

MARCIN SĘKOWSKI
Instytut Geodezji i Kartografii
Warszawa

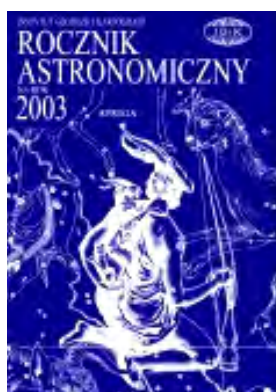
ROCZNIK ASTRONOMICZNY IGIK WOBEĆ NAJNOWSZYCH REZOLUCJI IAU

ZARYS TREŚCI: Zgromadzenie Generalne IAU w Manchesterze w 2000 r. przyjęło szereg rezolucji porządkujących, uściślających, jak również w istotny sposób zmieniających część pojęć i definicji stosowanych w astrometrii i astronomii geodezyjnej. Jednocześnie zgodnie z zaleceniem Zgromadzenia Generalnego IAU zmiany te powinny zostać wprowadzone do praktyki, w tym do wydawnictw rocznikowych, z dniem 1 stycznia 2003 r.

W pracy przedstawiono Rocznik Astronomiczny wydawany w Instytucie Geodezji i Kartografii – jego zawartość oraz zmiany dokonane w treści najnowszej edycji na rok 2004.

1. WSTĘP

Rocznik Astronomiczny wydawany jest w Instytucie Geodezji i Kartografii nieprzerwanie od roku 1946. Do roku 2004 miało miejsce 59 wydań. Rocznik opracowany został przede wszystkim jako pomoc dla wykonawców prac astronomiczno-geodezyjnych oraz pomoc dydaktyczna dla studentów studiów geodezyjnych w zakresie astronomii geodezyjnej. Istotną grupę czytelników stanowią również amatorzy astronomii. Na przestrzeni lat podlegał wielokrotnym zmianom i uzupełnieniom. W największym dotychczas zakresie dokonano ich w wydaniu na rok 2004 (Kryński i Sękowski 2003), w związku z uchwałami XXIV Zgromadzenia Generalnego IAU w Manchesterze, w 2000 r.



2. TREŚĆ ROCZNIKA ASTRONOMICZNEGO I JEJ MODYFIKACJE PRZED ZMIANAMI ZWIĄZANYMI Z REZOLUCJAMI IAU (MANCHESTER, 2000)

Zasadniczą treść Rocznika Astronomicznego IGIK stanowią tablice zawierające podstawowe wielkości wykorzystywane w praktyce astronomiczno-geodezyjnej. Są to tablice czasu gwiazdowego, tablice położenia Słońca i Księżyca, tablice miejsc średnich gwiazd, wielkości redukcyjnych oraz tablice miejsc pozornych gwiazd. Publikowane są także w Roczniku tablice i dane dodatkowe, np. tablice współrzędnych bieguna Ziemi i różnic czasu $UT1 - UTC$, tablice przybliżonego azymutu Biegunowej w funkcji czasu gwiazdowego, przybliżonej odległości zenitalnej Biegunowej, tablice do wyznaczania szerokości geograficznej z wysokości Biegunowej oraz tablice o przeznaczeniu i przydatności przede wszystkim dla amatorów astronomii, np. tablice położenia planet, tablice służące do obliczania momentów wschodów i zachodów Słońca i Księżyca, zaćmień i konfiguracji planet oraz kalendarz astronomiczny i mapki nieba gwiazdzistego. Poza wymienionymi tablicami obszerną część Rocznika stanowią również objaśnienia oraz przykłady wykorzystania publikowanych danych.

Tablice czasu gwiazdowego. Do roku 2003 tablice czasu gwiazdowego zawierały średni czas gwiazdowy Greenwich w odstępach dobowych, na moment $0^h UT1$ daty, z precyzją 10^{-4} s, obliczony według wzoru (1) zatwierdzonego Rezolucją C5 XVIII Zgromadzenia Generalnego IAU w Patras (IAU 1983), gdzie T jest interwałem czasu, wyrażonym w stuleciach juliańskich $UT1$. Wzór ten uwzględniał poprawkę związaną z przejściem od punktu równonocy wiosennej systemu FK4 do punktu równonocy wiosennej systemu FK5 i zapewniał ciągłość czasu $UT1$ wyznaczanego na podstawie obserwacji gwiazd.

$$s_m = 6^h 41^m 50^s .548 41 + 8 640 184^s .812 866 T + 0^s .093 104 T^2 - 6^s .2 \times 10^{-6} T^3 \quad (1)$$

Tablice czasu gwiazdowego zawierały również dwie kolumny poprawek będących sumą długo- i krótkookresowych wyrazów nutacyjnych w długości ($\Delta\Psi$, $d\Psi$), obliczonych w oparciu o zatwierdzoną także przez XVIII Zgromadzenie Generalne IAU (Rezolucją R3) teorię nutacji IAU1980 (Wahr 1981; Seidelmann 1982).

Prawdziwy czas gwiazdowy Greenwich s na moment $0^h UT1$ daty był wyznaczany i tablicowany jako suma czasu gwiazdowego średniego s_m oraz tzw. równania ekwinokcjum – całkowitej nutacji w rektascensji.

$$s = s_m + (\Delta\Psi + d\Psi) \cos \varepsilon_0 + [0'' .002 64 \sin \Omega + 0'' .000 063 \sin \Omega] \quad (2)$$

Ujęte w nawias w równaniu (2) składniki, związane z długością węzła wstępującego orbity Księżyca Ω , wprowadzone do wzoru w 1994 r. (IAU 1996) nie były uwzględniane, jako pomijalnie małe w stosunku do założonej dokładności. Podobnie, jako zaniedbywalny pominięty był efekt związany z wykorzystywaniem we wzorze dwóch różnych skal czasowych $UT1$ (we wzorze na s_m) i Barycentrycznego Czasu Dynamicznego TDB (argumentu teorii nutacji IAU1980).

Tablice słoneczne i księżycowe. Zasadniczą treścią tablic słonecznych i księżycowych są współrzędne równikowe pozorne Słońca i Księżyca (α_{app} , δ_{app}) do roku 2003 podawane w odstępach dobowych na moment 0^h Ziemskiego Czasu Dynamicznego TDT daty.

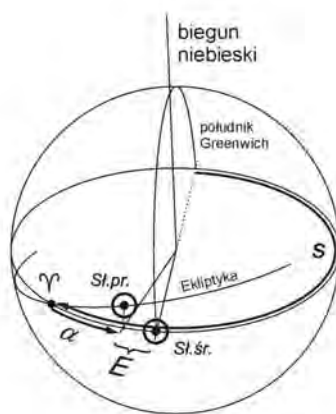
W obliczeniach tych współrzędnych (rektascensji i deklinacji) wykorzystywane były efemerydy planetarne i księżycowe DE200/LE200 (Standish 1990) opracowane w JPL i przyjęte jako standard IERS. Efemerydy te zawierają składowe współrzędnych i prędkości ciał Układu Słonecznego w postaci rozwinięć wielomianów Czebyszewa z argumentem TDB . Różnica $TDT - TDB^1$ rzędu 10^{-3} s, jako nieistotna na wymaganym poziomie dokładności, nie była jednak w tych obliczeniach uwzględniana.

