

W pierwszej części artykułu (GEODETA 9/2001) przedstawione zostały trzy różne spojrzenia na definicję geodezji podaną przez Helmerta – wyznaczenie pozycji pojedynczego punktu, fotogrametryczne tworzenie mapy i badanie przebiegu geoidy.

Pokazano ich słabe i mocne strony.

W każdym przypadku wynik pomiaru i sposób jego opracowania rozważano jako proces całkowicie niezależny, nawet gdy w następnych fazach były one opracowywane wspólnie.

Przez połączenie trzech wymienionych metod możliwe jest stworzenie zintegrowanego systemu zawierającego pozytywne elementy każdej z nich i nie obciążonego ich wadami.

A od kinematycznych systemów pomiarowych, które są – lub w niedalekiej przyszłości będą – całkowicie cyfrowe, tylko krok do opracowywania danych w czasie rzeczywistym. Już teraz można sobie wyobrazić systemy tworzenia map w czasie rzeczywistym dla określonych zastosowań, takich jak monitorowanie pożarów lasów czy rozprzestrzenianie się ropy z uszkodzonych tankowców.

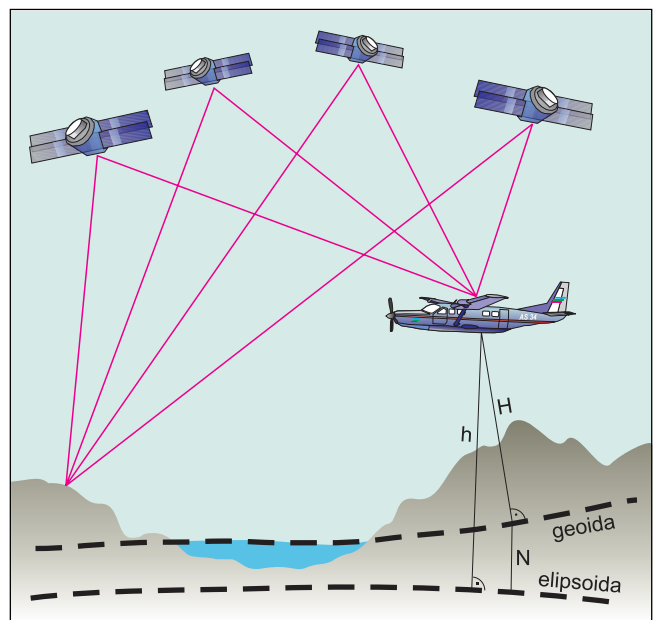
Czy satelity zastąpią klasyczne

Świat ge

Jak wspominałem w pierwszej części artykułu, powierzchnie odniesienia pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych są zupełnie różne. Współrzędne klasycznych sieci poziomych odniesione są do elipsoidy, podczas gdy wysokości tych samych punktów – do geoidy (średniego poziomu morza). To dosyć kuriozalna sytuacja, gdyż przyrządy pomiarowe – teodolity i niwelatory – są orientowane zgodnie z kierunkiem linii pionu, zatem jedyną i naturalną powierzchnią odniesienia powinna być geoida. Ale praktyka była inna. Pomiaru w poziomych sieciach geodezyjnych były redukowane na elipsoidę. Niezbędne do tego celu informacje – odchylenia pionu – otrzymywano z obserwacji astronomicznych. Ponieważ obliczenia na elipsoidzie są stosunkowo proste, metodologii tej nie zmieniono nawet wówczas, gdy pojawiły się globalne modele geoidy.

● Próby ujednolicenia układów wysokościowych

W pomiarach wysokościowych oś celowa niwelatora jest w zasadzie równoległa do powierzchni ekwipotencjalnej, a tym samym prawie równoległa do geoidy. Oznacza to, że pomierzone różnice wysokości w niewielkim stopniu odbiegają od ortometrycznych różnic wysokości, które definiowane są względem geoidy. Do zamiany różnic wysokości uzyskanych z niwelacji na różnice wysokości elipsoidalnych konieczna jest znajomość



Rys. 1. Wysokości w epoce pomiarów GPS

sieci geodezyjne, a mapy będą robiły się same? (część II)

