

AUTOMATYCZNY POSTPROCESSING W ASG-EUPOS

Firma Geotronics Sp. z o.o., jeden z głównych realizatorów projektu ASG-EUPOS, dała nam 6 miesięcy na napisanie oprogramowania. Oferta mobilizowała m.in. ze względów „sportowych”. Dotychczasowe programy użytkowe (komercyjne) do postprocessingu miały etykietę „z importu”, nie mówiąc już o postprocessingu automatycznym, który – w przeciwieństwie do metody RTK – nie jest za granicą powszechnie stosowany.

ROMAN KADAJ,
TOMASZ ŚWIĘTOŃ

Jakkolwiek finalny produkt został uruchomiony zgodnie z planem jesienią 2007 r. (szczegóły funkcjonalne w dokumentacji: Kadaj, Świętoń, 2007), to różnego rodzaju modyfikacje użytkowe realizowano do czerwca br., tj. do czasu pełnego uruchomienia systemu ASG-EUPOS. Wyjaśnijmy, że moduł automatycznego postprocessingu (w skrócie: APPS) jest podstawowym elementem serwisu POZGEO. Pozostałe serwisy Wielofunkcyjnego Systemu Precyzyjnego Pozycjonowania to NAWGIS, KODGIS, NAWGEO-RTK (oparte na oprogramowaniu Trimble) oraz POZGEO-D, który udostępnia oryginalne dane obserwacyjne ze stacji referencyjnych w formacie RINEX (tab. 1).

• DROGA DO CELU

Aby nie błądzić w labiryncie wiedzy, także na odcinku już poniekąd „przetartym”, przy tworzeniu elementów składowych APPS autorzy korzystali początkowo z konsultacji specjalistów: prof. Zofii

Rzepeckiej oraz dr. Pawła Wielgosza z UWM w Olsztynie, za co składają im serdeczne podziękowania. W ramach toczących się bieżących dyskusji (seminariów technicznych) uwzględniono również uwagi prof. Jarosława Bosego (koordynatora projektu z ramienia GUGiK) i prof. Mariusza Figurskiego (WAT), a także aktualne publikacje internetowe ze znanych światowych centrów badawczych i firm wykonawczych zajmujących się techniką GPS.

Na tle aktualnego stanu wiedzy z tego zakresu wymagania zamawiających były bardzo wygórowane, a przy tym kilkakrotnie modyfikowane. Dotyczyły w szczególności: elementów automatycznego przetwarzania wbudowanych w interfejsy użytkownika (strona WWW) i administratora, wykorzystania orbit precyzyjnych lub

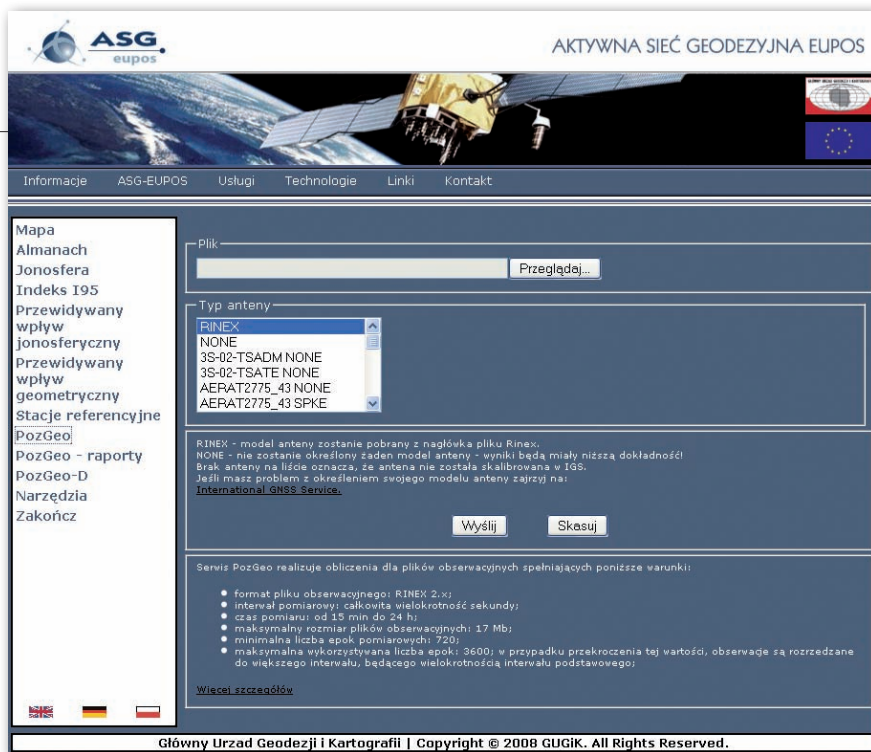
typu *broadcast*, stosowania absolutnych modeli anten, możliwości opracowania wektorów długich (nawet kilkusetkilometrych) z eliminacją wpływu jonosfery, a także możliwości równoczesnego opracowania maksymalnie całodobowych obserwacji, a to (co bardzo istotne) wymagało rozwinięcia koncepcji tzw. dynamicznego satelity referencyjnego.