Algorytm stosowany w obliczeniach współrzędnych równikowych opierał się na obliczeniu współrzędnych prostokątnych Słońca i Księżyca, zastosowaniu pełnej macierzy precesyjno-nutacyjnej uwzględniającej zarówno składniki długo-, jak i krótkookresowe nutacji oraz tradycyjnego, nierelatywistycznego wzoru na aberrację światła ($\Delta\alpha = V_\alpha \times \rho \times 5.775\ 518 \cdot 10^{-3}$, $\Delta\delta = V_\delta \times \rho \times 5.775\ 518 \cdot 10^{-3}$, gdzie ρ jest odległością Ziemi od Słońca). Efekt grawitacyjnego ugięcia światła oraz tzw. aberracja planetarna, czyli czas przejścia światła pomiędzy ciałem niebieskim a Ziemią, nie były uwzględniane, co jednak nie miało wpływu na wyniki obliczeń przy założonej dokładności tablic – $0^s.01$ dla rektascensji i $0''.1$ dla deklinacji.

Tablice słoneczne zawierały ponadto wartości równania czasu ($E + 12^h$) – różnicę pomiędzy czasem słonecznym prawdziwym i średnim, równoważną różnicę pomiędzy rektascensją Słońca prawdziwego i rektascensją Słońca średniego, powiększoną o 12 godzin. Przy obliczaniu równania czasu wykorzystywano fakt, że wartość $E + 12^h$ w momencie $0^h UT1$ jest równa różnicy prawdziwego czasu gwiazdowego s oraz rektascensji Słońca α , tj. $E_{0^h UT1} + 12^h = s - \alpha$ (rys. 1).

Zarówno tablice słoneczne, jak i księżycowe zawierają ponadto informacje uzupełniające, jak przemiany roczne deklinacji, kątowny promień tarczy, paralaksę oraz momenty wschodów i zachodów – w wypadku Księżyca również górowań – w Warszawie, w czasie środkowoeuropejskim.

¹ $TDB - TDT = 0^s.001\ 658 \sin(g + 0.0167 \sin g)$, gdzie g jest anomalią średnią ruchu orbitalnego Ziemi.



Rys. 1. Równanie czasu o 0^h UT1 (w dolnej kulminacji Słońca średniego)

$$E_{0^h UT1} = (s - 12^h) - \alpha$$

Miejsca średnie gwiazd. Tablice miejsc średnich gwiazd (α , δ) obejmują zbiór 949, jasnych, jednorodnie rozłożonych na sferze niebieskiej gwiazd, wybranych z katalogu FK5.

Do wydania Rocznika Astronomicznego na 2003 r. pozycje średnie obliczane były zgodnie z formułami:

$$\mathbf{p} = \mathbf{P} \cdot (\mathbf{p}_0 + \mathbf{m}_0 t) \quad \mathbf{m} = \mathbf{P} \cdot \mathbf{m}_0 \quad (3)$$

gdzie \mathbf{p}_0 i \mathbf{m}_0 są odpowiednio wektorami położenia i prędkości gwiazdy na epokę katalogu FK5, wyznaczonymi w następujący sposób:

$$\begin{aligned} p_{0x} &= \cos \delta \cos \alpha & m_{0x} &= -\mu_\alpha \cos \delta \sin \alpha - \mu_\delta \sin \delta \cos \alpha + k\pi_0 v_0 p_{0x} \\ p_{0y} &= \cos \delta \sin \alpha & m_{0y} &= \mu_\alpha \cos \delta \cos \alpha - \mu_\delta \sin \delta \sin \alpha + k\pi_0 v_0 p_{0y} \\ p_{0z} &= \sin \delta & m_{0z} &= \mu_\delta \cos \delta + k\pi_0 v_0 p_{0z} \end{aligned} \quad (4)$$

Miejsca średnie obliczane były wówczas na epokę (JD) połowy danego roku, np. w Roczniku na 2004 r.:

$$JD_{2004.5} = (2004.5 - 2000.0) \times 365.25 + J2000.0 \quad (5)$$

Algorytm obliczania miejsc średnich gwiazd, zgodnie z uchwałą XVI Zgromadzenia Generalnego IAU z Grenoble (IAU 1977) oparty był na modelu precesji IAU1976. Macierz precesji obliczana była jako złożenie trzech elementarnych macierzy obrotowych:

$$\mathbf{P} = R_3(-z_A)R_2(\theta_A)R_3(\zeta_A) \quad (6)$$

gdzie:

$$\begin{aligned} z_A &= 2306''.2181 \cdot t + 1''.09468 \cdot t^2 + 0''.018203 \cdot t^3 \\ \theta_A &= 2004''.3109 \cdot t - 0''.42665 \cdot t^2 - 0''.041833 \cdot t^3 \\ \zeta_A &= 2306''.2181 \cdot t + 0''.30188 \cdot t^2 + 0''.017998 \cdot t^3 \end{aligned} \quad (7)$$

zaś t jest interwałem wyrażonym w stuleciach liczonych od epoki standardowej J2000.0.

Wielkości redukcyjne. Tablice wielkości redukcyjnych służą do łatwego obliczania pozycji pozornych gwiazd (α_{app} , δ_{app}) w oparciu o sumowanie poprawek do pozycji średnich (α_0 , δ_0). W świetle uchwał Zgromadzenia Generalnego IAU z Montrealu (IAU 1980) nie należy ich jednak stosować w obliczeniach wymagających wysokiej dokładności.

Zamieszczane w Roczniku tablice zawierały wielkości redukcyjne, podane z krokiem 1 doby gwiazdowej, na moment 0^h czasu gwiazdowego prawdziwego Greenwich (GST). Pozwalało to na obliczanie pozycji pozornych gwiazd w momencie ich górowania bez konieczności stosowania dodatkowej interpolacji.

