



Z przebiegu sympozjum w Bratysławie wynika, że jednym z wiodących kierunków poszukiwań naukowych w ramach szeroko rozumianego wykorzystania Europejskiej Sieci Stacji Permanentnych będzie badanie atmosfery. Jednocześnie rozwój technologii obserwacyjnej i oprogramowania zbliża użytkownika coraz bardziej do uzyskiwania ostatecznych wyników pomiarów w czasie rzeczywistym.

Sympozjum EUREF 2004, Bratysława, 2-5 czerwca

Czy czeka nas rewolucja GPS?

JAN KRYŃSKI, JERZY B. ROGOWSKI

● Jak powstała Podkomisja EUREF

Prace nad ujednoczeniem geodezyjnego układu odniesienia w Europie rozpoczęto jeszcze przed II wojną światową, ale łączne opracowanie triangulacji krajów Europy Zachodniej wykonano dopiero po jej zakończeniu. Prace koordynowała powołana przez Międzynarodową Asocjację Geodezji (IAG) Komisja RETrig (Commission for the Adjustment of the European Triangulation). W efekcie powstał pierwszy europejski układ odniesienia ED-50 (elipsoida Hayforda 1924 z punktem przyłożenia w Poczdamie). Prace komisji RETrig były później kontynuowane przy wykorzystaniu satelitarnych obserwacji dopplerowskich i miały zakończyć się w latach 80. opracowaniem nowego europejskiego układu odniesienia ED-87. Pojawienie się i szybki rozwój precyzyjnej techniki satelitarnego pozycjonowania GPS spowodował, że z dalszych prac zrezygnowano. Na mocy rezolucji XIX Zgromadzenia Generalnego Międzynarodowej Unii Geodezji i Geofizyki (IUGG) w 1987 r. w Vancouver w ramach Komisji X „Sieci Kontynentalne” IAG powołano nowe permanentne podkomisje dla poszczególnych kontynentów, w tym dla Europy – Podkomisję EUREF (zastępującą RETrig). Jej zadaniem było opracowanie nowego układu odniesienia dla Europy z wykorzystaniem satelitarnych i kosmicznych technik pomiarowych, w tym GPS.

● Na świecie

W tym samym czasie prowadzone były również prace nad utworzeniem nowego ziemskiego systemu odniesienia. Konwencjonalny ziemski system odniesienia CTRS zgodnie z Rezolucją 2 XX Zgromadzenia Generalnego IUGG (Wiedeń, 1991) jest

quasi-kartezjańskim systemem zdefiniowanym przez przestrzenny obrót względem nieobracającego się systemu geocentrycznego. Początkiem CTRS jest środek masy Ziemi z uwzględnieniem oceanów i atmosfery. CTRS nie podlega globalnemu, residualnemu obrotowi względem ruchów poziomych na powierzchni Ziemi monitorowanemu przez powołaną w 1988 roku służbę IAG – Międzynarodową Służbę Parametrów Ruchu Obrotowego Ziemi IERS (która zastąpiła Międzynarodową Służbę Ruchu Bieguna IPMS). Systemowi CTRS nadano nazwę Międzynarodowego Ziemskiego Systemu Odniesienia ITRS. Jest to

system geocentryczny, którego jednostką długości jest metr (SI). W myśl postanowień IUGG i IAU (1991) skala systemu jest spójna z czasem współrzędnych geocentrycznych TCG. ITRS ma orientację zgodną z BIH 1984.0, zaś jej zmienność w czasie jest określona poprzez zastosowanie warunku, iż globalna suma poziomych ruchów tektonicznych nie zawiera składowych obrotu. ITRS jest pierwszym ziemskim systemem kinematycznym. Jego realizacjami są międzynarodowe ziemskie układy odniesienia ITRF. Poszczególne rozwiązania ITRF (ITRF88, -89, -96, -97 i -2000) opracowywane są przez