Tradycyjne („książkowe”) algorytmy postprocessingu (zob. np. Leick, 2004; Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger and Collins, 2001) rozszerzono więc na przypadek zmiennego (dynamicznego) satelity referencyjnego. Natomiast w celu wyeliminowania wpływu jonosfery (dla wektorów długich) wykorzystano powszechnie już stosowaną tzw. *ionofree* kombinację częstotliwości L1/L2. Rozkład zniekształceń troposfery modelowano natomiast znaną w literaturze funkcją GMF (*Global Mapping Function*).

Istotną nowością w aplikacji APPS jest algorytm postprocessingu BETA oparty na specjalnym układzie typu *Schreiberna* potrójnych różnic faz (Kadaj, 2007). Z uwagi na zastosowanie potrójnych różnic faz algorytm eliminuje oczywiście niewiadome nieoznaczoności faz (*ambiguity*), ale

TAB.1. SERWISY ASG-EUPOS

Nazwa	Zakładany wypadkowy błąd średni [m]
Serwisy czasu rzeczywistego	
NAWGIS	1,0
KODGIS	0,25
NAWGEO	0,03 Hz; 0,06 V
Serwisy postprocessingu	
POZGEO	0,01 (L1/L2) 0,01-0,10 (L1)
POZGEO-D	-



Rys. 1. Strona pobierania danych serwisu POZGEO

najważniejszą jego cechą jest to, że dzięki zastosowanemu modelowi *Schreibera* sprowadza problem do układu pseudo-obszary o diagonalnej macierzy wagowej (ogólne twierdzenie dotyczące układu różnicowych obserwacji typu *Schreibera* sformułowane na seminarium Sekcji Sieci Geodezyjnych PAN: Kadaj, 2006). Cecha ta ma wymierne znaczenie praktyczne, gdyż wobec znacznej liczby pierwotnych pseudo-obszary zależnych tradycyjne algorytmy potrójnych różnic faz (*triple phase differences solution*) opierają się na różnych przybliżeniach modeli stochastycznych, zaś jako finalne (dokładne) przyjmuje się rozwiązanie z różnic podwójnych (*double phase differences solution*), a to z kolei wiąże się ze skomplikowaną i nie zawsze jednoznaczną procedurą identyfikacji dodatkowych niewiadomych – nieoznaczoności faz.

Finalnym etapem każdego zadania APPS jest wyrównanie siatki wektorów łączących 5-10 najbliższych stacji referencyjnych z punktem wyznaczonym oraz przeliczenie otrzymanych współrzędnych geocentrycznych do państwowych układów współrzędnych. W tym zakresie zastosowano procedury wewnętrzne zgodne z systemem GEONET (www.geonet.net.pl).

● NIECO WIĘCEJ ○ POŻYTKU Z POZGEO

Głównym zadaniem serwisu POZGEO jest przetwarzanie pomiarów statycznych poprzez wykonanie automatycznego postprocesingu z wykorzystaniem obserwacji użytkownika i obserwacji z wybranych (najbliższych) stacji referencyjnych, wy-

równanie siatki wektorów GPS oraz przeliczenie wyznaczonych współrzędnych do układów państwowych, w tym do systemu wysokości normalnych Kronsztad '86. Zakładana dokładność serwisu, mierzona wypadkowym błędem średnim współrzędnej, to 1 cm dla obserwacji wykonywanych odbiornikiem dwuczęstotliwościowym (przy minimum dwugodzinnym czasie obserwacji) i 1-10 cm – odbiornikiem jednoczęstotliwościowym (zależnie od długości wektorów). Spadek dokładności dla odbiorników jednoczęstotliwościowych dotyczy wektorów dłuższych niż 10 km i wynika głównie z niewyeliminowanego wpływu jonosfery. Dla odbiorników dwuczęstotliwościowych nie ma tego ograniczenia, ponieważ stosuje się kombinację częstotliwości L1 i L2 eliminującą wpływ refrakcji jonosferycznej. Odległości pomiędzy stacjami referencyjnymi wynoszą przeciętnie po kilkadziesiąt kilometrów, a więc w sensie dokładnościowym istotne staje się zalecenie, by użytkownik korzystał z odbiorników dwuczęstotliwościowych. Taki wymóg ma szczególną wagę przy stosowaniu POZGEO do wyznaczeń punktów osnów geodezyjnych. Należy podkreślić, że dokładność wyznaczenia pozycji w APPS zależy też istotnie od czasu trwania i warunków obserwacji.