Obliczanie pozycji pozornej gwiazdy dokonuje się w oparciu o wzory:

$$\begin{aligned} \alpha_{app} &= \alpha_0 + (A + A')a + (B + B')b + Cc + Dd + E + \mu_\alpha \tau + I_\alpha \operatorname{tg}^2 \delta_0 \\ \delta_{app} &= \delta_0 + (A + A')a' + (B + B')b' + Cc' + Dd' + \mu_\delta \tau + I_\delta \operatorname{tg} \delta_0 \end{aligned} \quad (8)$$

Wielkości redukcyjne $A + A'$, $B + B'$ i E służące do uwzględnienia nutacji całkowitej oraz precesji za część roku τ (od połowy roku do daty), obliczane były w oparciu o model precesji IAU1976 oraz teorię nutacji IAU1980. Dodatkowo w tablicach zamieszczane były także wielkości $A + A_1$ służące do bezpośredniego obliczania tzw. rektascensji Atkinsona, liczonej od punktu równonocy wiosennej wolnego od wpływu nutacji ($\alpha_1 = \alpha_{app} + (\Delta \Psi + d\Psi)\cos\epsilon$). Wielkości C i D odpowiadające aberracji rocznej i zawierające składowe prędkości orbitalnej Ziemi obliczane były w oparciu o efemerydy ciała Układu Słonecznego DE200/LE200. Pozostałe wielkości w powyższych wzorach to zamieszczane w tablicach stałe a , b , c , d oraz a' , b' , c' , d' – zależne od współrzędnych gwiazdy, μ_α , μ_δ – składowe ruchu własnego gwiazdy oraz również zależne od współrzędnych gwiazdy wyrazy drugiego rzędu $I_\alpha \operatorname{tg}^2 \delta_0$ i $I_\delta \operatorname{tg} \delta_0$.

Miejsca pozorne gwiazd. W Roczniku Astronomicznym IGIK tablice miejsc pozornych gwiazd publikowane były z podziałem na dwie części. W pierwszej zamieszczone były pozycje pozorne (α_1, δ_{app}) 56 jasnych gwiazd o deklinacjach zawartych w granicach od -81° do $+81^\circ$, wybranych z katalogu FK5, w tym 48 gwiazd nieba północnego i 8 gwiazd nieba południowego. Pozycje te tabelaryzowane były na moment górowania gwiazd w południku Greenwich, z interwałem 10 dób gwiazdowych, z uwzględnieniem wyłącznie długookresowej składowej nutacji. W drugiej części zawarte były pozycje pozorne (α_1, δ_{app}) 5 gwiazd okołobiegunowych północnych, również w momencie górowania w południku Greenwich, ale z interwałem 1 doby gwiazdowej i obliczane z uwzględnieniem nutacji całkowitej.

Algorytm obliczania pozycji pozornych oparty był na stałych i modelu precesji IAU1976 oraz teorii nutacji IAU1980. Obok precesji i nutacji algorytm ten uwzględniał paralaksę roczną, ugięcie grawitacyjne światła oraz aberrację roczną światła. Zarówno ugięcie grawitacyjne światła, jak i aberracja roczna obliczane były z wykorzystaniem wzorów teorii względności. W skrótovej formie algorytm ten może być przedstawiony w czterech zasadniczych punktach:

- 1) ruch własny gwiazdy z uwzględnieniem paralaksy rocznej – przejście od systemu barycentrycznego do geocentrycznego:

$$\mathbf{P} = \mathbf{p}_0 + t \cdot \mathbf{m}_0 + \pi \cdot \mathbf{E}_B \quad (9)$$

- 2) efekt grawitacyjnego ugięcia światła:

$$\mathbf{p}_1 = \mathbf{p} + \frac{2\mu(\mathbf{e} - (\mathbf{p}\mathbf{e})\mathbf{p})}{c^2 E(1 + \mathbf{p}\mathbf{e})} \quad (10)$$

gdzie $\mathbf{p} = \frac{\mathbf{P}}{|\mathbf{P}|}$, $\mathbf{e} = \frac{\mathbf{E}_H}{|\mathbf{E}_H|}$, $E = |\mathbf{E}_H|$, a $\mu/c^2 = 9.8704 \cdot 10^{-9}$ j.a. to tzw. gra-

witacyjny promień Słońca,

- 3) aberracja roczna światła:

$$\mathbf{p}_2 = \left(\beta^{-1} \mathbf{p}_1 + \mathbf{V} + \frac{(\mathbf{p}_1 \mathbf{V}) \mathbf{V}}{(1 + \beta^{-1})} \right) / (1 + \mathbf{p}_1 \mathbf{V}) \quad (11)$$

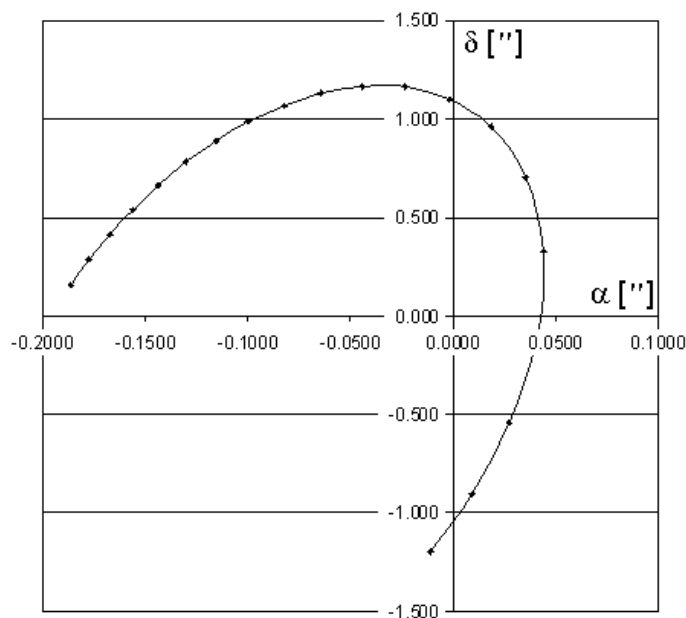
gdzie $\mathbf{V} = \frac{\dot{\mathbf{E}}_B}{c}$; $\beta = (1 - \mathbf{V}\mathbf{V})^{-1/2}$; c – prędkość światła.

- 4) precesja i nutacja:

$$\mathbf{p}_3 = \mathbf{R} \mathbf{p}_2 \quad (12)$$

Wyjściowe wektory \mathbf{p}_0 i \mathbf{m}_0 to odpowiednio wektor położenia i wektor prędkości gwiazdy, otrzymywane ze współrzędnych katalogowych FK5 – podobnie jak wektory \mathbf{p}_0 i \mathbf{m}_0 we wzorach (4); \mathbf{E}_B i \mathbf{E}_H to wektory barycentrycznego i heliocentrycznego położenia Ziemi, w jednostkach astronomicznych, otrzymywane na podstawie efemeryd DE200/LE200; \mathbb{R} – łączna macierz precesyjno-nutacyjna uwzględniająca, zależnie od rodzaju tablic, całkowitą lub tylko długookresową część nutacji.

Wszystkie gwiazdy, dla których podawano w Roczniku pozycje pozorne, znajdowały się również wśród gwiazd, dla których podane były pozycje średnie.



Rys. 2. Ruch składnika α CMa A wzgl. c.g.

W wypadku zidentyfikowanych układów wielokrotnych gwiazd katalogi fundamentalne zawierają współrzędne ich środka masy (c.g. – *centrum gravitatis*). W celu umożliwienia bezpośredniego korzystania z danych zawartych w rocznikach, pozycje pozorne gwiazd wielokrotnych są więc redukowane do pozycji pozornych ich najjaśniejszego składnika. W Roczniku Astronomicznym IGiK (do roku 2003) sytuacja ta dotyczyła tylko jednej gwiazdy (α CMa – Syriusz), a redukcja polegała na dodawaniu, interpolowanej linio-wo w granicach danego roku, poprawki (Bos 1960; Volet 1931). Rysunek 2

przedstawia zmianę położenia najjaśniejszego składnika α CMa A względem α CMa c.g.