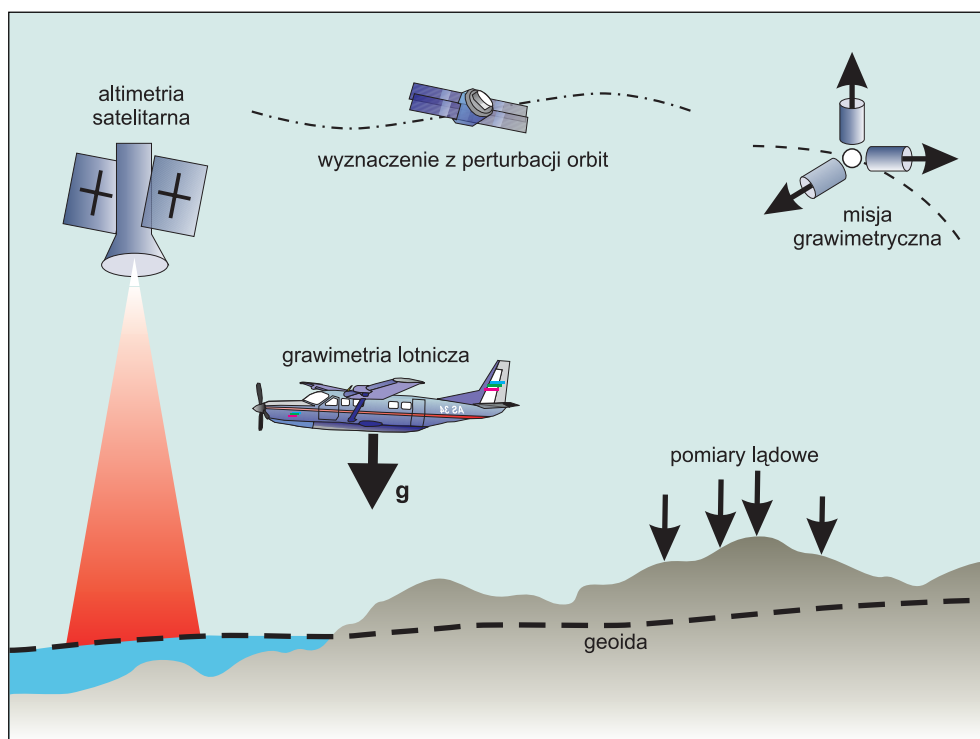
odety się zmienia

ADAM ŁYSZKOWICZ

odstępów geoidy od elipsoidy. Brak tej informacji spowodował, że w geodezji stosowano i nadal stosuje się dwie różne powierzchnie odniesienia: elipsoidę i geoidę. W momencie uzyskania pozycji z pierwszych pomiarów GPS wszystkie trzy współrzędne stały się dostępne w jednorodnym układzie odniesienia, który może być zarówno kartezjański, jak i elipsoidalny. Jako powierzchnia odniesienia zazwyczaj wybierana jest elipsoida, gdyż wówczas możliwe jest porównanie pozycji otrzymanej z pomiarów GPS z pozycją z klasycznej sieci geodezyjnej. W przypadku składowej pionowej, wysokości ortometryczne z niwelacji nie mogą być bezpośrednio porównane z wysokościami elipsoidalnymi z pomiarów GPS. Sytuacja ta została przedstawiona

na rysunku 1, gdzie z pewnym przybliżeniem wysokość ortometryczna H jest różnicą między wysokością elipsoidalną h a odstępem N geoidy od elipsoidy. W celu zamiany wysokości elipsoidalnych na wysokości ortometryczne o tym samym stopniu dokładności, geoida powinna być znana z dokładnością kilku centymetrów. Wówczas układ CTRF będzie układem jednorodnym, niezależnym od użytego układu wysokościowego. Niestety, taka sytuacja ma miejsce tylko na bardzo małych obszarach Ziemi. Jak do tej pory, problem ten w skali globalnej nie został rozwiązany. Najlepsze obecnie opublikowane globalne modele geoidy charakteryzują się dokładnością nie lepszą niż 1-2 metry na obszarach oskąpanych danych grawimetrycznych i dokładnością rzędu 0,3-0,5 metra na obszarach o dużej liczbie pomiarów grawimetrycznych.

Do wyznaczenia przebiegu globalnej geoidy wykorzystuje się obecnie wszystkie dostępne techniki pomiarowe. Zasady poszczególnych koncepcji zostały pokazane na rysunku 2. Każda z nich ma istotny wkład tylko w pewien zakres widma pola siły ciężkości. Ponieważ natężenie pola siły ciężkości zmniejsza się wraz z wysokością, dane o zakresie widma dostarczane