W przypadku niepowodzenia obliczeń w trybie automatycznym administrator ma możliwość ingerencji i powtórnego, „ręcznego” wykonania obliczeń, dostosowując przy tym strategię obliczeniową do konkretnych danych pomiarowych. Obliczenia manualne są wykonywane przy wykorzystaniu oprogramowania TTC firmy Trimble.

Serwis dostępny jest dla użytkownika z poziomu strony WWW po zalogowaniu do systemu ASG-EUPOS. Danymi wejściowymi są pliki obserwacyjne RINEX w formacie 2.x. Moduł APPS ma charakter „czarnej skrzynki”, tzn. użytkownik nie ma możliwości ingerencji w sposób przeprowadzania obliczeń, a jedynie w postaci surowych danych pomiarowych w formacie RINEX. Jednorazowo możliwe jest wykonanie obliczeń tylko z jednej sesji pomiarowej na pojedynczym punkcie.

W skład serwisu wchodzi trzy podstawowe moduły:

- **Moduł automatyczny** – „serce” serwisu POZGEO, którego zadaniem jest wykonywanie automatycznego postprocesingu, wyrównania, i transformacji do państwowych układów współrzędnych.

- **Moduł użytkownika** – zrealizowany jako strona WWW, przez którą użytkownik ma bezpośredni dostęp do serwisu; umożliwia wprowadzanie plików obserwacyjnych i pobieranie raportów z obliczeń.

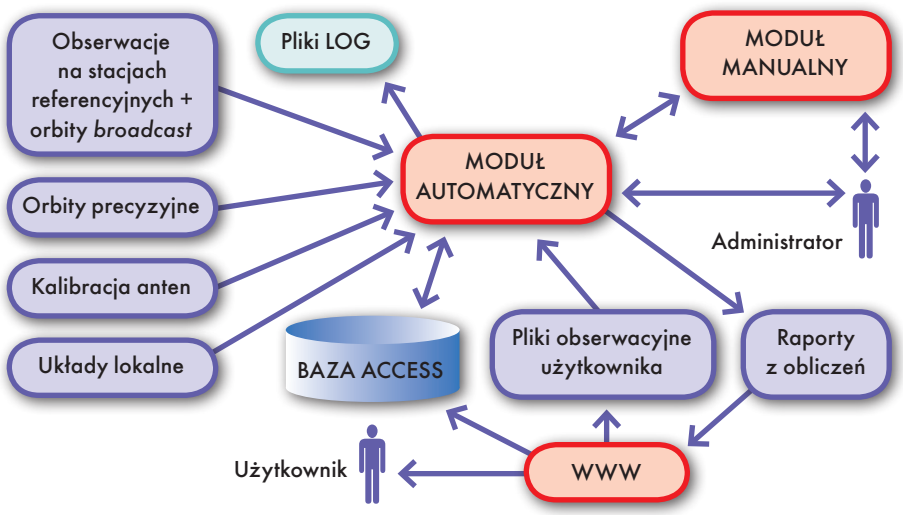
- **Moduł manualny** – pozwalający na bezpośrednią ingerencję administratora i „ręczne” wykonanie postprocesingu; zrealizowany z wykorzystaniem oprogramowania TTC firmy Trimble.

Obsługa samego serwisu przez użytkownika jest bardzo prosta. Korzystając ze strony WWW (rys. 1), ładuje wyniki swoich pomiarów w postaci plików RINEX. Dodatkowo określa model anteny wykorzystanej do pomiaru i ewentualnie układ lokalny, w jakim chce otrzymać wyniki. Układy lokalne nie są obecnie dostępne na serwerze, jednak oprogramowanie przewiduje taką możliwość i nie wyklucza się wprowadzenia ich w przyszłości. Po kliknięciu przycisku *Wyślij* plik jest przesyłany na serwer, wykonywane są obliczenia i zwracane raporty, które także można pobrać z odpowiedniej strony WWW.

Pewien kłopot może sprawić wybór anteny. Na stronie dostępna jest lista modeli anten, których nazwy są zgodne z formatem ANTEX. Zadaniem użytkownika jest określenie, jaki model anteny faktycznie posiada. Zamiast wskazania konkretnego modelu anteny możliwy jest wybór jednej z dwóch dodatkowych opcji:

- **NONE** – do obliczeń nie zostanie przyjęty żaden model anteny. Wskutek tego program „założy”, że centrum fazowe anteny jest tożsame z centrum geometrycznym (offset centrum fazowego będą wynosiły 0), a to sprawi, że wyniki będą obciążone błędem dochodzącym do kilkunastu centymetrów

RYS. 2. SCHEMAT PRZEPŁYwu DANYch W SERWISIE POZGEO



- RINEX – model anteny zostanie pobrany z nagłówka pliku RINEX. W przypadku, gdy model w pliku RINEX zostanie wskazany niepoprawnie lub niezgodnie z formatem ANTEX, wówczas automatycznie zostanie przyjęty model NONE

● JAKIE DANE OD KLIENTA?