Poza wymienionymi tablicami, stanowiącymi zasadniczą treść Rocznika, publikowane były również liczne tablice uzupełniające. Należą do nich m.in. tablice współrzędnych bieguna Ziemi (Niebieskiego Bieguna Efemerydalnego *CEP*) wyrażone w układzie współrzędnych płaskich o początku *IRP* (**IERS Reference Pole**), w systemie *ITRS*, publikowane w biuletynach IERS. Tablice zawierają również poprawkę czasu uniwersalnego *UTI* – *UTC*.

3. REALIZACJA REZOLUCJI XXIV ZGROMADZENIA GENERALNEGO IAU 2000

Rezolucje podjęte przez XXIV Zgromadzenie Generalne IAU w Manchesterze (IAU 2001) dokonują istotnych zmian zarówno w dotychczasowej procedurze transformacji pomiędzy niebieskim systemem odniesienia, którym na mocy wcześniejszych uchwał XXIII Zgromadzenia Generalnego IAU z Kyoto (IAU 1999) od 1 stycznia 1998 r. jest Międzynarodowy Niebieski System Odniesienia *ICRS*, a ziemskim systemem odniesienia *ITRS*, jak również w definicjach podstawowych pojęć astronomii pozycyjnej i czasu.

Wprowadzenie tych rezolucji do praktyki wiąże się z kilkoma podstawowymi zadaniami. Ich realizacja związana jest w szczególności ze zmianami, jakich należy dokonać w wydawnictwach rocznikowych. Zadania te to:

- 1) Zastąpienie modelu precesji IAU1976 oraz teorii nutacji IAU1980 nowym modelem precesyjno-nutacyjnym IAU2000 (Dehant i in. 1999; Mathews i in. 2002) (Rezolucja B1.6), opisującym ruch nowo zdefiniowanego (Rezolucja B1.7) Niebieskiego Bieguna Pośredniego (*CIP*) w *GCRS*.
- 2) Przyjęcie Niebieskiego Efemerydalnego Punktu Początkowego *CEO*, zgodnego z koncepcją Nieobrcającego się Punktu Początkowego *NRO* (Guinot 1979) w *GCRS*, jako punktu początkowego Niebieskiego Pośredniego Systemu Odniesienia na równiku *CIP* (Rezolucja B1.7).
- 3) Przyjęcie na równiku *CIP* Ziemskiego Efemerydalnego Punktu Początkowego *TEO*, zgodnego z koncepcją *NRO* w *ITRS* (Rezolucja B1.7).
- 4) Przyjęcie konwencjonalnej definicji czasu *UTI* jako proporcjonalnego do Kąta Obrótu Ziemi *ERA*, odmierzanego pomiędzy Niebieskim *CEO* i Ziemskim Efemerydalnym Punktem Początkowym *TEO* (Rezolucja B1.8).

Zadanie z pkt. 1 stanowi w istocie głównie zmianę ilościową – oznacza bowiem zastąpienie dotychczasowego modelu precesyjno-nutacyjnego IAU1980 dokładniejszym modelem IAU2000, w konsekwencji natomiast, niebieskiego systemu pośredniego, którego biegunem był Niebieski Biegun Efemerydalny *CEP* nowym systemem pośrednim, którego biegunem jest Niebieski Biegun Pośredni *CIP*.

Istotniejszą zmianą – jakościową – jest wskazane w pkt. 2 zastąpienie dotychczasowego punktu początkowego pośredniego systemu niebieskiego, jakim był punkt równonocy wiosennej przez Niebieski Efemerydalny Punkt Początkowy *CEO*. Konsekwencją tego jest:

- a) uwolnienie pozycji astrometrycznych od błędów związanych z wyznaczeniem położenia ekliptyki w stosunku do równika systemu pośredniego (równika niebieskiego), a więc błędów związanych z realizacją systemu niebieskiego jako takiego;
- b) narastająca w czasie różnica pomiędzy rektascensją α liczoną w dotychczasowy sposób od punktu równonocy wiosennej oraz rektascensją α^{CEO} liczoną od *CEO* – różnica ta jest równa „klasycznej” rektascensji *CEO* (α_{CEO}).

Bardzo istotną zmianą jakościową jest również wymieniona w pkt. 4 zmiana definicji czasu uniwersalnego średniego *UTI*, wiążąca go zależnością liniową z Kątem Obrotu Ziemi *ERA*, będącym kątem pomiędzy *CEO* i *TEO*, liczonym wzdłuż równika niebieskiego (równika *CIP*). *ERA* zastępuje bowiem dotychczasowe pojęcie czasu gwiazdowego prawdziwego.

Z przyjęciem nowej definicji *UTI* powstała konieczność opracowania równań i zależności wykorzystywanych w transformacji *ICRS* do *ITRS*, zgodnych z nowym modelem precesyjno-nutacyjnym. Zadbano przy tym o ciągłość, zarówno ilościową, jak i jakościową – pojęciową. Opracowane związki pomiędzy odpowiadającymi sobie pojęciami pozwalają na realizację wymienionych zadań oraz na realizację transformacji pomiędzy systemami niebieskim i ziemskim na dwa sposoby:

- 1) w oparciu o nowy paradygmat z bezpośrednim wykorzystaniem pojęć *CEO* oraz *ERA*;
- 2) w oparciu o paradygmat klasyczny oparty bezpośrednio na pojęciach punktu równonocy wiosennej oraz czasu gwiazdowego prawdziwego, ale pośrednio odnoszący się do nowoprzyjętych pojęć *CEO* i *ERA*.

Roczniki astronomiczne są źródłem praktycznych danych astronomicznych przeznaczonych na ogół dla szerokiego kręgu użytkowników i wykorzystywane w takich dziedzinach, jak astronomia pozycyjna, geodezja, nawigacja, dydaktyka astronomii. Większość użytkowników spodziewa się, że zasadnicza treść i forma tych wydawnictw pozostanie niezmienną z roku na rok. Dlatego zmiany w rocznikach dokonywane są tak rzadko, jak to tylko możliwe i zawsze po gruntownym rozważeniu argumentów za i przeciw. Twórcy roczników dokonują zmian jeśli:

- a) skutkują one podwyższeniem dokładności publikowanych danych;
- b) oparte są na solidnych podstawach naukowych;
- c) są źródłem nowych danych oczekiwanych przez użytkowników.

Najważniejsze jest przy tym kryterium ostatnie. Rezolucje IAU 2000 musiały być więc rozważone w odniesieniu do wymienionych kryteriów. Po-

nadto, bardzo często zwłoka pomiędzy czasem przyjęcia nowych rozwiązań do czasu ich wdrożenia związana jest z czasem potrzebnym do opracowania i przetestowania oprogramowania oraz z procesem wydawniczym.