Identyfikator stacji Data uruchomienia	Lokalizacja Instytucja	Odbiornik Antena	Urząd. do rej. meteo	Dodatkowe obserwacje
BOGO 8 czerwca 1996	Borowa Góra IGiK	Ashtech ZXII3 ASH700936C_M SNOW	LAB-EL Poland	Poziom wód grunt., astrometria, grawimetria, GPS
BOGI 6 maja 2003	Borowa Góra IGiK	Javad JPS Eurocard ASH700936C_M SNOW	LAB-EL Poland	Poziom wód grunt., astrometria, grawimetria, GPS/GLONASS
BOR1 1 stycznia 1994	Borowiec CBK, PAN	Rogue SNR-8000 AOAD/M_T	NAVI Ltd. Poland	SLR, GPS/GLONASS
JOZE 3 sierpnia 1993	Józefosław IGWiAG, PW	Trimble 4000SSE TRM14532.00	LAB-EL Poland, NAVI Ltd. Poland	Poziom wód grunt., astrometria, grawimetria, pływy, GPS
JOZ2 2 stycznia 2002	Józefosław IGWiAG, PW	Ashtech Z18 ASH701941.B SNOW	LAB-EL Poland, NAVI Ltd. Poland	Poz. wód grunt., astrometria, grawimetria, pływy, GPS/GLONASS
KATO 29 lipca 2003	Katowice GUGiK	Ashtech mZ-12 ASH701945C_M SNOW	Brak	GPS
KRAW 1 stycznia 2003	Kraków AGH	Ashtech mZ-12 ASH701945C_M SNOW	LAB-EL Poland	GPS
LAMA 1 grudnia 1994	Lamkówko Inst. Geod, UWM	Ashtech ZXII3 ASH700936F_C SNOW	LAB-EL Poland	Grawimetria, GPS
WROC 28 listopada 1996	Wrocław AR	Ashtech Z18 ASH700936D_M	LAB-EL Poland	Poziom wód grunt., GPS/GLONASS
ZYWI 29 lipca 2003	Katowice GUGiK	Ashtech mZ-12 ASH701945C_M SNOW	Brak	GPS

Dla wszystkich stacji dane przesyłane są w blokach 24- i 1-godzinnych, z wyj. Lamkówka (tylko 24 h)
Tabela 1. Charakterystyka polskich stacji EPN



W głębi Hotel Tatra, miejsce Sympozjum

ośrodki obliczeniowe IERS na podstawie obserwacji VLBI, LLR, SLR, GPS i DORIS. Każde rozwiązanie zawiera pozycje i prędkości stacji oraz pełną macierz kowariancji. Rozwój sieci ITRF (5-krotny wzrost liczby stacji i poprawa ich przestrzennego rozkładu) oraz zwiększenie precyzji wyznaczenia pozycji i prędkości stacji (dzięki zwiększaniu materiału obserwacyjnego, ulepszeniu strategii i metod opracowania obserwacji) sprawiają, że kolejne rozwiązania ITRF są coraz doskonalsze. Parametry transformacji pomiędzy układami ITRF wyznaczone są przez IERS i publikowane w „IERS Conventions”.

W Europie

Kinematycznym systemem odniesienia dla obszaru Europy jest oparty na ITRS system ETRS. Realizacją ETRS jest układ ETRF, którego doskonałone w czasie rozwiązania dostarczane są w wyniku działania Podkomisji EUREF. ETRF zdefiniowany jest przez współrzędne Europejskiej Sieci Stacji Permanentnych GPS (w skrócie EPN) oraz ich zmiany w czasie. Jego realizacja i utrzymanie wymaga ciągłego monitorowania tych stacji. Dokładne określenie zmian w czasie współrzędnych wymaganych do nawiązania wykonanych w dowolnej epoce obserwacji GPS do obowiązującego układu ETRF89 możliwe jest jedynie wtedy, gdy najbliższej położone stacje permanentne prowadzą obserwacje w sposób ciągły. Dopiero wieloletnie ciągi obserwacji z danej stacji, opracowywane wraz z obserwacjami innych stacji EPN, dostarczają dostatecznej informacji o zmienności współrzędnych stacji. Odpowiednio rozmieszczone i sprawnie funkcjonujące stacje EPN są niezbędne do wyrażenia w obowiązującym układzie ETRF89 wyników obserwacji wykonanych w aktualnie używanej realizacji systemu globalnego ITRS (obecnie ITRF2000).