Dane obserwacyjne muszą zostać przesłane w formie pliku tekstowego RINEX w wersji 2.x. Oprócz zgodności ze specyfikacją plik spełniać ma następujące warunki:

- **Nagłówek** pliku musi zawierać wszystkie pola określone w specyfikacji jako obowiązkowe. Szczególną uwagę należy zwrócić na:

- **Wysokość anteny** – standard RINEX wymaga określenia wysokości do spodu anteny (*bottom surface of antenna*). W praktyce najczęściej wysokość anteny mierzy się do zewnętrznej krawędzi – należy zwrócić uwagę, czy wysokość została wprowadzona poprawnie (zgodnie ze standardem).

- **Model anteny** – zgodny z ANTEX (istotne, jeśli przy ładowaniu pliku wybrano model anteny RINEX; w pozostałych przypadkach zawartość pola jest bez znaczenia).

- **Interwał** – nie jest polem obowiązkowym według specyfikacji, ale zaleca się jego stosowanie. Musi on być wielokrotnością interwału rejestrowanego na stacjach referencyjnych (1 sekunda). Stąd interwał poprawny to np.: 5 s, a niepoprawny: 4,9999 s. W przypadku braku pola *INTERVAL* program próbuje sam określić interwał na podstawie obserwacji, obliczając medianę z odstępów pomiędzy poszczególnymi epokami.

- **Observacje** wymagane do obliczeń:

- Minimum: pseudoodległości z kodu C/A i obserwacje fazowe na częstotliwości L1.

- Zalecane: pseudoodległości z kodu P i obserwacje fazowe na częstotliwości L1 i L2.

Dodatkowo sam pomiar musi spełniać pewne kryteria:

- **czas pomiaru** – minimum 30 minut, maksimum 24 godziny, zalecany 40 minut i więcej;

- **liczba epok** – min. 720, maks. zalecane 3600 (system obliczy plik o większej liczbie epok, ale zostanie „rozrzedzony”; część epok będzie pominięta);

- **maksymalny rozmiar pliku** 17 MB;
- **nazwa pliku** – dowolna, nie musi być zgodna ze specyfikacją RINEX; brak możliwości obliczenia pliku o tej samej nazwie jednego dnia.

● CO W RAPORCIE DLA KLIENTA?

Ostateczny raport dla użytkownika zawiera:

- ogólne informacje o obliczonym pliku RINEX (czas pomiaru, wersja pliku, model anteny zapisany w pliku itp.),

- model anteny faktycznie przyjęty do obliczeń,

- informacje o wykorzystanej orbicie (*broadcast, rapid, precise*),

- wyniki ostateczne w postaci współrzędnych kartezjańskich XYZ i współrzędnych płaskich w układach 1965, 2000, UTM, 1992,

- błędy średnie współrzędnych,

- wysokość elipsoidalną, undulację i wysokość normalną.

Należy przy tym pamiętać, że wyniki w układzie 1965 wyliczane są na podstawie transformacji „empirycznej”, co sprawia, że błędy współrzędnych będą zawsze większe niż w pozostałych układach. Podobnie z wartościami błędów wysokości normalnej, które zostają automatycznie zwiększone o błąd zastosowanego modelu geoidy niwelacyjnej. Zgodnie z zaleceniem GUGIK, model geoidy został przyjęty poprzez wielomianowe dopasowanie geoidy grawimetrycznej QUASI '97 (prof. Adama Łyszkowicza) w undulacje określone niezależnie na punktach sieci POLREF i sieci EUVN

przy założeniu, że wysokości elipsoidalne są wzięte w układzie ETRF '89.

Niezależnie od powyższego na centralnym serwerze dostępnym dla administratora tworzone są szczegółowe raporty obliczeń wraz z interpretacjami graficznymi. W szczególności są to: raporty dla każdego wykonywanego post-processingu z dwóch alternatywnych algorytmów (metoda BETA i algorytm podwójnych różnic faz), raporty wyrównań sieci, wykazy danych dla interpretacji graficznych.