Zmiany wynikające z rezolucji IAU 2000 wypełniają całkowicie dwa pierwsze kryteria. W wypadku zaś Rocznika Astronomicznego IGiK, którego głównymi adresatami, wobec praktycznego odejścia już od terenowych prac astronomiczno-geodezyjnych, są dziś studenci astronomii geodezyjnej, szeroka prezentacja nowych pojęć oraz nowego podejścia do zagadnień związanych z transformacją systemów odniesienia wypełnia również trzecie kryterium.

4. ZMIANY DOKONANE W TREŚCI ROCZNIKA ASTRONOMICZNEGO NA 2004 ROK

Celem zmian dokonanych w wydaniu Rocznika Astronomicznego IGiK na rok 2004 była przede wszystkim prezentacja nowych, wprowadzonych przez rezolucje IAU pojęć związanych z definicjami systemów odniesienia oraz czasu. Jednocześnie starano się całkowicie zachować dotychczasową formę prezentacji zawartych w Roczniku danych oraz zgodność z dotychczasowymi sposobami korzystania z nich. Wszystkie tablice podstawowe zostały opracowane na nowo z wykorzystaniem nowego zestawu pojęć. W wypadku części tablic, dla zachowania ciągłości dane zostały przedstawione zarówno w nowej, jak i poprzedniej formie. Dotyczy to w szczególności tablic: miejsc średnich gwiazd, wielkości redukcyjnych oraz pozycji pozornych. Jedyne zmiany wprowadzone do pozostawionych dotychczasowych tablic wielkości redukcyjnych miejsc pozornych gwiazd polegają na odstąpieniu od zamieszczania w nich tzw. rektascensji Atkinsona α_1 oraz związanych z nią wielkości redukcyjnych i zastąpienie jej rektascensją pozorną α_{app} . Dodanych zostało również kilka nowych tablic.

Czas gwiazdowy. Pomimo wprowadzenia pojęcia Kąta Obrotu Ziemi *ERA* (oznaczanego jako θ), zastępującego pojęcie czasu gwiazdowego prawdziwego, dla zachowania zgodności z dotychczasową treścią Rocznika Astronomicznego oraz umożliwienia użytkownikom posługiwania się nim w klasyczny, stosowany dotychczas sposób, zachowano tablice czasu gwiazdowego średniego oraz czasu gwiazdowego prawdziwego. Tablice te uzyskały jednak, z konieczności, nieco odmienną formę.

Podobnie jak w poprzednich edycjach, tablice czasu gwiazdowego zawierają średni czas gwiazdowy Greenwich *GMST* w odstępach dobowych, na moment $0^h UT1$ daty, z precyzją 10^{-4} s. Wartości czasu gwiazdowego obliczone są według wzoru (Capitaine i in. 2003):

$$GMST = 0''.014\,506 + \theta + 4612''.157\,399\,66\,t + 1''.396\,677\,21\,t^2 - 0''.000\,093\,44\,t^3 + 0''.000\,018\,82\,t^4 \quad (13)$$

gdzie Kąt Obrótu Ziemi θ związany jest liniową zależnością z $UT1$

$$\theta = 2\pi(0.779\,057\,273\,2640 + 1.002\,737\,811\,911\,354\,48\,T_u) \quad (14)$$

T_u wyrażone jest w dniach juliańskich w skali czasu $UT1$

$$T_u = JD(UT1) - 2\,451\,545.0 \quad (15)$$

zaś parametr t wyrażony jest w stuleciach juliańskich odniesionych do skali czasu TT

$$t = (JD(TT) - 2000 \text{ styczeń } 1^d \text{ } 12^h \text{ } TT) / 36\,525. \quad (15)$$

Argumenty $UT1$ i TT wyznacza się w oparciu o skalę czasu koordynowanego UTC z zależności:

$$UT1 = UTC + [UT1 - UTC]_{\text{IERS}} \quad (16)$$

$$TT = UTC + 64^s.184 \quad (17)$$

Wzór ten uwzględnia poprawkę związaną z obowiązującym od 1 stycznia 2003 r. przejściem od punktu równonocy wiosennej systemu FK5 do CEO w Niebieskim Pośrednim Systemie Odniesienia i zapewnia ciągłość w $UT1$.

W drugiej kolumnie tablice zawierają wartości równania równonocy (Eq). Z konieczności zrezygnowano tu z dotychczasowego podziału na długo- i krótkookresową składową nutacji. Jest to spowodowane koniecznością stosowania nowej teorii precesyjno-nutacyjnej IAU2000, w której brak jest rozdziału pomiędzy poszczególnymi wyrazami nutacji ze względu na ich okresowość. Równanie równonocy zostało obliczone według wzoru:

$$Eq = \Delta\psi \cos \varepsilon_A - \sum_k [(C'_{s0})_k \sin \alpha_k + (C'_{e0})_k \cos \alpha_k] - 0''.000\,0087\,t \sin \Omega \quad (18)$$

gdzie pierwszy składnik to „klasyczne równanie równonocy”, opisywane przez całkowitą nutację w długości $\Delta\psi$ oraz kąt nachylenia ekliptyki ε_A . Pozostałe składniki stanowi szereg tabelaryzowanych wyrazów okresowych (Capitaine i in. 2003), związanych głównie z długością węzła wstępującego orbity Księżyca Ω .

Trzecia kolumna tablic zawiera czas gwiazdowy prawdziwy Greenwich GST . Jest on sumą czasu średniego Greenwich $GMST$ i równania równonocy Eq z dwóch pierwszych kolumn i dany jest wzorem:

$$GST = GMST + Eq \quad (19)$$

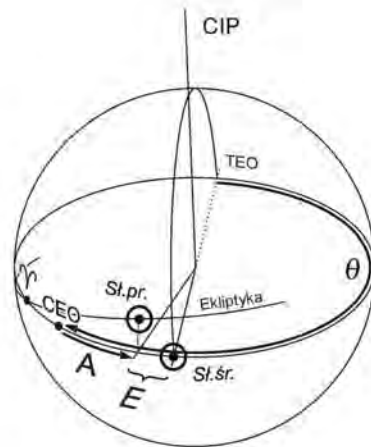
Tablice pozornych pozycji Słońca i Księżyca. W wydaniu Rocznika Astronomicznego IGiK na 2004 r. tablice pozornych pozycji Słońca i Księżyca zawierają dane całkowicie wyrażone z nowym systemie pojęć. Najistotniejszą zmianą jest tu zastąpienie dotychczasowej rektascensji Słońca i Księżyca – liczonej od punktu równonocy wiosennej – przez odpowiadającą jej rektascensję liczoną od punktu Niebieskiego Efemerydalnego Punktu Początkowego *CEO*.

Tablice zawierają pozycje zarówno Słońca, jak i Księżyca w odstępach dobowych, na godzinę $0^h TT$, który zastąpił czas *TDT* ($TT \equiv TDT$), z precyzją większą o rząd wielkości w stosunku do poprzednich wydań Rocznika, tj. odpowiednio $0^s.001$ i $0''.01$ w rektascensji i w deklinacji.

