vilnius Gediminas Tech Univ, Lithuanian Acad Sci, Federat European Heating & Air Conditioning Assoc, Int Federat Surveyors, Balt Rd Assoc, Int Assoc Public Transport`, Int Acad Ecol & Life Protect Sci, Lithuanian Water Suppliers Assoc

Author Keywords: engineering surveys; adjustment problem; variances components

Publisher: VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIV PRESS, TECHNIKA

Publisher Address: SAULETEKIO A1. 11, VILNIUS-40, LT-10233, LITHUANIA

Web of Science Categories: Engineering, Environmental

Research Areas: Engineering

IDS Number: BIA68

ISBN: 978-9955-28-263-1

Source Item Page Count: 4

Book Chapter Count: 234

Web of Knowledge

[Back to Results](#)

Page 1 (Records 1 -- 6)

[Print This Page](#)

◀ [1] ▶

© 2012 [Thomson Reuters](#) | [Terms of Use](#) | [Privacy Policy](#) | Please give us your [feedback](#) on using Web of Knowledge.

5.4 Udział w naukowych projektach badawczych

Kierownik projektu badawczego 8 T12E 001 21 *Wyznaczenie przemieszczeń przestrzennych na podstawie obserwacji GPS z zastosowaniem estymacji mocnej*, (2001- 2002)

Wykonawca w projekcie badawczym 4 T12E 004 26 *Koncepcja wykorzystania zintegrowanego systemu monitoringu obiektów mostowych z wykorzystaniem techniki GPS i pseudolitów*, (2004 – 2006)

Kierownik projektu badawczego N N526 191937 *Nowa strategia opracowania obserwacji fazowych GNSS* (2009-2011)

Wykonawca w projekcie badawczym ESA: *Methodology for Precise Instantaneous GNSS Positioning* (2009-2011)

Wykonawca w projekcie badawczym N N526 229139 *Opracowanie algorytmów, prototypu oraz geodezyjne testy naziemnego nadajnika sygnałów GNSS*, (2010-2013)

5.5 Aktywne uczestnictwo w krajowych lub międzynarodowych konferencjach tematycznych

[1] XVIII Jesienna Szkoła Geodezji na temat: Aktualne Problemy Geodezyjne w Inżynierii i Katastrze Nieruchomości, Polanica Zdrój, 26-27.09.2002. *Cellmer S., Zastosowanie estymacji mocnej w procesie wyznaczania przemieszczeń przestrzennych – prezentacja ustna*

[2] VII Naukowo-techniczna konferencja „Aktualne problemy Geodezji Inżynierskiej”, Warszawa, 31.03-1.04.2005. *Cellmer S., Wspólne wyrównanie różnorodnych grup obserwacji dla celów analizy deformacji mostu przez Wisłę koło Torunia – prezentacja ustna*

[3] VII Naukowo-techniczna konferencja „Aktualne problemy Geodezji Inżynierskiej”, Warszawa, 31.03-1.04.2005. *Rzepecka Z., Wasilewski A., Cellmer S., Integracja GPS i pseudolitów –wpływ na wyznaczenie wektora – prezentacja ustna*

[4] Joint 12th FIG International Symposium on Deformation Measurements and Analysis/3rd IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, Baden, Austria, May 2006 *Rzepecka Z., Wasilewski A., Cellmer S., Rapiński J., 2006, Integration of GPS and Pseudolites – Effect on Height Determination Accuracy – prezentacja ustna w języku angielskim*

- [5] Joint 12th FIG International Symposium on Deformation Measurements and Analysis/3rd IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, Baden, Austria, May 2006
Cellmer S., Rapiński J., Rzepecka Z., 2006, *Preliminary test of GPS + PL positioning algorithm for engineering geodesy* – prezentacja posterowa
- [6] XX Jubileuszowa Jesienna Szkoła Geodezji imienia Jacka Rejmana "Współczesne Metody Pozyskiwania i Modelowania Geodanych", Polanica Zdrój, 16-18.09.2007. Cellmer S., Rapiński J., *Numeryczny sposób wyznaczania całkowitych wartości nieoznaczoności pomiaru fazowego* – prezentacja posterowa
- [7] XX Jubileuszowa Jesienna Szkoła Geodezji imienia Jacka Rejmana "Współczesne Metody Pozyskiwania i Modelowania Geodanych", Polanica Zdrój, 16-18.09.2007. Cellmer S., Rapiński J. *Badanie możliwości pozycjonowania z ruchomym pseudo-satelitą* – prezentacja posterowa
- [8] VIII Naukowo-techniczna konferencja „Aktualne problemy Geodezji Inżynierskiej”, Warszawa-Białobrzegi, 30-31.03.2007. Rzepecka Z., Wasilewski A., Cellmer S., Rapiński J., 2007, *Różnice w matematycznych modelach równań obserwacyjnych obserwacji GPS i pseudolitów* – prezentacja ustna
- [9] 7th International Conference Environmental Engineering, Vilnius, 22-23.05.2008. Cellmer S. *Integer Least Squares Adjustment with condition equation* – prezentacja ustna w języku angielskim.
- [10] 7th International Conference Environmental Engineering, Vilnius, 22-23.05.2008. Cellmer S. *Common adjustment of GPS baselines with classical measurements*- prezentacja posterowa
- [11] Konferencja Komisji Geodezji Satelitarnej KBKiS PAN „Satelitarne metody wyznaczania pozycji we współczesnej geodezji i nawigacji”, Warszawa 20-21.11.2008. Cellmer S., Wielgosz P., Rzepecka Z. *Eliminacja wpływu troposfery w pomiarach GPS wykonywanych w krótkich sesjach obserwacyjnych* – prezentacja ustna
- [12] IX Naukowo-techniczna konferencja „Aktualne problemy Geodezji Inżynierskiej”, Warszawa-Białobrzegi, 26-7.03.2007.
Cellmer S. - *Propozycja nowej strategii obliczeniowej w precyzyjnym pozycjonowaniu* – prezentacja ustna
- [13] IX Naukowo-techniczna konferencja „Aktualne problemy Geodezji Inżynierskiej”, Warszawa-Białobrzegi, 26-7.03.2007
Rapiński J., Cellmer S., Bednarczyk M., Kowalczyk K. *Measurement of Water Tower Deformation in Ciechanów*- prezentacja posterowa
- [14] XXI Jesienna Szkoła Geodezji im. Jacka Rejmana 1–3.10.2009 Polanica Zdrój. Cellmer S., Wielgosz P., Rzepecka Z. - *Algorytm*