● W SERWISIE POZGEO – OD ŚRODKA

Oprócz trzech podstawowych modułów systemu (automatycznego, manualnego i strony WWW) serwis POZGEO wykorzystuje kilka mniejszych podsystemów, zapewniających stały dostęp do danych na stacjach referencyjnych, orbit precyzyjnych (ściąganych automatycznie z odpowiednich serwerów), kalibracji anten itp. Na szczególną uwagę zasługuje baza danych stanowiąca element „spajający” i gromadząca wszystkie informacje dotyczące historii wykonywanych obliczeń, ostatecznych wyników i błędów obliczeń (rys. 2).

Obliczenia w systemie POZGEO wykonywane są w kilku krokach:

1. Użytkownik za pomocą strony WWW wprowadza plik obserwacyjny RINEX do systemu. Określa także model anteny, który ma zostać wykorzystany, i ewentualnie definiuje układ lokalny, w którym chce otrzymać wyniki.

2. Plik obserwacyjny zapisywany jest na twardym dysku i równocześnie wprowadzany jest stosowny zapis w bazie danych.

3. Moduł automatycznego postprocessingu skanuje bazę co pewien – określony w konfiguracji – czas w poszukiwaniu plików do przeliczenia.

4. Po znalezieniu pliku rozpoczyna się proces obliczeniowy, w trakcie którego program pobiera z serwera niezbędne dane:

- obserwacje ze stacji referencyjnych wraz z orbitami *broadcast*,

- informację o kalibracji anteny,

- orbity precyzyjne, jeśli są dostępne,

- definicje układu lokalnego, jeśli został wybrany przez użytkownika.

5. Przez cały czas działania programu informacja o wykonanych obliczeniach, skanowaniu bazy, błędach związanych z połączeniem i komunikacją z pozostałymi modułami programu itp. zapisywane są w plikach LOG.

RYS. 3. OBLICZENIA AUTOMATYCZNE W SYSTEMIE POZGEO

6. Po wykonanych obliczeniach raporty zapisywane są na twardym dysku. Równocześnie w bazie zapisywana jest informacja o zakończeniu obliczeń, ścieżki do raportów i informacja, czy obliczenia są poprawne.

7. W przypadku niepowodzenia obliczeń administrator może eksportować dane do modułu manualnego, wykonać obliczenia i wyniki zaimportować do programu APPS.

8. Po imporcie wyników obliczeń z modułu manualnego program tworzy raport dla użytkownika i poprawia stosowne wpisy w bazie.

9. Użytkownik pobiera raporty przy wykorzystaniu strony WWW.

• OBLICZENIA AUTOMATYCZNE

Pierwszym etapem obliczeń automatycznych (rys. 3) jest kontrola poprawności pliku RINEX pod względem formalnym. Program sprawdza, czy plik załadowany przez użytkownika jest zgodny ze specyfikacją, czy spełnia wymagania dotyczące czasu pomiaru, liczby epok itp. Następnie znajduje informację o offsetach centrum fazowego modelu anteny i poszukuje najdokładniejszych, dostępnych orbit (*rapid* lub *final*). Program identyfikuje 10 najbliższych stacji referencyjnych i próbuje obliczyć pozycję bezwzględną dla punktu wyznaczanego – *Single Point Position* (SPP). Podczas obliczenia SPP weryfikowana jest poprawność samych danych, wprowadzane są niezbędne poprawki do obserwacji, dobierane są satelity nadające się do wykorzystania.

Kolejnym etapem jest przeprowadzenie postprocessingu wektorów pomiędzy stacjami referencyjnymi a punktem wyznaczanym. Dla zapewnienia dodatkowej, wewnętrznej kontroli postprocessing przeprowadzany jest dwiema metodami – podwójnych różnic oraz metodą BETA, tj. kombinacją *Schreibera* różnic potrójnych, przy założeniu w każdym przypadku opcji dynamicznego satelity referencyjnego oraz dla wektorów długich – kombinacji częstotliwości L1, L2 wolnej od wpływu jonosfery. Program oblicza wektory, poczynając od najbliższej stacji referencyjnej, i liczy tak długo, aż uda mu się poprawnie obliczyć 6 wektorów spośród 10 najbliższych stacji. Dla eliminacji różnych możliwych defektów faz, zwłaszcza w otoczeniu tzw. *cycle slips*, stosuje się standardowo filtry numeryczne i estymację mocną z użyciem specjalnej hiperbolicznej funkcji celu (Kadaj, 1992).

Następnie program wyrównuje sieć składającą się z obliczonych wektorów,

niezależnie dla metody podwójnych różnic i metody BETA. Wyrównanie przeprowadzane jest w pierwszej kolejności dla 6 wektorów, jeśli jednak błąd położenia punktu przekracza zakładaną wartość, wówczas odrzuca się wektor, który otrzymał największe poprawki, a wyrównanie przeprowadzane jest ponownie tylko dla 5 wektorów (rys. 4). Identyfikacja 10 najbliższych stacji referencyjnych i liczenie tak długo, aż uda się poprawnie obliczyć 6 wektorów spośród 10 najbliższych stacji. Dla eliminacji różnych możliwych defektów faz, zwłaszcza w otoczeniu tzw. *cycle slips*, stosuje się standardowo filtry numeryczne i estymację mocną z użyciem specjalnej hiperbolicznej funkcji celu (Kadaj, 1992).