W obliczeniach rektascensji i deklinacji wykorzystywane są, przyjęte również jako standard IERS (McCarthy i Petit 2003), efemerydy planetarne i księżycowe DE405/LE405 opracowane przez JPL. Efemerydy te, podobnie jak poprzednio stosowane DE200/LE200, zawierają składowe współrzędnych i prędkości ciał Układu Słonecznego w *ICRS*, w postaci rozwinięć wielomianów Czebyszewa z argumentem *TDB*. Różnica $TT - TDB$ (Fairhead i in. 1990), będąca rzędu 10^{-5} s, mimo że nieistotna na wymaganym poziomie dokładności, dla całkowitej spójności algorytmu jest również w tych obliczeniach uwzględniana.

Algorytm stosowany w obliczeniach współrzędnych równikowych (współrzędnych w Niebieskim Pośrednim Systemie Odniesienia związanym z biegunem *CIP* i punktem początkowym *CEO*) nie odbiega w ogólnym kształcie od stosowanego poprzednio. Opiera się na obliczeniu współrzędnych kartezyjskich Słońca i Księżyca, zastosowaniu pełnej macierzy precesyjno-nutacyjnej, obliczanej w oparciu o nową teorię precesyjno-nutacyjną IAU2000 (w jej dokładnym wariancie IAU2000A) oraz uwzględnieniu efektów związanych z aberracją roczną i grawitacyjnym ugięciem światła. Dodatkowo algorytm uwzględnia również, pomijany dotąd, efekt tzw. aberracji planetarnej związany z czasem przejścia światła pomiędzy Słońcem i Księżycem a Ziemią.

Podobnie jak w poprzednich wydaniach Rocznika, zarówno tablice słoneczne, jak i księżycowe, zawierają ponadto informacje uzupełniające, jak przemiany deklinacji, kątowny promień tarczy, paralaksę oraz momenty wschodów i zachodów, a w wypadku Księżyca również górowań – w Warszawie, w czasie środkowoeuropejskim. Tablice słoneczne zawierają ponadto kolumnę równania czasu $E + 12^h$. Przy obliczaniu równania czasu wykorzystano fakt, że wartość $E + 12^h$ w momencie $0^h UT1$ jest równa różnicy Kąta Obrotu Ziemi θ oraz rektascensji α_{app}^{CEO} Słońca prawdziwego: $E_{0^h UT1} + 12^h = \theta - \alpha_{app}^{CEO}$ (rys. 3, por. rys. 1).



Rys. 3. Równanie czasu o 0^h UT1 (w dolnej kulminacji Słońca średniego)

$$E_{0^h UT1} = \theta - 12^h - \alpha_{app}^{CEO}$$

Tablice „miejsc średnich” gwiazd w systemie ICRS. Zgodnie z Rezolucją B2 XXIII Zgromadzenia Generalnego IAU (IAU 1999) niebieskim systemem odniesienia jest ustalony w przestrzeni ICRS, którego realizacją w zakresie widma optycznego jest Katalog Hipparcos (ESA 1997). Rezolucja B1.6 IAU z 2000 r. wprowadza ponadto nową teorię precesyjno-nutacyjną IAU2000 służącą transformacji ICRS do Niebieskiego Pośredniego Systemu Odniesienia – systemu bieguna CIP oraz CEO. Dotychczasowe pojęcie miejsc średnich gwiazd, związane z niebieskim systemem odniesienia na epokę daty, zostało tym samym zastąpione przez, niezależne od epoki, współrzędne wyrażone w ICRF (w wypadku obiektów optycznych HCRF – **H**ipparcos **C**elestial **R**eference **F**rame). Przejście od pozycji „średnich” ICRF do np. pozycji prawdziwych dokonuje się poprzez zastosowanie transformacji uwzględniającej zarówno precesję jak i nutację.

Chcąc umożliwić przeliczanie współrzędnych gwiazd całkowicie zgodnie z przyjętymi ustaleniami IAU, zdecydowano uzupełnić Rocznik o tablice zawierające barycentryczne współrzędne gwiazd w ICRS. Obejmują one ten sam zbiór gwiazd, dla których dotychczas publikowane były miejsca średnie na połowę roku. Pozycje tych gwiazd zostały zaczerpnięte z Katalogu Hipparcos. Są to pozycje na epokę J2000.0 – co w tym wypadku oznacza wyłącznie korektę ze względu na ruchy własne gwiazd. Epoką Katalogu Hipparcos jest J1991.25. W redukcji do epoki J2000.0 zastosowana więc została ścisła, opublikowana wraz z Katalogiem Hipparcos, procedura uwzględniająca ruchy własne gwiazd oraz ich prędkości radialne, przy czym te ostatnie zaczerpnięto z katalogów FK6 i FK5 (Katalog Hipparcos nie zawiera danych o prędko-

ściach radialnych). W wypadku gwiazd podwójnych o wyróżniającej się jasności, np. Biegunowa lub Syriusz, ich pozycje barycentryczne obliczono w odniesieniu do środka mas układu (Bos 1960; Wielen i in. 2000).

W tablicach barycentrycznych pozycji gwiazd dla każdej gwiazdy podano jej numer katalogowy według Katalogu Hipparcos; kolumny zawierające: numer według katalogu FK5, jasność gwiazdy, paralaksy itp., podobnie jak wszystkie oznaczenia, pozostały takie same jak stosowane dotychczas w tablicach miejsc średnich. Dodana kolumna prędkości radialnych V_R w przypadku większości gwiazd zawiera dane pochodzące z Katalogu FK6, a w przypadku tych, których on nie obejmuje, z Katalogu FK5.

Barycentryczne i heliocentryczne pozycje Ziemi; macierz precesyjno-nutacyjna. Tablice barycentrycznych i heliocentrycznych pozycji Ziemi oraz współczynników macierzy precesyjno-nutacyjnej są nowymi tablicami, umieszczonymi w Roczniku Astronomicznym na 2004 r. Umożliwiają one przeprowadzenie pełnego procesu obliczania pozycji pozornych gwiazd w oparciu o wyjściowe pozycje w *ICRS*.

W tablicach pozycji Ziemi podano, obliczone w oparciu o efemerydy planetarne i księżycowe DE405/LE405, barycentryczne współrzędne kartezjańskie X_B^E , Y_B^E , Z_B^E środka mas Ziemi wyrażone w jednostkach astronomicznych, składowe prędkości orbitalnej Ziemi \dot{X}_B^E , \dot{Y}_B^E , \dot{Z}_B^E wyrażone w jednostkach astronomicznych na dobę oraz heliocentryczne współrzędne kartezjańskie X_H^E , Y_H^E , Z_H^E środka mas Ziemi wyrażone w jednostkach astronomicznych. Dane podane są w odstępach dobowych na moment 0^h *TCB*. Dane te wykorzystywane są do obliczania poprawek związanych z przejściem od systemu barycentrycznego do geocentrycznego, grawitacyjnym ugięciem światła oraz aberracją roczną światła.

