

## Sieci zintegrowane

BORYS DWORNIK

**Coraz wyraźniej zmierzamy w kierunku sieci dynamicznych, które dzięki rosnącej liczbie satelitów (wkrótce Galileo) pozwolą na pomiar w czasie rzeczywistym wybranych szczegółów bez uciążliwego szukania w terenie oparcia, jakim są kamienie, rurki, pręty. Na razie jesteśmy jednak na etapie przejściowym i klasyczne sieci geodezyjne nadal są wykorzystywane. Postęp techniczny sprawia jednak, że i one ewoluują.**

Łączenie pomiarów klasycznych z pomiarami GPS jest już na świecie od dawna realizowane, a i w Polsce zaczyna być codziennością. Jeden z obiektów, na których wyrównywałem taką zintegrowaną sieć, znajdował się w Złotowie w woj. wielkopolskim i obejmował 471 punktów GPS i 367 punktów klasycznych.

Techniki GPS są wygodne i mają wiele zalet, ale nie są też pozbawione ograniczeń, takich jak chociażby wymóg „czy-

stego” horyzontu nad stanowiskiem pomiarowym czy mała odporność na zjawisko interferencji fal. Tu podpora i uzupełnieniem sieci GPS w terenach „nieprzychylnych”, czyli mocno zainwestowanych bądź zalesionych, są klasyczne sieci. Przez fakt połączenia z pozoru różnych sieci uzyskujemy nie tylko spójność sieci na całym opracowywanym obszarze, ale uzbrajamy się też w dodatkowe nadliczbowe obserwacje, których roli nie da się przecenić.

Jak wiemy, obserwacje GPS z postprocessingu realizowane są poprzez wektory  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  w układzie geocentrycznym XYZ dla przyjętej elipsoidy odniesienia (a więc w przestrzeni trójwymiarowej). Z kolei klasyczne ob-

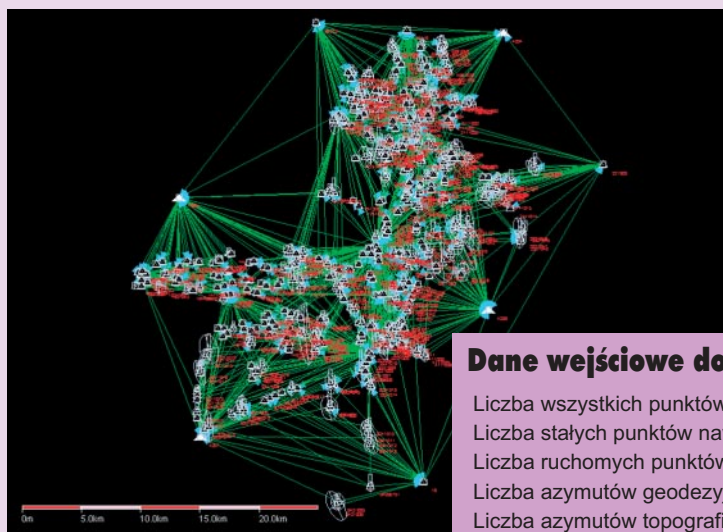


FOT. ZE ZBIORÓW AUTORA

serwacje to w naszym przypadku ciągi poligonowe (dwuwymiarowe) i trudno je połączyć z przestrzenną siecią GPS.

Na rynku jest wiele programów, które pozwalają realizować w sposób bardziej lub mniej przyjazny wyrównanie takiej zintegrowanej sieci metodą ścisłą. Po próbach z różnymi programami (MOVE3, C-Geo, Geogenius) zdecydowałem się na użycie Geonet\_ w v.2.0. Za pomocą tego specjalistycznego narzędzia zrzutowałem wektory  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  na przyjętą elipsoidę (odpowiednio:

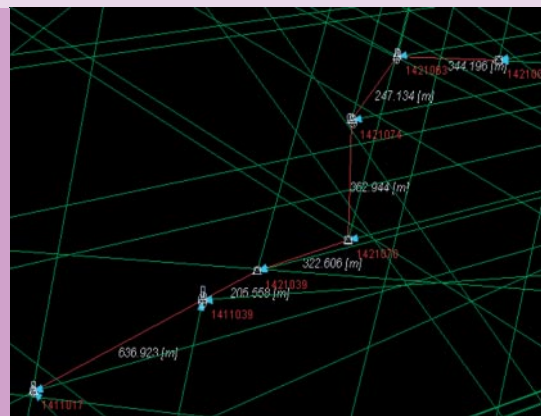
str. 14



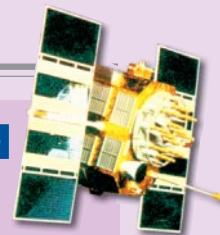
Sieć obejmowała 1000 km<sup>2</sup>, punktami dostosowania w układzie elipsoidy WGS'84 były 4 punkty POLREF. Punktami dostosowania w układzie 1992 i 1965 było w sumie 20 punktów wyższych klas.