W skład sieci EUREF wchodzi obecnie około 150 stacji permanentnych, z których obserwacje opracowywane są w 16 Lokalnych Centrach Analiz. W Polsce od 1996 roku działa Lokalne Centrum Analiz Politechniki Warszawskiej, które obecnie na bieżąco opracowuje obserwacje z 45 stacji EPN. Dane te w postaci rozwiązań tygodniowych udostępniane są użytkownikom w formie SINEX.

W Polsce

Obecnie na terenie naszego kraju funkcjonuje 10 stacji EPN. Charakterystykę tych stacji podano w tabeli obok. Zgodnie z zaleceniem Technicznej Grupy Roboczej (Technical Working Group – TWG)

EUREF z 1993 roku rozróżnia się trzy kategorie stacji o współrzędnych w układzie ETRF. Do kategorii A zaliczane są stacje permanentne, rutynowo opracowywane w ramach EPN, których współrzędne na przestrzeni ostatnich 10 lat znane są z dokładnością 1 cm. Kategorią B objęte są stacje, których współrzędne wyznaczone zostały z dokładnością 1 cm w danej epoce obserwacji. Należą do niej stacje przeniesienia układu EUREF na obszary poszczególnych państw, łącznie z regionalnymi sieciami zagęszczającymi. Do kategorii C na-

leżą stacje permanentne o współrzędnych znanych na przestrzeni ostatnich 10 lat z dokładnością 5 cm.

Na teren Polski układ ETRF został przeniesiony w dwóch etapach. W wyniku kampanii pomiarowej EUREF-POL'92 wyznaczono w układzie ETRF89 współrzędne 11 punktów równomiernie rozmieszczono-

R E K L A M A

PRZEDSIĘBIORSTWO USŁUGOWO-HANDLOWE



„GEOZET” s.j.

ul. Wolność 2A
01-018 Warszawa
www.geozet.infoteren.pl
e-mail: geozet@geozet.infoteren.pl

tel./faks (0 22) 838-41-83
838-69-31
838-65-32
kom. 0601-226-039
0601-784-899

NASZA OFERTA

Niwelatory

BERGER, TOPCON, FREIBERGER, SOKKIA, NIKON



Sprzęt kreślarski

STANDARDGRAPH-MECANORMA,
ROTRING, CASTELL, STAEDTLER, KOH i NOR



Materiały eksploatacyjne

- Papiery i folie światłoczułe
- Materiały kreślarskie
- Materiały do ploterów
- Materiały do kserokopiarek

EURORIDEL, SIHL
FOLEX, SIHL, CANSON
SIHL
POLLUX, COPYLINER

Drobny sprzęt geodezyjny

tyczki, ruletki, łąty, statywy, stojaki do tyczek i łąt, szpilki, żabki do łąt, podziałki transversalne i katastralne, węgielnice ZEISS, FENEL i krajowe, lustra dalmiercze, wykrywacze urządzeń podziemnych, dalmierze, kółka pomiarowe, krzywomierze