Tablice współczynników macierzy precesyjno-nutacyjnej zawierają elementy macierzy obrotowej Q pomiędzy *ICRS* a Niebieskim Pośrednim Systemem Odniesienia z krokiem dobowym na moment 0^h *TT*, obliczone zgodnie z modelem precesyjno-nutacyjnym IAU2000A (Mathews i in. 2002).

Tablice miejsc pozornych gwiazd w Niebieskim Pośrednim Systemie Odniesienia (*CIP*, *CEO*). Podobnie jak w wypadku dotychczasowych tablic miejsc pozornych, nowe tablice publikowane są z podziałem na dwie części i zawierają te same gwiazdy, dla których podano pozycje pozorne odniesione do punktu równonocy wiosennej systemu FK5. W pierwszej części zamieszczone zostały pozycje (α_{app}^{CEO} , δ_{app}) 56 jasnych gwiazd o deklinacjach zawartych w granicach od -81° do $+81^\circ$, tabelaryzowane na moment 0^h *UT1*, z interwałem tygodniowym. W drugiej części zawarte są pozycje pozorne

(α_{app}^{CEO} , δ_{app}) 5 gwiazd okołobiegunowych północnych, również na moment $0^h UT1$, z interwałem 1 doby.

W wypadku gwiazd podwójnych (Syriusz, Biegunowa – dotychczas traktowana jako gwiazda pojedyncza) pozycje pozorne zostały obliczone dla centrów mas układów, a następnie zredukowane do składnika jaśniejszego (Bos 1960; Wielen i in. 2000). Ze względu na błędy parametrów układów podwójnych dokładność wyznaczenia miejsc pozornych dla Syriusza i Biegunowej odbiega od dokładności pozycji pozostałych gwiazd z tabeli i jest na poziomie $0''.10$.

Algorytm obliczania pozycji pozornych wykorzystuje macierz precesyjno-nutacyjną w jej dokładnym wariancie IAU2000A.

Proces obliczenia miejsca pozornego gwiazdy w systemie pośrednim *CIP* na podstawie znanej barycentrycznej pozycji gwiazdy w *ICRF* (Hipparcos) odbywa się etapami:

- 1) Przeliczenie czasów. Czas *TCG* można obliczyć z czasu *TCB* na podstawie zależności:

$$TCB - TCG = L_C \times (JD - 2\,443\,144.5) \times 86\,400 + c^{-2} \mathbf{v}_e \cdot (\mathbf{x} - \mathbf{x}_e) + P \quad (20)$$

gdzie stała $L_C = 1.480\,826\,867\,41 \times 10^{-8}$. Pierwszy wyraz w tym wzorze jest dominujący (np. na połowę 2004 r. wynosi 12.851 s). Człon środkowy, zależny od barycentrycznego położenia \mathbf{x}_e i prędkości \mathbf{v}_e Ziemi i barycentrycznego położenia obserwatora \mathbf{x} przybiera wartości poniżej 1 μ s. Ostatni człon *P* odnoszący się do wyrazów okresowych nie przekracza 0.0016 s.

Mając *TCG*, można obliczyć *TT* ze wzoru:

$$TCG - TT = L_G \times (JD - 2\,443\,144.5) \times 86\,400 \quad (21)$$

gdzie stała $L_G = 6.969\,290\,134 \times 10^{-10}$. Na połowę roku 2004 różnica *TCG* i *TT* wynosi 0.605 s.

- 2) Przejście od współrzędnych *ICRF* (Hipparcos) do współrzędnych wyrażonych w układzie *BCRF* poprzez uwzględnienie ruchu własnego gwiazdy. Jednostkowy wektor barycentryczny \mathbf{p}_{ICRF} gwiazdy tworzony jest na podstawie barycentrycznej pozycji gwiazdy (α, δ) = ($\alpha_{HIP}, \delta_{HIP}$) z Katalogu Hipparcos:

$$\mathbf{p}_{ICRF} = \begin{pmatrix} \cos \delta \cos \alpha \\ \cos \delta \sin \alpha \\ \sin \delta \end{pmatrix} \quad (22)$$

Barycentryczny wektor \mathbf{m} ruchu własnego gwiazdy ma postać:

$$\mathbf{m}_{ICRF} = \begin{pmatrix} -\mu_\alpha \cos \delta \sin \alpha - \mu_\delta \sin \delta \cos \alpha + V_R \pi \cos \delta \cos \alpha \\ \mu_\alpha \cos \delta \cos \alpha - \mu_\delta \sin \delta \sin \alpha + V_R \pi \cos \delta \sin \alpha \\ -\mu_\delta \cos \delta + V_R \pi \sin \delta \end{pmatrix} \quad (23)$$

gdzie μ_α i μ_δ oznaczają ruchy własne gwiazdy na stulecie juliańskie, prędkość radialna V_R wyrażona jest w jednostkach astronomicznych na stulecie juliańskie, zaś paralaksa roczna π wyrażona jest w radianach. Wektor pozycji barycentrycznej \mathbf{p}_{BCRF} gwiazdy w $BCRF$ otrzymuje się z zależności

$$\mathbf{p}_{BCRF} = \mathbf{p}_{ICRF} + t \cdot \mathbf{m}_{ICRF} \quad (24)$$

gdzie $t = (JD_{TCB} - 2\,451\,545.0)/365\,25$.

- 3) Przejście od $BCRF$ do $GCRF$ dokonuje się poprzez uwzględnienie paralaksy rocznej

$$\mathbf{p}_{GCRF} = \mathbf{p}_{BCRF} - \pi \cdot \mathbf{E}_B \quad (25)$$

gdzie \mathbf{E}_B jest barycentrycznym wektorem pozycji Ziemi.

- 4) Poprawienie pozycji gwiazdy w $GCRF$ o wpływ grawitacyjnego zakrzywienia światła uzyskuje się poprzez dodanie poprawki $\Delta \mathbf{p}_{graw}$:

$$\Delta \mathbf{p}_{graw} = \frac{2GM}{c^2 E_H} \frac{\mathbf{e}_H^E - (\mathbf{e}_{GCRF}^p \mathbf{e}_H^E) \mathbf{e}_{GCRF}^p}{1 + (\mathbf{e}_{GCRF}^p \mathbf{e}_H^E)} \quad (26)$$

gdzie M jest masą Słońca, G i c odpowiednio stałą grawitacji i prędkością światła; \mathbf{e}_{GCRF}^p i \mathbf{e}_H^E są znormalizowanymi wektorami \mathbf{p}_{GCRF} i \mathbf{E}_H ($\mathbf{e}_{GCRF}^p = \mathbf{p}_{GCRF}/|\mathbf{p}_{GCRF}|$, a $\mathbf{e}_H^E = \mathbf{E}_H/|\mathbf{E}_H|$), zaś wektor \mathbf{E}_H jest heliocentrycznym wektorem wodzącym środka mas Ziemi.