### Dane wejściowe do wyrównania

- Liczba wszystkich punktów sieci LP = 838
- Liczba stałych punktów nawiązania LSS = 20
- Liczba ruchomych punktów nawiązania LSR = 0
- Liczba azymutów geodezyjnych LAZG = 1423
- Liczba azymutów topograficznych LAZT = 0
- Liczba obserwacji odległościowych LD = 1969
- Liczba obserwacji kątowych LKA = 531
- Liczba stanowisk obserwacji kierunkowych LPK = 0
- Liczba stałych orientacji kierunków LZ = 0
- Liczba obserwacji kierunkowych LK = 0
- Liczba równań obserwacji i pseudoobserw. M = 3963
- Liczba elementów nadwymiarowych NW = 2287



**reklama**



## Nawigacja satelitarna GPS i Glonass

elipsoidę WGS'84 dla układu 1992 i elipsoidę Krasowskiego dla układu 1965) i utworzyłem pseudoobserwacje w postaci azymutów geodezyjnych i długości na przyjętej elipsoidzie. Tak przygotowaną sieć GPS można już było połączyć poprzez punkty wspólne z ciągami poligonowymi. Niestety, choć sieć GPS wyrównywana do tej pory jako sieć jednorodna dawała dobre wyniki, to po połączeniu z siecią klasyczną za bardzo usztywniała lokalnie sieć zintegrowaną. W rezultacie błąd średni niemianowany po wyrównaniu łądował w okolicy 6, a nie jest to ocena dobra. Przy założeniu błędów średnich pomiaru dla kątów  $20^{\circ}$  i  $2 \text{ cm} + 5 \text{ mm}/100 \text{ m}$  dla długości w sieci klasycznej przed wyrównaniem uzyskano w ostatecznym efekcie błąd maksymalny wyznaczenia punktu sieci zintegrowanej  $m_{\text{max}} = 0,095 \text{ m}$ , a przeciętny błąd  $m_p = 0,045 \text{ m}$ . Należy nadmienić, że dla części GPS-owej sieci błędy zostały przeliczone automatycznie przez program Geonet podczas rzutowania wektorów  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  na przyjętą elipsoidę na podstawie uzyskanych z postprocessingu błędów dla każdego wektora.

**P**o długich analizach i konsultacjach z autorem programu profesorem Romanem Kadajem udało się znaleźć złoty środek i określić prawidłowo błędy, jakie rzeczywiście odpowiadały części klasycznej i części satelitarnej sieci. Dzięki ich odpowiedniemu zrównoważeniu całość stała się spójna i właściwie skorelowana. Okazało się, że najodpowiedniejszymi wagami dla sieci klasycznej były błędy  $10^{\circ}$  dla kątów i  $1,1 \text{ cm} + 1,1 \text{ mm}/100 \text{ m}$  dla długości – wynikiem tego było uzyskanie błędu średniego niemianowanego po wyrównaniu  $m_0 = 1,094$ , błędu maksymalnego punktu w sieci  $m_{\text{max}} = 0,037 \text{ m}$  i błędu przeciętnego  $m_p = 0,0216 \text{ m}$ . Tabela danych wejściowych do wyrównania w programie Geonet (na stronie obok) pokazuje, ile jeszcze wolnych miejsc czeka na wykorzystanie. Każda pozycja z wartością „0” oznacza, że sieć zintegrowana może być wzbogacana o kolejne rodzaje obserwacji, a z czasem tych pozycji będzie przybywać.

Chciałbym serdecznie podziękować profesorowi Romanowi Kadajowi za pomoc i cenne uwagi przy opracowaniu sieci oraz szefostwom firm Geomar S.A. w Szczecinie i Geotech ze Stargardu Szczecińskiego za współpracę i pomoc techniczną.