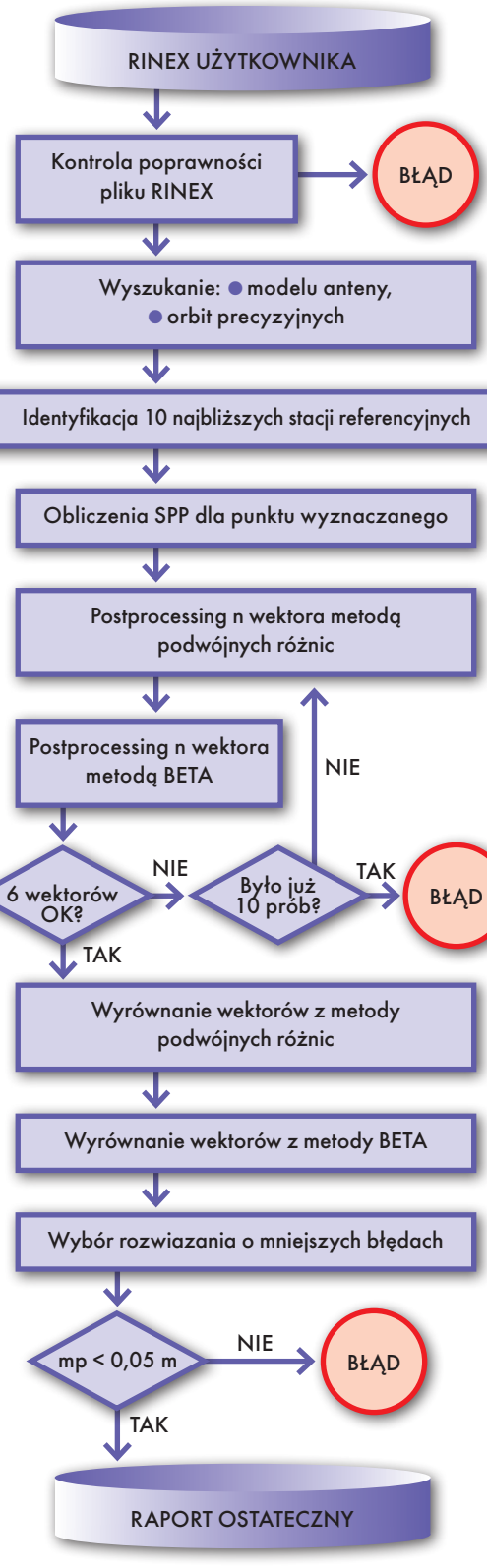
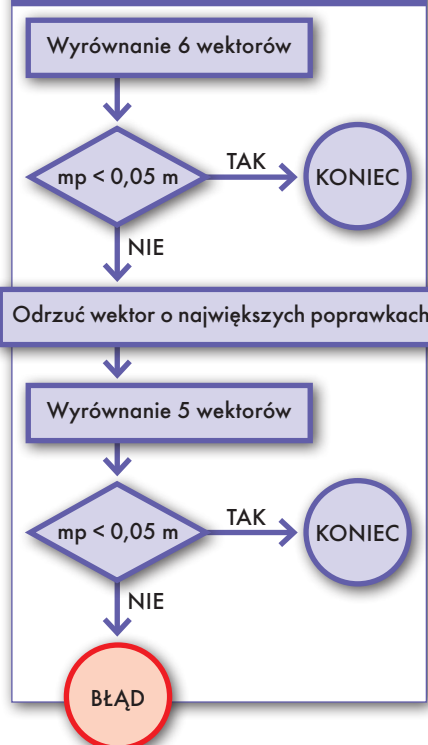
Ostatecznie wybierane jest rozwiązanie z mniejszym błędem położenia punktu. Jeśli błąd ten nie przekracza 5 cm, przyjmuje się, że obliczenia wykonane zostały poprawnie i ostateczny raport prezentowany jest użytkownikowi. W przeciwnym razie generowany jest komunikat błędu, a plik oczekuje na ingerencję administratora, który może zaakceptować wynik automatyczny lub spróbować wykonać obliczenia modułem manualnym z wykorzystaniem oprogramowania TTC.