Rys. 2. Obecnie stosowane techniki pomiaru przyspieszenia siły ciężkości

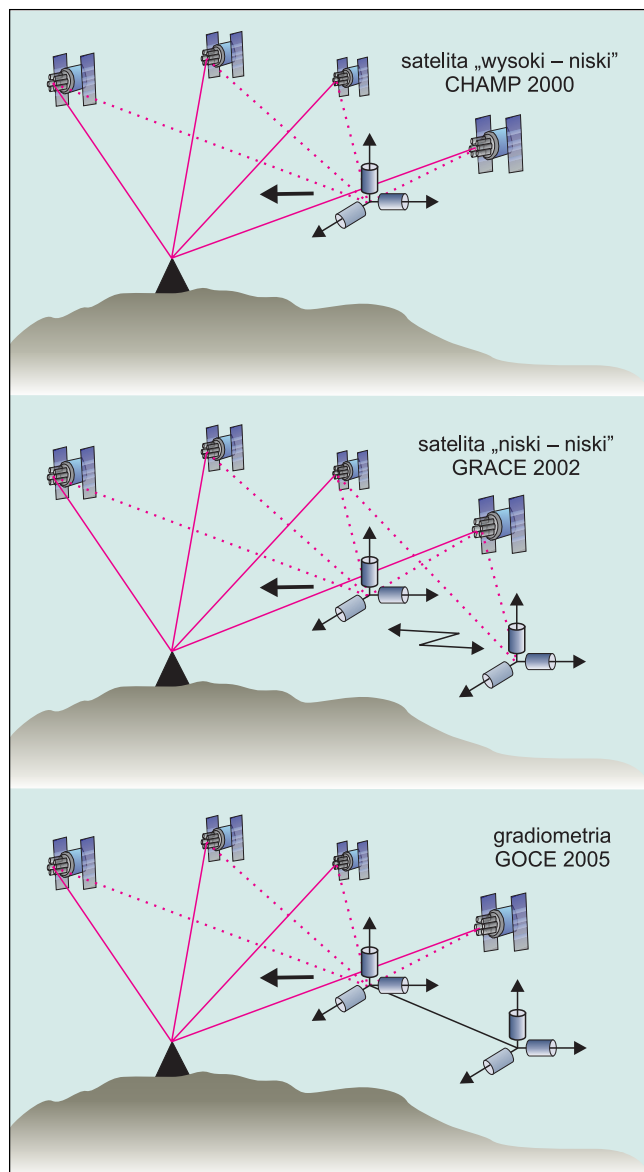
przez różne sensory zależą od ich odległości od Ziemi. Dlatego pomiary grawimetryczne naziemne lub lotnicze dają znacznie lepsze informacje o krótkookresowym zakresie widma niż pomiary satelitarne i analiza perturbacji orbit. Jedynym wyjątkiem od tej reguły są altimetryczne pomiary satelitarne, które wyznaczają przebieg geoidy z bezpośredniego pomiaru poziomu mórz i oceanów. Altimetria dostarcza informacji o długo- i średniofalowych częściach widma, pod warunkiem, że dostępny jest dobry model topografii morza. Ich rozdzielczość zależy głównie od wielkości obszaru, na który pada wiązka radarowa.

Średnie anomalie grawimetryczne uzupełniają średniofalowy zakres widma dla obszarów lądowych. Wreszcie, punktowe pomiary grawimetryczne o dużej gęstości na lądach umożliwiają wyznaczenie krótkofalowej części widma pola. Absolutne pomiary grawimetryczne są wykonywane na wybranych punktach w celu zapewnienia jednorodności wszystkich danych pomiarowych.

● Grawimetria lotnicza i gradiometryczne misje satelitarne

Udoskonalanie istniejących modeli geoidy wymaga stosowania nowych technik pomiarowych. Jednymi z najbardziej obiecujących są grawimetria lotnicza i planowane gradiometryczne misje satelitarne. Pierwsza z nich jest techniką lokalną lub regionalną, podczas gdy druga ma zasięg globalny. W grawimetrii lotniczej przyspieszenie siły ciężkości jest różnicowane, w wyniku czego otrzymujemy przyspieszenie siły ciężkości wzdłuż profili lotu samolotu. Metoda ta umożliwia pomiar przyspieszenia siły ciężkości na obszarach do 1000 x 1000 km z rozdzielczością od 8 do 500 km.

Planowane satelity gradiometryczne mają być umieszczone na niskich orbitach w celu dostarczenia informacji o polu siły ciężkości z rozdzielczością – w najlepszym przypadku – 80 km, a w najgorszym – 300 km. Tak więc metody te uzupełniają się wzajemnie, gdyż grawimetria lotnicza umożliwia wyznaczanie krótkofalowej części widma, której nie „widzą” satelity, oraz



Rys. 3. Planowane satelitarne misje gradiometryczne, w tym już rozpoczęta CHAMP 2000

części średniofalowej słabo wykrywalnej przez satelity. Natomiast metody satelitarne dają dobre rezultaty w określeniu długofalowej części widma pola siły ciężkości.

W ostatnich latach zaplanowano trzy misje satelitarne poświęcone badaniu pola siły ciężkości Ziemi, z których jedna została już rozpoczęta, a dwie pozostałe są w zaawansowanym stadium (Ilk, 1998). Istota tych metod jest pokazana na rysunku 3.