precyzyjnego pozycjonowania z zastosowaniem funkcji nieoznaczoności pomiaru fazowego – prezentacja ustna

[15] Konferencja Komisji Geodezji Satelitarnej KBKiS PAN „Satelitarne metody wyznaczania pozycji we współczesnej geodezji i nawigacji”, Warszawa, 19-20.11.2009. *Cellmer S., Wielgosz P., Rzepecka Z. Precyzyjne pozycjonowanie z wykorzystaniem algorytmu MAFA – prezentacja ustna*

[16] EUREF 2009 Symposium 27-30.05.2009 Florence, Italy
Cellmer S., Wielgosz P. - GNSS carrier phase processing using Modified Ambiguity Function Approach – prezentacja posterowa

[17] FIG Congress 2010 Facing the Challenges – Building the Capacity Sydney, Australia, 11-16.04.2010. *Cellmer S., Wielgosz P., Rzepecka Z. - GNSS carrier phase processing using some properties of ambiguity function method – prezentacja ustna w języku angielskim*

[18] Konferencja Komisji Geodezji Satelitarnej KBKiS PAN „Satelitarne metody wyznaczania pozycji we współczesnej geodezji i nawigacji” 20-21.05.2010. Olsztyn. *Cellmer S. - Graficzna analiza warunku koniecznego dla stosowania metody MAFA – prezentacja posterowa*

[19] X Konferencja Naukowo-techniczna dedykowana pamięci prof. dr hab. Stanisława Pachuty „Aktualne problemy Geodezji Inżynierskiej”, Warszawa-Białobrzegi, 24-25.03.2011. *Cellmer S. - Graficzna interpretacja warunku koniecznego dla otrzymania poprawnego rozwiązania w metodzie MAFA – prezentacja posterowa*

[20] 8th International Conference “Environmental Engineering”, 19-20.05.2011. Vilnius, Lithuania. *Cellmer S. - The real time precise positioning using MAFA method – prezentacja ustna w języku angielskim*

[21] Konferencja Komisji Geodezji Satelitarnej KBKiS PAN „Satelitarne Metody Wyznaczania Pozycji We Współczesnej Geodezji I Nawigacji” 02-04.06.2011. Wrocław. *Cellmer S. - Zastosowanie dekorelacji całkowitoliczbowej do zwiększenia efektywności metody MAFA- prezentacja ustna*

[22] INGEO 2011 5th International Conference on Engineering Surveying Brijuni, Croatia 22-24.09.2011.
Cellmer S., Rapiński J., Rzepecka Z.-Pseudolites and their applications – prezentacja ustna w języku angielskim

[23] INGEO 2011 5th International Conference on Engineering Surveying Brijuni, Croatia 22-24.09.2011. *Rzepecka Z., Cellmer S., Rapiński J.- Investigation of viaduct movements during train pass using GPS technique– prezentacja ustna w języku angielskim*

[24] IV Konferencja Naukowo-Techniczna „Kartografia Numeryczna I Informatyka Geodezyjna”, Solina, 07-09.09.2011.
Cellmer S. - Wykorzystanie funkcji nieoznaczoności pomiaru fazowego

do wyznaczania precyzyjnej pozycji w czasie rzeczywistym –
prezentacja ustna

[25] Geodezyjna Konferencja Naukowo-Dydaktyczna
„EUROmatyka2012.pl”, Poznań-Puszczykowo, 31.05-2.06. 2012.
*Rapiński J., Cellmer S., Rzepecka Z. – Wstępne testy prototypu
pseudosatelity z wykorzystaniem odbiornika SX-NSR – prezentacja
ustna*