Kopiarki

- Światłokopiarki amoniakalne
- Światłokopiarki bezamoniakalne

REGMA, NEOLT
NEOLT



Obcinarki

1,3 i 1,5 m



Autoryzowany serwis

światłokopiarek firmy REGMA i NEOLT

Zamówione towary dostarczamy

transportem własnym, pocztą, PKP,
SERVISCO, SPEDPOL



Najniższe ceny – najwyższa jakość

Sklep czynny w godz. 8-16

nych na terenie kraju, w nawiązaniu do 19 punktów sieci europejskiej. W dalszej kolejności sieć EUREF-POL zagęszczono w ramach przeprowadzonej w latach 1994-95 kampanii POLREF. Współrzędne 356 punktów sieci POLREF zostały obliczone w układzie ETRF89, przy czym punkty EUREF-POL przyjęto jako punkty odniesienia. Następnie sieć POLREF posłużyła jako sieć zerowego rzędu do wyrównania krajowej osnowy geodezyjnej I i II rzędu. W wyniku wyrównania uzyskano współrzędne punktów krajowej osnowy w układzie ETRF89. Punkty sieci EUREF-POL w 1994 roku zostały sklasyfikowane przez Podkomisję EUREF jako punkty kategorii B. Na mocy rozporządzenia Rady Ministrów z 8 sierpnia 2000 roku układ ETRF89 (nazwany EUREF-89 „jako rozszerzenie ETRF na obszar Polski”) jest obowiązującym w naszym kraju geodezyjnym układem odniesienia.

● Europa zniwelowana

Do zadań Podkomisji EUREF należą również działania zmierzające do ujednoczenia osnów wysokościowych na terenie Europy. Wykorzystując zebrany materiał obserwacyjny z poszczególnych krajów, przeprowadzono wspólne wyrównanie europejskiej sieci niwelacyjnej i utworzono jednolity wysokościowy układ odniesienia UELN. Jednocześnie w celu wzmocnienia sieci UELN, usunięcia błędów systematycznych pomiędzy systemami wysokościowymi Europy odniesionymi do różnych mareografów (Amsterdam, Kronsztad, Marsylia, Triest i in.) oraz powiązania UELN z trójwymiarowym układem odniesienia ETRF, założono Europejską Sieć Wysokościową EUVN. W Polsce obejmuje ona 58 równomiernie rozłożonych punktów. Nasza osnowa wysokościowa I rzędu – po dowiązaniu do osnowy niemieckiej, czeskiej i słowackiej – zostanie w najbliższym czasie wyrównana w systemie wysokościowym mareografu w Amsterdamie.

● Pomiary zintegrowane

Wsparcie permanentnych obserwacji GPS prowadzonych na stacji EPN ciągłymi pomiarami grawimetrycznymi umożliwi dokładniejsze określenie zmienności jej współrzędnych. Stąd Podkomisja EUREF zaleciła, aby w miarę możliwości instalować na tych stacjach grawimetry pływowe (najlepiej nadprzewodnikowe). Pożądane jest również wykonywanie powtarzalnych pomiarów absolutnych. Stacje permanentne GPS prowadzące w sposób ciągły bądź okresowo obserwacje grawimetryczne tworzą rozwijającą się od 2002 roku Europej-

ską Zintegrowaną Sieć Geodezyjną ECGN, do której włączona jest stacja w Borowej Górze. Najnowsze wyrównanie europejskiej sieci wysokościowej UELN oraz opracowanie rozszerzonej i zagęszczonej w najbliższych latach sieci EUVN zostaną wykorzystane do wyznaczenia dokładnej europejskiej geoidy, która z kolei posłuży między innymi do kalibracji modeli geoidy otrzymanych z misji kosmicznych CHAMP, GRACE i GOCE. Istotną rolę dla nowej europejskiej geoidy odegrają jej precyzyjne modele regionalne, w tym „centymetrowa” geoida dla obszaru Polski.

● Główne kierunki badań

Prace Podkomisji EUREF sformułowane w rezolucjach przyjmowanych przez coroczne sympozja koordynowane są przez TWG, która spotyka się dwa razy do roku. Pierwsze sympozjum odbyło się we Florencji (28-30 maja 1990 r.). Z kolei w br. 123 osoby z 28 krajów uczestniczyły w sympozjum EUREF zorganizowanym w Bratysławie (2-5 czerwca). Obrady podzielone były na 8 sesji tematycznych, ogłoszono 35 referatów oraz przedstawiono 25 raportów narodowych (w tym dla Polski autorstwa J. Kryńskiego, J.B. Rogowskiego i J.B. Zielińskiego). Na sesji posterowej zaprezentowano 17 plakatów, z czego 6 – autorów polskich.