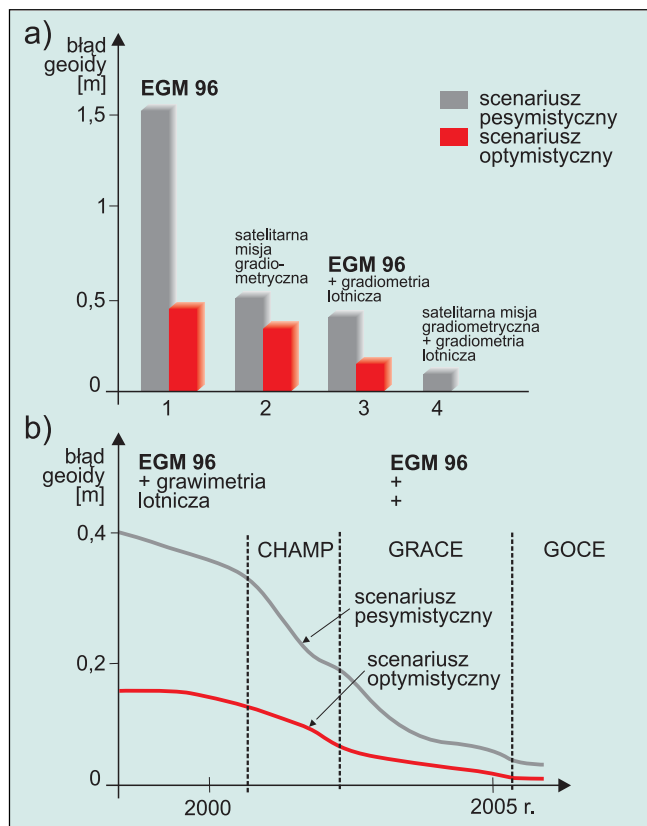
W pierwszej misji mikrosatelita CHAMP został wyniesiony na orbitę (Niemcy, 2000 r.) i pracuje w trybie „wysoki-niski”. Oznacza to, że niski satelita CHAMP jest śledzony przez satelity systemu GPS. W ten sposób wyeliminowano jedno z głównych źródeł błędów, a mianowicie wpływ atmosfery. Analiza perturbacji orbity satelity CHAMP uzupełniona informacjami z akcelerometru, umożliwi znacznie lepsze wyeliminowanie sił niegrawitacyjnych.

Druga w planie, to misja satelitów GRACE, które zostaną umieszczone na orbicie w 2002 roku (USA) i będą pracowały w trybie „satelita-satelita”. Odległość między tymi dwoma satelitami, poruszającymi się na niskich orbitach, będzie bezustannie wyznaczana z pomiarów interferometrycznych. Zaobserwowane zmiany odległości posłużą do badania zmian pola siły ciężkości, a tym samym udokładnią pole siły ciężkości w zakresie widma do około 150 km.

Trzecia misja satelitarne – GOCE – jest planowana przez ESA i satelita tego typu zostanie umieszczony na orbicie w 2005 roku. Zamontowany na nim gradiometr – do bezpośredniego pomiaru gradientów przyspieszenia siły ciężkości – powinien umożliwić badanie pola siły ciężkości rozdzielczością 80 km. Jeśli wszystkie trzy misje zostaną zrealizowane, to pole siły ciężkości i jego zmiany w czasie będą znane z rozdzielczością nie gorszą niż 80 km. Spodziewane jest uzyskanie znacznie lepszego globalnego modelu pola siły ciężkości, a co za tym idzie znacznie lepszej geoidy. Dlatego też nadchodzące dziesięciolecie będzie w zapewne geodezji dekadą gradiometrycznych misji satelitarnych.

● Scenariusze wzrostu dokładności wyznaczania geoidy

Na rysunku 4 pokazano przewidywany wpływ nowych technik (grawimetrii lotniczej i gradiometrii satelitarnej) na dokładność badania przebiegu geoidy w skali globalnej. Rysunek 4a porównuje cztery możliwe warianty. Dokładność najlepszego obecnie modelu globalnego EGM96 (wariant 1) charakteryzuje się odchyleniem standardowym od 0,4 do 1,5 metra. Jak wspomniano wcześniej, różnice w dokładności modelu są spowodowane głównie różnorodnym pokryciem globu ziemskiego pomiarami grawimetrycznymi. W drugim wariantie pokazano dokładności modelu globalnego uzyskanego tylko z misji satelitarnych. Dokładność takiego modelu powinna wahać się w granicach 0,35-0,5 metra, co wynika z więcej lub mniej optymistycznych oszacowań. Dokładność takiego modelu jest w miarę równomierna na całym globie ziemskim. Niestety, model ten nie zapewnia geoidy z centymetrową dokładnością. Trzeci wariant rozważa kombinację obecnego modelu globalnego EGM96 z danymi o polu uzyskanymi z grawimetrii lotniczej. Daje on nieco lepsze wyniki niż wariant drugi i ma tę zaletę, że może być już realizowany. Ostatni wariant – kombinacja grawimetrii lotniczej i satelitarnej – powinien doprowadzić do wyznaczenia globalnego modelu geoidy z taką dokładnością, żeby możliwa była transformacja wysokości elipsoidalnych na ortometryczne