Informacja o błędach wykonania może pojawić się na każdym etapie obliczeń, jednak użytkownik automatycznie informowany jest tylko o błędach „oczywistych” (np. o błędach formalnych pliku RINEX). Prezentacja użytkownikowi pozostałych błędów, wynikających np. z niskiej jakości danych wejściowych czy błędów wewnętrznych samego systemu, wymaga każdorazowej, ręcznej interwencji ze strony administratora.

• KRÓTKO O SERWISIE POZGEO-D

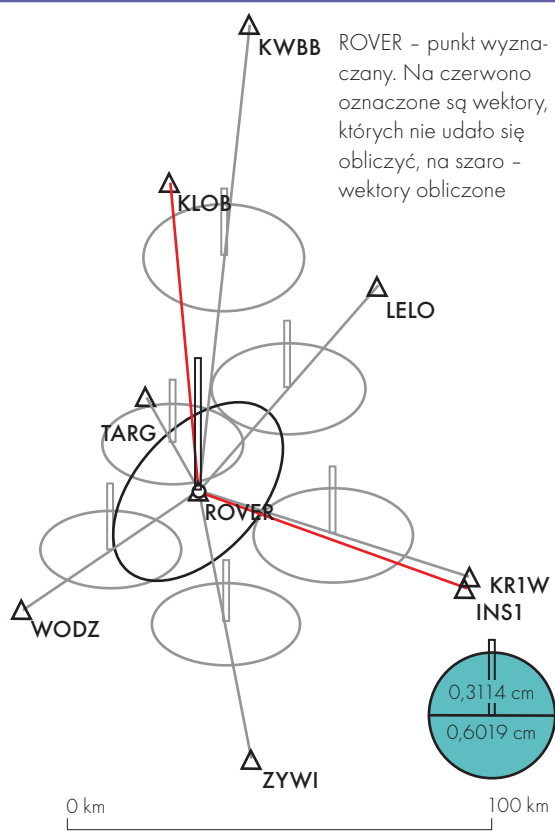
Alternatywą dla systemu automatycznego postprocessingu jest serwis POZGEO-D i wykonanie obliczeń samodzielnie przy

RYS. 4. WYRÓWNANIE WEKTORÓW



wykorzystaniu obserwacji ze stacji referencyjnych. POZGEO-D nie wykonuje żadnych obliczeń, a jedynie udostępnia obserwacje. Korzystając z zewnętrznego oprogramowania (obecnie również GEONET z modułem postprocessingu) użytkownik ma możliwość przetworzenia

RYS. 5. SZKIC OBLICZEŃ W APLIKACJI APPS



danych obserwacyjnych, obliczenia wektorów i wyrównania sieci.

Serwis dostępny jest z poziomu strony WWW, której obsługa nie nastęrcza specjalnych trudności. Po zalogowaniu do systemu ASG-EUPOS wystarczy wybrać stacje referencyjne i określić przedział czasu i interwał, jakiego potrzebujemy, a system wygeneruje odpowiednie pliki w formacie RINEX, które następnie możemy ściągnąć na swój dysk twardy i wykorzystać stosownie do potrzeb. Takie podejście do obliczeń pozwala na wzmocnienie i nawiązanie sieci GPS mierzonej metodą tradycyjną (bez systemu ASG-EUPOS). Posiadając kilka odbiorników i mierząc nimi równocześnie, możemy obliczyć wektory nie tylko pomiędzy stacjami referencyjnymi a wyznaczonym punktem, ale także pomiędzy punktami mierzonymi. Ponadto jest to również sposób na to, aby skorzystać z dobrodziejstwa sieci zintegrowanych i jednoczesnego wyrównania statycznych pomiarów klasycznych i GPS.

● PORÓWNANIE POZGEO I POZGEO-D

Porównując zalety i wady obu serwisów, nie należy zapominać, że technologie satelitarne są wciąż kosztowną nowością

dla wielu geodetów. Główną zaletą systemu POZGEO jest łatwość obsługi. Użytkownik posiadający jeden odbiornik jest w stanie wykonać pomiar i obliczyć położenie punktu ze stosunkowo wysoką dokładnością. Potrzebuje do tego jedynie minimum specjalistycznej wiedzy. Oprogramowanie po stronie użytkownika ma tylko zapewnić konwersję surowych danych z formatu odbiornika do plików RINEX.