Z przebiegu sympozjum w Bratysławie wynika, że jednym z dominujących kierunków poszukiwań naukowych w ramach szeroko rozumianego wykorzystania sieci EPN będzie badanie atmosfery. Jednocześnie rozwój technologii obserwacyjnej i oprogramowania zbliża użytkownika coraz bardziej do uzyskiwania ostatecznych wyników pomiarów w czasie rzeczywistym. Obecnie dane o stanie atmosfery (troposfera i jonosfera) dostępne są kilka godzin po wykonaniu obserwacji. Dlatego też obok rozwiązań opartych na obserwacjach z interwałów dobowych – wykorzystywanych do kontroli i utrzymania kinematycznego systemu odniesienia – wyznaczane są również rozwiązania sieciowe oparte na godzinnych sesjach obserwacyjnych. Uzyskiwane w czasie prawie rzeczywistym dane o troposferze są źródłem zasilania numerycznych modeli prognozowania pogody. Rezolucja przyjęta na sympozjum EUREF w czerwcu 2002 r. uruchomiła projekt pilotowy EUREF-IP [patrz GEODETA 6/2004 – red.], mający na celu zorganizowanie utrzymania infrastruktury do transmisji danych dla GNSS (GPS i GLONASS) w trybie rzeczywistym za pośrednictwem internetu i z wykorzystaniem stacji EPN. Obecnie głównym przedmiotem zainteresowań w ra-

mach tego projektu jest rozpowszechnianie poprawek w formacie RTCM dla precyzyjnego określania położenia i nawigacji w systemach DGPS i RTK (<http://www.rtcn.org>). W programie tym uczestniczą stacje permanentne w Józefosławiu, Krakowie i Borowej Górze. Wstępne wyniki testów działania systemów emisji poprawek oraz dokładności wyznaczania przy ich użyciu pozycji w czasie rzeczywistym świadczą o dużym potencjale tej techniki pomiarowej. Aplikacje innego rodzaju, np. określanie parametrów orbit, jonosfery i troposfery w czasie rzeczywistym są w trakcie opracowywania. Prace te koordynuje IGS RTWG (IGS Real-Time Working Group).

● Pomiary kodowe z wygładzeniem fazą

Obiektem ożywionej dyskusji na sympozjum EUREF 2004 była szybko rozwijająca się technologia PPP (*Precise Point Positioning*), w której wykorzystywane są pomiary kodowe z wygładzeniem fazą. Już obecnie technologia ta pozwala uzyskać dokładność wyznaczenia pozycji z obserwacji dobowych porównywalną z wynikami uzyskanymi z obserwacji fazowych. W technologii PPP wykorzystuje się orbite *ultra rapid*, co w połączeniu z nową generacją satelitów posiadających kod na drugiej częstotliwości (rozpoczęcie ich instalacji planuje się jeszcze w br.) i technologiami internetowymi dostępnymi w terenie, może w ciągu najbliższych kilku lat spowodować rewolucję podobną jak pojawienie się technologii RTK. Nie należy wykluczać, że rozwój technologii PPP, EGNOS, a w bliskiej perspektywie system Galileo, zmienią obecnie rozumianą rolę i wymagania stawiane gęstości rozmieszczenia stacji permanentnych dla potrzeb precyzyjnego pozycjonowania i nawigacji.

W podsumowaniu sympozjum przyjęto pięć rezolucji. Dotyczyły one m.in.: ■ zatwierdzenia wyników kampanii ARMREF02 i EUREF-GB-2001 i przyjęcia wyznaczonych w nich współrzędnych stacji jako klasy B, ■ zaakceptowania pozycji Podkomisji EUREF w ramach nowej struktury organizacyjnej Międzynarodowej Asocjacji Geodezji, ■ prośby pod adresem TWG o opracowanie do 2006 roku warunków technicznych dla nowego Europejskiego Wysokościowego Układu Odniesienia EVRF, ■ prośby pod adresem służb geodezyjnych i instytucji opracowujących ciągi czasowe rozwiązań sieci EPN o udostępnienie rozwiązań w formacie SINEX dla projektu europejskiego układu odniesienia EVF. ■