Rys. 4. Spodziewane dokładności wyznaczenia przebiegu geoidy

i odwrotnie. Oznacza to, że wymagana dokładność geoidy powinna być osiągnięta w ciągu najbliższych pięciu, siedmiu lat, ale tylko na tych obszarach, gdzie zostaną zrealizowane gradiometryczne pomiary lotnicze lub gdzie są dostępne jednorodne naziemne pomiary grawimetryczne.

Na rysunku 4b przedstawiono natomiast scenariusz wzrostu dokładności wyznaczenia przebiegu geoidy w ciągu najbliższych sześciu lat (jeśli planowane misje satelitarne zakończą się sukcesem). Niewielki wzrost dokładności modelu nastąpił w połowie roku 2000, gdy do opracowania modelu zostały włączone obserwacje z satelity CHAMPS. Następnie spodziewany jest wzrost dokładności w wyniku napływu coraz większej ilości danych z grawimetrii lotniczej, a gdzieś około 2003 roku – danych z misji GRACE. To powinno znacznie poprawić dokładność wyznaczenia przebiegu geoidy. Dane z misji GOCE uzupełnią informacje o średnio- i krótkofalowym zakresie widma pola grawitacyjnego i razem z danymi z grawimetrii lotniczej powinny dostarczyć końcowy produkt – geoidę – z dokładnością umożliwiającą transformację wysokości elipsoidalnej na ortometryczną.

● Kinematyczne technologie tworzenia map

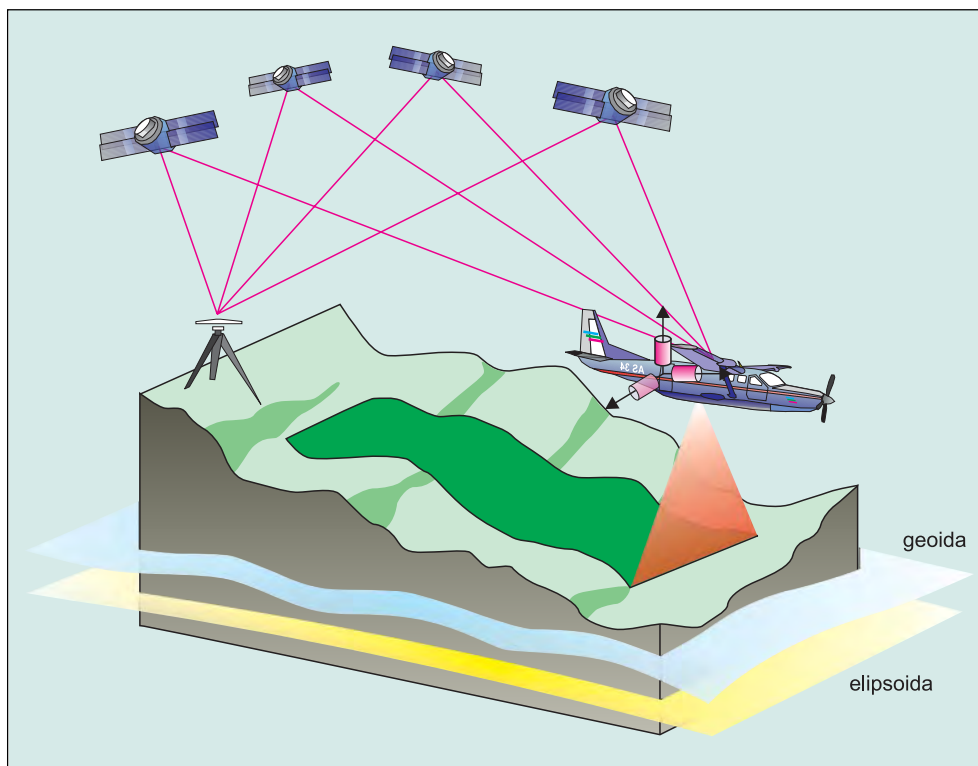
W pierwszej części artykułu przedstawione zostały trzy różne spojrzenia na definicję geodezji podaną przez Helmerta (to jest: wyznaczenie pozycji pojedynczego punktu, fotogrametryczne tworzenie mapy i badanie przebiegu geoidy). Pokazano również ich słabe i mocne strony. Wynik pomiaru i sposób jego opracowania rozważano jako całkowicie niezależne procesy, nawet gdy w następnych fazach wyniki te były opracowywane wspólnie. Przez połączenie trzech wymienionych metod możliwe jest stworzenie zintegrowanego systemu, który będzie zawierał tylko pozytywne elementy każdej z nich i nie

będzie obciążony ich wadami. Taki zintegrowany system może być zrealizowany na kilka różnych sposobów. Przedstawiona poniżej koncepcja lotniczego systemu obrazowania powierzchni Ziemi jest jedną z wielu możliwości (więcej szczegółowych informacji na ten temat znajduje się w pracy Schwarza, 1998).