Z drugiej strony, automatyczne obliczenia ze swej natury są mało elastyczne. Może się okazać, że przy założonych przez administratora parametrach standardowych APPS, w sytuacjach wyjątkowych, które są trudne do zdefiniowania a priori, nie uda się obliczyć wektorów (pozostaje do dyspozycji próba obliczeń manualnych). Wadą automatycznego postprocessingu jest również to, że poprawność finalnego wyniku zależy istotnie od poprawności pojedynczego zbioru obserwacyjnego (RINEX) na punkcie wyznaczonym. Przy wyznaczaniu zbioru punktów „aż się prosi” o jakąś niezależną kontrolę względną wyznaczonych pozycji, np. przy wykorzystaniu pomiarów klasycznych lub nawiązania do punktów kontrolnych (kwestie te powinny ujmować precyzyjnie przepisy techniczne, zwłaszcza dotyczące wyznaczeń osnów). Pewne wzmocnienie niezawodności wyznaczanego punktu można oczywiście uzyskać, wykonując obserwacje w dwóch różnych przedziałach czasu, czyli wyznaczając współrzędne punktu dwukrotnie – niezależnie.

Korzystanie z serwisu POZGEO-D (użycie oryginalnych danych obserwacyjnych ze stacji referencyjnych lub z tzw. wirtualnych stacji referencyjnych – VRS) i samodzielne wykonanie zadań jest drogą bardziej elastyczną, ale stawia wyższe wymagania przed wykonawcą. Użytkownik ma więcej możliwości wpływania na proces obliczeniowy, selekcję danych obserwacyjnych, wybór metod i parametrów postprocessingu, ale więcej możliwości to także większe ryzyko popełnienia błędów.

PROF. DR HAB. INŻ. ROMAN KADAJ
(Politechnika Rzeszowska,
Katedra Geodezji im. K. Weigla);
MGR INŻ. TOMASZ ŚWIĘTOŃ
(Wyższa Szkoła Inżynierjno-Ekonomiczna
w Ropczycach, Katedra Geodezji)

Literatura

- Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., 2001: GPS – Theory and Practice, Springer-Verlag Wien – New York;
- Kadaj R., 1992: An Alternative to a Discrete KALMAN FILTER, In: [K.Linkwitz a. U. Hangleiter] High Precision Navigation, Duenmler Verlag, 1992;
- Kadaj R., 2006: Problematyka integracji sieci GPS z sieciami klasycznymi, Seminarium Sekcji Sieci Geodezyjnych PAN, Komisji Geodezji Satelitarnej Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN, Sekcji Dynamiki Ziemi Komitetu Geodezji PAN nt. „Aktualne problemy podstawowych sieci geodezyjnych w Polsce”, Warszawa, 16 listopada 2006;
- Kadaj R., 2007: Algorytmy i oprogramowanie metody BETA postprocessingu GPS w oparciu o układ Schreibera potrójnych różnic obserwacji fazowych. Dokumentacja wewnętrzna. ALGORES-SOFT, Rzeszów, 2007;
- Kadaj R.; Świętoń T., 2007: Moduł obliczeniowy (Rozdz. 5), Zastosowane algorytmy i techniki obliczeniowe (Rozdz. 6). W dokumentacji systemu: „Automatic Postprocessing Software for Trimble Application”. Warszawa, 2007 (II ed.), 2008 (II ed.), Rozdz. 5 i 6. Geotronics Sp. z o.o., Trimble – Polska Sp. z o.o., Koordynator: GUGiK w Warszawie.
- Leick A., 2004: GPS Satellite Surveying, John Wiley & Sons, INC ISBN 0-471-05930-7, USA 2004;
- GEONET – system obliczeń geodezyjnych, ALGORES-SOFT Rzeszów, 1992-2008, www.geonet.net.pl

TAB. 2. PORÓWNANIE SERWISÓW

POZGEO	POZGEO-D
Zalety	
<ul style="list-style-type: none"> ● Prostota – możliwość wykorzystania nawet przez początkujących użytkowników ● Wyniki uzyskiwane niewielkim nakładem pracy ● Niepotrzebne dodatkowe (często kosztowne) oprogramowanie 	<ul style="list-style-type: none"> ● Możliwość powiązania sąsiednich punktów sieci (tylko przy pomiarze dwoma i więcej odbiornikami równocześnie) ● Większa elastyczność postprocessingu; potencjalnie możliwość obliczenia wektorów, których nie udało się obliczyć automatycznie ● Możliwość wyrównania sieci zintegrowanych (pomiaru klasyczne + GPS) za pomocą odpowiedniego oprogramowania, np. GEONET
Wady	
<ul style="list-style-type: none"> ● Brak powiązania z sąsiednimi punktami w sieci (konieczność wykonywania niezależnych wyznaczeń lub innych kontroli) ● Program skonfigurowany dla typowych obserwacji – obliczenie wektorów wymagające „specjalnego” podejścia może się nie udać 	<ul style="list-style-type: none"> ● Wymóg posiadania przez wykonawcę dodatkowego oprogramowania ● Niezbędna większa wiedza do poprawnego, samodzielnego wykonania postprocessingu i wyrównania ● Większa pracochłonność wykonywanych obliczeń