[26] Geodezyjna Konferencja Naukowo-Dydaktyczna
„EUROmatyka2012.pl”, Poznań-Puszczykowo, 31.05-2.06. 2012.
*Rzepecka Z., Cellmer S., Rapiński J. – Badanie wyników
pozycjonowania satelitarnego z wykorzystaniem wirtualnych stacji
referencyjnych – prezentacja ustna*

[27] Konferencja Komisji Geodezji Satelitarnej KBKiS PAN „Satelitarne
metody wyznaczania pozycji we współczesnej geodezji i nawigacji”
13-15 września 2012 Warszawa, S. Cellmer - *Algorytm metody MAFA*
– prezentacja ustna

[28] 13th Czech-Polish Workshop “On recent geodynamics of the
Sudeten and adjacent areas”, Wrocław, Poland, November 22-24,
2012., *Cellmer S., Paziewski J., Wielgosz P. - Fast and precise
positioning using MAFA method and new GPS and Galileo signals –*
prezentacja ustna

[29] XI Konferencja Naukowo-Techniczna „Aktualne problemy Geodezji
Inżynierskiej”, Warszawa-Serock 14.03.2013 – 16.03.2013.,
*Cellmer S., Rapiński J., Kowalczyk K., Janowski A., Bednarczyk M. -
Zadanie wpasowania łuku kołowego w zbiór pomierzonych punktów w
procesie regulacji osi torów kolejowych - prezentacja posterowa*

[30] European Geosciences Union General Assembly 2013 Vienna,
Austria, 07 – 12 April 2013., *Cellmer S, Rapiński J., Rzepecka Z.,
Wielgosz P., Paziewski J. - Search procedure in MAFA-UWM method
in the case of many ambiguities- prezentacja posterowa*

5.6 Recenzowanie publikacji w czasopismach naukowych

Recenzent następujących czasopism:

- IEEE Transactions of Geoscience and Remote Sensing (1 artykuł w 2010 r.)
- Survey Review (2 artykuły w 2009 r., 1 artykuł w 2010 r., 1 artykuł w 2011 r., 1 artykuł w 2012 r.)
- Journal of Surveying Engineering (1 artykuł w 2012 r.)
- Artificial Satellites (1 artykuł w 2013 r.)

5.7 Nagrody za działalność naukową i organizacyjną

[1] Nagroda zespołowa Rektora Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie III stopnia za osiągnięcia w dziedzinie organizacyjnej 1 października 2005 r.

[2] Nagroda indywidualna Rektora Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie II stopnia za osiągnięcia w dziedzinie naukowej 1 października 2011 r.

[3] Nagroda zespołowa Rektora Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie II stopnia za osiągnięcia w dziedzinie naukowej 2 lipca 2012r.

5.8 Osiągnięcia dydaktyczne

Przedmioty prowadzone w latach 1994-2012 na UWM w Olsztynie:

- Rachunek wyrównawczy (ćwiczenia, wykłady)
- Geodezja inżynierska (studia stacjonarne, studia niestacjonarne, ćwiczenia, wykłady, ćwiczenia terenowe)
- Zaawansowane Metody Opracowania Obserwacji (studia niestacjonarne drugiego stopnia-magisterskie, ćwiczenia, wykłady)
- Podstawy Geometrycznej Analizy Deformacji (studia niestacjonarne drugiego stopnia-magisterskie, ćwiczenia, wykłady)

Prace dyplomowe inżynierskie: 18

Prace magisterskie: 10

Recenzje prac dyplomowych: 22

5.9 Współpraca międzynarodowa

Kanada, University New Brunswick, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, dwumiesięczna wizyta naukowa, czerwiec-sierpień 2004.

Grecja, Patras University, Department of Civil Engineering, Laboratory of Geodesy and Geodetic Applications, miesięczna wizyta naukowa, wrzesień 2006.

5.10 Członkostwo w organizacjach naukowych i zawodowych

Członek Sekcji Geodezji Inżynierskiej Komitetu Geodezji PAN (zespół zastosowań GPS-RTK w Geodezji Inżynierskiej)

Członek Stowarzyszenia Geodetów Polskich

5.11 Szkolenia

Wykładowca na szkoleniach GUGiK dla Służby Geodezyjnej i Kartograficznej szczebla powiatowego dotyczących wykorzystania systemu ASG-EUPOS w pracach geodezyjnych i kartograficznych, Grudzień 2008.

Uczestnik szkoleń „Szkola komercjalizacji badań naukowych na UWM w Olsztynie” - Listopad 2010 r.

Uczestnik szkoleń w zakresie nowych metod geodezyjnych, które odbyło się w ramach Geodezyjnej Konferencji Naukowo-Dydaktycznej EUROmatyka2012.pl, Poznań-Puszczykowo 31.05–2.06.2012 r.

5.12 Stanowiska organizacyjne pełnione na uczelni

Koordynator wydziałowy punktacji ECTS na Wydziale Geodezji i Gospodarki Przestrzennej UWM w Olsztynie

Stawomir Cellmer