Istnieje szereg teoretycznych i praktycznych powodów, dla których taki zintegrowany system powinien być korzystny. Po pierwsze, dokładny globalny układ odniesienia – poprzez odbiorniki GPS jako narzędzia mierzące – jest dostępny w dowolnym punkcie globu ziemskiego. Ponieważ odbiorniki mogą pracować w sposób kinematyczny, nie ma żadnego powodu, aby proces wyznaczania pozycji oddzielać od procesu wykonywania zdjęć lotniczych. Jeśli pomiar GPS zostanie wykonany metodą kinematyczną, z jednym odbiornikiem w samolocie i drugim na Ziemi, nie ma żadnej potrzeby stabilizacji w terenie fotopunktów, gdyż położenie środka rzutów kamery lotniczej będzie wyznaczone z pomiarów DGPS w momencie wykonywania zdjęcia. W ten sposób otrzymamy pierwsze trzy parametry orientacji zewnętrznej zdjęcia w precyzyjnym globalnym układzie odniesienia. Kolejne trzy parametry opisujące orientację kamery lotniczej w momencie ekspozycji mogą być uzyskane poprzez integrację danych z urządzenia inercyjnego (Inertial Measuring Unit, IMU), DGPS i kamery. Takie postępowanie ma dwie zalety. Po pierwsze, umożliwia przyporządkowanie każdemu zdjęciu lotniczemu pełnego zestawu parametrów orientacji zewnętrznej. Oznacza to, że kolejne dwa zdjęcia mogą być użyte bezpośrednio do opracowania mapy fragmentu powierzchni Ziemi w jednolitym układzie odniesienia. Nie ma więc potrzeby wykonywania skomplikowanej procedury aerotriangulacji. Po drugie, taki system rozwiązuje problem wyznaczenia wysokości ortometrycznych z pomiarów GPS. Różnicowanie danych wyjściowych z instrumentu IMU i z DGPS stwarza warunki do określenia przyspieszenia siły ciężkości na poziomie lotu samolotu, co umożliwia wyznaczenie lokalnej geoidy na poziomie terenu. Poprzez połączenie lokalnej geoidy z danymi globalnymi (w opisany wcześniej sposób) możliwa staje się transformacja wysokości elipsoidalnych z GPS na ortometryczne. Tak więc wszystkie pomiary niezbędne do stworzenia mapy powierzchni Ziemi w jednolitym globalnym układzie mogą być uzyskane z lotniczej platformy. Postępowanie takie nie tylko dostarczy znacznie bardziej jednolitych danych, ale również pozwoli zdobyć je w bardziej wydajny sposób.

Jak wcześniej wspomniano, „kinematyczne technologie tworzenia map” nie ograniczają się tylko do fotogrametrii lub platform lotniczych. Znane są przykłady użycia cyfrowych kamer na platformach samochodowych i tworzenia numerycznego modelu terenu z interferometrycznych pomiarów lotniczych (na rysunku 5 pokazano ideę działania takiego systemu). Inne systemy wykorzystują skanery laserowe, które w połączeniu z kamerami cyfrowymi pozwalają tworzyć obraz powierzchni Ziemi.

We wszystkich tych systemach sposoby otrzymywania danych i procedury obliczeniowe różnią się znacznie od metod tradycyjnych. W klasycznych metodach pomiarowych ilość danych nadliczbowych jest niewielka i wówczas wyrównanie obserwacji najlepiej przeprowadzić metodą najmniejszych kwadratów. Metoda ta okazuje się mało przydatna do opracowywania wyników uzyskanych z nowych systemów pomiarowych. Systemy te dostarczają ogromnych ilości danych i wówczas znajomość technik kompresji danych wysuwa się na pierwszy plan. Wyda-