### Literatura

[www.geonet.net.pl/aktualnosci.php](http://www.geonet.net.pl/aktualnosci.php) (sieci zintegrowane)

**Ministerstwo Obrony USA wystąpiło do rządu o wstrzymanie na 3 lata finansowania nowego programu GPS III generacji, w ramach którego pierwsze satelity znalazłyby się na orbicie w 2011 roku.**

**D**owództwo Lotnictwa USA zamierza wykorzystać zwolnione środki na załatwienie dziur w innych programach militarnych; nalega również na przejęcie 55 mln dolarów już przeznaczonych przez Kongres na GPS III. W przygotowanie programu zaangażowane są tak znane firmy jak Lockheed Martin, Boeing i Spectrum Astro. Istnieją obawy, że opóźnienie może spowodować dezintegrację zespołów złożonych z tysięcy specjalistów od wielu lat zaangażowanych w planowanie systemu GPS III. Obecnie zarówno Boeing, jak i Lockheed Martin pracują nad modernizacją segmentu naziem-

nego i konstrukcją satelitów GPS II generacji. W maju 2003 miał być wystrzelony satelita IIR-M przystosowany do przekazywania nowego, cywilnego sygnału na częstotliwości L2 i zmodernizowanych sygnałów militarnych (M-code) na częstotliwościach L1 i L2 oraz wyposażony w moduł przeciwdziałania zakłóceniom. Ostatnio jednak Ministerstwo Obrony USA zawiadomiło, że z przyczyn technicznych start tego satelity będzie opóźniony o 14 miesięcy i nastąpi w lipcu 2004 roku. Jednocześnie wyraziło nadzieję na zwiększenie finansowania od 2006 r., co pozwoli na przyspieszenie

prac i dotrzymanie terminu realizacji GPS III. Firmy zaangażowane w prace nad GPS III uważają, że do sukcesu niezbędny jest dopływ zleceń z resortu obrony, które pozwolą im na utrzymanie gotowości zespołów specjalistów.

Satelitarne wyznaczanie pozycji na całym świecie uzależnione jest obecnie od jedynego operacyjnego systemu, amerykańskiego GPS składającego się z 27 satelitów. W ramach budowy rosyjskiego systemu nawigacji satelitarnej Glonass umieszczono już na orbitach 13 satelitów (ostatnie 3 w grudniu 2002), a kolejne planowane są w II kwartale 2003 r. Osiągnięcie pełnej operacyjności systemu (24 satelity) może się znacznie opóźnić z powodu problemów ekonomicznych.

AP

## KRÓTKO

- ★ **IARTK to nazwa nowego produktu firmy Applanix; ten inercjalnie wspomagany system umożliwia wyznaczenie pozycji w obszarach o małej „widoczności” satelitów GPS, takich jak gęsta zabudowa, tunele, wąwozy i lasy; system zapewnia określenie pozycji z centymetrową dokładnością przy widoczności choćby jednego satelity.**
- ★ **Niemieckie centrum badawcze GFZ z Poczdamu we współpracy z Uniwersyteciem w Waszyngtonie wykorzystuje satelitę CHAMP do monitoringu prądów morskich; mierzone są słabe prądy elektryczne (kilkakrotnie słabsze od zasadniczego pola magnetycznego) indukowane przez przemieszczające się wody oceanów.**
- ★ **Firma Global Telematics Inc. specjalizująca się w technologii GPS przedstawiła GeoTracer – urządzenie do lokalizacji i śledzenia ruchu pojazdów; miarą zaufania producenta do GeoTracera jest zapewnienie odszkodowania w wysokości 3000 dolarów, jeśli skradziony pojazd nie odnajdzie się w ciągu 30 dni.**

- ★ **Xsara Picasso firmy Citroën posłużyła do prezentacji najnowszych rozwiązań nawigacyjnych; oprogramowanie Polaris przygotowała firma Telmap, a dane „Real-time Map” – Navigation Technologies; pokaz odbył się podczas światowego kongresu 3GSM (Cannes, 17-21 lutego).**

- ★ **Kanadyjska firma NovAtel Inc. specjalizująca się w konstrukcji urządzeń GPS wprowadza na rynek trzy nowe produkty: NovAtel OEM4-G2L – kompaktowy, wazący 65 g odbiornik GPS; Pro-Pak-G2 – lekką, odporną na wstrząsy, wilgoć i kurz obudowę odbiorników GPS oraz serię nowych lekkich anten GPS-700 umożliwiających śledzenie satelitów na niskich orbitach.**

- ★ **Pomimo problemów finansowych ORBI-MAGE planuje w kwietniu umieszczenie na orbicie swego pierwszego wysokorozdzielczego satelity optycznego OrbView3 pozyskującego dane panchromatyczne (rozdzielczość 1 m) i wielospektralne (4 m).**

- ★ **Jak poinformował przedstawiciel agencji Rosaviakosmos, Rosja zaproponowała Indiom udział w kilku programach kosmicznych, w tym w rozbudowie GLONASS.** ■