Rys. 5. Tworzenie numerycznego modelu terenu z interferometrycznych pomiarów lotniczych SAR (Synthetic Aperture Radar)

je się, że teoria analizy sygnałów, transformacje falkowe (ang. *wavelet methods*) i wieloskalowe estymacje oferują znacznie lepsze opracowanie wyników niż metoda najmniejszych kwadratów. Z uwagi na niezwykle dużą liczbę danych pomiarowych nie wszystkie z nich będą w przyszłości przechowywane i dlatego wydajne i miarodajne metody ich opracowywania w czasie rzeczywistym muszą zastąpić dotychczasowe procedury. Również wpływ umiejętności obserwatora na proces pomiarowy zostanie znacznie zmniejszony na rzecz zautomatyzowanych procedur sprawdzających jakość danych w czasie rzeczywistym. Ponieważ kinematyczne systemy tworzenia map są lub będą w niedalekiej przyszłości całkowicie cyfrowe, wywoła to presję na szybkie tworzenie map, co w rezultacie doprowadzi do opracowywania danych w czasie rzeczywistym. Już teraz można sobie wyobrazić systemy tworzenia map w czasie rzeczywistym dla określonych zastosowań, takich jak monitorowanie pożarów lasów czy rozprzestrzenianie się ropy z uszkodzonych tankowców.

● W kierunku zintegrowanego systemu obserwacyjnego

Jak już wspomniałem, zrealizowanie precyzyjnego konwencjonalnego ziemskiego układu odniesienia (CTRF) i odpowiednie modelowanie ruchu płyt tektonicznych jest jednym z najważniejszych osiągnięć geodezji satelitarnej. Układ ten umożliwia wyznaczanie zmian powierzchni Ziemi w czasie.

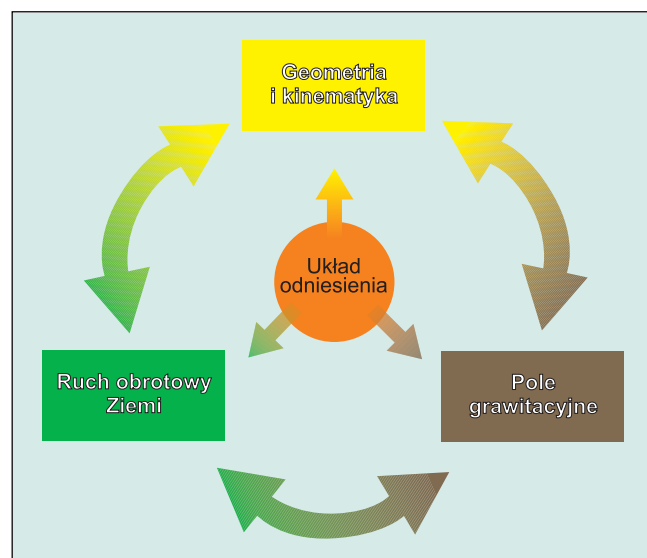
W 1998 r. Reiner Rummel (1998) opublikował pracę, w której zaproponował integrację wszystkich danych geodezyjnych i technik, zarówno klasycznych, jak i satelitarnych w globalny zintegrowany geodezyjny i geodynamiczny system obserwacyjny (Global Integrated Geodetic and Geodynamic Observing System, GIGGOS). Taki system byłby zdolny skupić wszystkie obecne działania geodezyjne w taki sposób, że byłyby one postrzegane

jako wkład geodezji do nauki światowej. Rysunek 6 ukazuje podstawowe składniki takiego programu i ich wzajemne powiązania, co w rezultacie powinno stworzyć cały system. Bazując na publikacji Rummela, podam charakterystyczne cechy tego systemu.

W centralnym miejscu systemu obserwacyjnego jest poprawnie zdefiniowany i odtwarzalny globalny układ odniesienia, który stanowi jego podstawę i podstawę do modelowania ziemskich procesów. Dokładność i stabilność układu rzutuje na dokładność, z jaką mogą być modelowane pozostałe trzy składniki, tj. ruch obrotowy Ziemi, geometria, kinematyka i pole siły ciężkości Ziemi. Utworzenie i utrzymanie takiego układu odniesienia zostanie zrealizowane przez połączenie technik satelitarnych, takich jak VLBI, SLR, LLR, GPS, DORIS czy PRARE.

Z definicją układu odniesienia

blisko związane jest zagadnienie wyznaczania ruchu obrotowego Ziemi jako efektu wymiany momentu pędu wewnątrz Ziemi między lądami, lodowcami, hydrosferą i atmosferą, a także między Słońcem, Księżycem i planetami. System pomiarowy jest taki sam jak w przypadku układu odniesienia, ale powinien być uzupełniony geodezyjnymi pomiarami astronomicznymi i pomiarami z superzyroskopów. Badanie geometrii Ziemi i jej zmian w czasie powinno obejmować modele sztywny Ziemi, lodowców, powierzchni oceanów i ich zmiany w czasie i przestrzeni (wiekowe, okresowe i chwilowe). Wszystkie klasyczne i satelitarne techniki wyznaczania punktów powinny przyczynić się do tego procesu



Rys. 6. Globalny zintegrowany geodezyjny i geodynamiczny system obserwacyjny (Rummel, 1998)

modelowania w takiej samej mierze, jak i techniki naziemne. Największy postęp w poznawaniu pola siły ciężkości jest oczekiwany w wyniku realizacji gradiometrycznych misji satelitarnych. Idea koordynowania i skupienia działalności geodezyjnej według schematu pokazanego na rysunku 6 wywołała żywą dyskusję w ramach Międzynarodowej Asocjacji Geodezyjnej (MAG). Część tej dyskusji została zaprezentowana w pracy Beutlera, Drewesa, Reigbera i Rummela (1998). Część w innych pracach Sekcji II MAG opublikowanych po sympozjum w Monachium (IGGOS, 1998). Taki system jest bardzo atrakcyjny dla wielu badaczy, ponieważ mógłby:

- skoncentrować badania w ramach MAG, włączając wykonywane już obecnie prace, i przyspieszyć integrację klasycznych i satelitarnych technik pomiarowych,

- znacznie wyraźniej podkreślić wkład MAG do nauk o Ziemi i pokazać, że związki MAG z innymi naukami wykraczają poza samą wymianę danych,

- wykorzystać umiejętności meteorologiczne geodetów, z drugiej zaś strony stworzyć nowe perspektywy dla następnych pokoleń geodetów.

W takim programie podkreślone mogłyby być również naukowe tradycje geodezji będące istotnym składnikiem działalności geodetów sto lat temu, gdy przystąpiono do ustalenia rozmiarów i kształtu globu ziemskiego. Z czasem mogłoby to spowodować napór geodezji na inne gałęzie nauk o Ziemi i przyspieszyć współpracę między krajowymi i międzynarodowymi instytucjami. Także inżynierska tradycja geodezji ma swe korzenie w MAG, ale nie mogłaby być wten sam sposób wzmocniona. Nie oznacza to, że jej zakres ulegałby zmniejszeniu. Jak wskazano, jest wiele wyzwań dotyczących dokładnego przedstawienia powierzchni Ziemi i jej zmian w czasie dla zastosowań lokalnych.

Prof. Adam Łyszkowicz jest zatrudniony na stanowisku profesora w Katedrze Geodezji Szczegółowej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

Literatura:

Beutler G., Drewes H., Reigber C., Rummel R., 1998, *Space Techniques and Their Coordination within IAG at Present and in Future*, Int. Symp. of IAG-Section II „Towards an Integrated Global Geodetic Observing System (IGGOS)”, October 5-6, Munich; IGGOS, 1998, Int. Symp. of IAG-Section II „Towards an Integrated Global Geodetic Observing System (IGGOS)”, October 5-6, Munich;

Ilk K.H., 1998, *Envisaging a New Era of Gravity Field Research*, Int. Symp. of IAG, Section II „Towards an Intergrated Global Geodetic Observing System (IGGOS)”, October 5-6, Munich;

NAPA/NRC, 1995, *The Global Positioning System – Charting the Future*, The National Academy of Sciences, Washington DC;

Rummel R., 1998, *A Global Integrated Geodetic and Geodynamic Observing System*, CSTG Bulletin, Munich;

Schwarz K.P., 1998, *Mobile Multi-Sensor Systems – Modelling and Estimation*, Proc. of the Int. Symp. on „Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering”, April 20-22, Eisenstadt, Austria;

Slater J.A., S.Malys, 1997, *WGS84 – Past, Present and Future*, Proc. IAG Symposia, vol. 118, Advances in Positioning and Reference Frames, F.K. Brunner (Ed.), September 3-9, Rio de Janeiro, Brazil, Springer 1998.



Zapraszamy w dniach 19-23 listopada

CENTRUM BADAŃ KOSMICZNYCH

SZKOLENIA GPS:
GPS, GEOIDA, UKŁADY, TRANSFORMACJE, GIS I MAPA NUMERYCZNA
NAJNOWOCZĘSNIJSZY SPRZĘT I OPROGRAMOWANIE
WYKŁADY I ĆWICZENIA TERENOWE

ZAPEWNIAMY: ● rzetelne i fachowo opracowane materiały dydaktyczne
● zajęcia w małych grupach (8-10 osób) ● bogaty program szkoleń
● bazę żywieniową i noclegową

Szkolenia odbywać się będą w salach konferencyjnych CBK PAN w Warszawie w jednej sesji lub w trybie weekendowym

**Zakład Geodezji Planetarnej
Centrum Badań Kosmicznych PAN
00-716 Warszawa, ul. Bartycka 18 A
tel.:(0-22) 840-37-66 wewn. 284, fax:(0-22) 840-31-31**

**PIC SKA
AKADEMIA
NAUK
CENTRUM
BADAŃ
KOSMICZNYCH
UL. BARTYCKA 18A
00-716 WARSZAWA**

PAN