$$\mathbf{p}'_{GCRF} = \mathbf{e}_{GCRF}^p + \Delta \mathbf{p}_{graw} \quad (27)$$

- 5) Poprawienie pozycji w $GCRF$ o wpływ aberracji rocznej prowadzi do wyznaczenia właściwej pozycji \mathbf{p}''_{GCRF} gwiazdy w układzie geocentrycznym poruszającym się z prędkością \mathbf{V} względem prawdziwego systemu odniesienia. Pozycję tę oblicza się ze wzoru:

$$\mathbf{p}''_{GCRF} = \left(\beta^{-1} \mathbf{p}'_{GCRF} + \mathbf{V} + \frac{(\mathbf{p}'_{GCRF} \mathbf{V}) \mathbf{V}}{(1 + \beta^{-1})} \right) / (1 + \mathbf{p}'_{GCRF} \mathbf{V}) \quad (28)$$

gdzie wektor \mathbf{V} jest liniową funkcją wektora \mathbf{E}_B prędkości środka mas Ziemi względem barycentrum układu słonecznego,

$$\mathbf{V} = \dot{\mathbf{E}}_B / c = 0.005\,775\,5 \cdot \dot{\mathbf{E}}_B \quad (29)$$

zaś $\beta = 1/\sqrt{1-V^2}$, przy czym $V = |\mathbf{V}|$.

- 6) Przejście z *GCRF* do niebieskiego systemu pośredniego, w którym określona jest pozycja pozorna gwiazdy odbywa się poprzez uwzględnienie efektu precesyjno-nutacyjnego

$$\mathbf{p} = \mathbf{Q}^T \mathbf{p}''_{GCRF} \quad (30)$$

gdzie \mathbf{Q} jest macierzą precesyjno-nutacyjną.

Pozycję pozorną α_{app}^{CEO} , δ_{app} gwiazdy otrzymuje się ostatecznie ze współrzędnych kartezjańskich wektora $\mathbf{p} = (x, y, z)^T$

$$\operatorname{tg} \alpha_{app}^{CEO} = \frac{y}{x}, \quad \operatorname{tg} \delta_{app} = \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad (31)$$

5. PROBLEMY NIEROZWIĄZANE LUB WYMAGAJĄCE DYSKUSJI

Charakter i ilość zmian w Roczniku Astronomicznym oraz ograniczony czas w jakim należało ich dokonać spowodowały, że nie wszystkie problemy udało się rozwiązać w sposób ostateczny lub najwłaściwszy z punktu widzenia zadań Rocznika jako pomocy dydaktycznej w zakresie astronomii geodezyjnej oraz dla wykonawców prac astronomiczno-geodezyjnych.

Najistotniejszym problemem jest, jak się wydaje, zbyt radykalna zmiana dokonana w tablicach słonecznych i księżycowych, w których współrzędne niebieskie wyrażone zostały wyłącznie w nowym systemie pojęć (α^{CEO} , δ). Różnica pomiędzy wartością klasycznej rektascensji α^r liczonej od punktu równonocy wiosennej i rektascensji α^{CEO} liczonej od punktu *CEO* (w roku 2004 wynosi około 12 s i wzrasta o blisko 3 s/rok), mimo że w opisie tablic słonecznych i księżycowych znajduje się informacja o dokonanych zmianach, może to być źródłem błędów i znaczącą niewygodą dla użytkownika rutynowo posługującego się Rocznikiem. Tak radykalne wprowadzenie tych zmian wydaje się więc niedopatrzaniem i w kolejnym wydaniu Rocznika planowane jest uzupełnienie tych tablic również o dotychczasową „klasyczną” wartość rektascensji.

Problem stanowi również interwał, z jakim tablicowane powinny być miejsca pozorne gwiazd dla zapewnienia możliwości interpolacji pozycji z zachowaniem odpowiedniej dokładności. Dotyczy to przede wszystkim podstawowych tablic miejsc pozornych obliczanych obecnie z wykorzysta-

niem pełnego modelu precesyjno-nutacyjnego IAU2000A, w którym nie istnieje rozróżnienie pomiędzy długo- i krótkookresowymi wyrazami nutacji. Problem ten rozszerza się również na interwał oraz precyzję danych podawanych w uzupełniających tablicach położenia i prędkości Ziemi oraz macierzy precesyjno-nutacyjnej Q , wykorzystywanych w zamieszczanych w objaśnieniach i przykładach do Rocznika przeliczeniach pozycji *ICRF* do pozycji pozornych.

W obliczu przejścia od systemu FK5 do *ICRS* oraz wprowadzenia nowego systemu pojęć (α^{CEO} , *CEO*, *CIP*), dyskusji i rozstrzygnięcia wymaga kwestia pozostawienia w przyszłych wydaniach Rocznika tablic wielkości redukcyjnych i miejsc średnich oraz sposobu korzystania z nich.

Przeglądu wymaga także część dodatkowych tablic i wpływu nowego systemu pojęć na podawane w Roczniku wzory i procedury stosowane w praktyce geodezyjnej i nawigacji.

PODZIĘKOWANIA

Niniejszą pracę wykonano w ramach badań statutowych Instytutu Geodezji i Kartografii objętych zadaniem S/01 „Problemy geodezji i geodynamiki”. Stanowi ona kontynuację prac autora wykonywanych w ramach opracowywania przez zespół Zakładu Geodezji i Geodynamiki IGiK kolejnych wydań Rocznika Astronomicznego. Zawartość tablic w Roczniku Astronomicznym stanowi wynik obliczeń przy użyciu programów własnych autora, w których częściowo wykorzystywane są procedury udostępnione przez IERS i SOFA (IAU Standards of Fundamental Astronomy). W trakcie prac nad Rocznikiem Astronomicznym oraz nad niniejszym artykułem, autor skorzystał w szczególności z wielu uwag merytorycznych prof. Jana Kryńskiego.

BIBLIOGRAFIA

- Bos W.H., 1960, *The orbit of Sirius*, *ADS 5423*, *J. des Observateurs*, 43, 145.
- Capitaine N., Wallace P.T., McCarthy D.D., 2003, *Expressions to implement the IAU 2000 definition of UT1*, *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 406, pp. 1135–1149.
- Dehant V., Arias F., Bizouard Ch., Bretagnon P., Brzezinski A. i inni, 1999, *Considerations Concerning the Non-Rigid Earth Nutation Theory*, *Celest. Mech. Dyn. Astr.*, 72.
- ESA, 1997, *The Hipparcos and Tycho Catalogues*, ESA SP-1200.
- Fairhead L., Bretagnon P., 1990, *An analytical formula for the time transformation TB-TT*, *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 229, pp. 240–247.
- Guinot B., 1979, *Time and the Earth's rotation*, *Proceedings of the 82 IAU Symposium*, San Fernando, Spain, 8–12 May 1978, (A79-53001 24–89), D. Reidel Publishing Co.5.

- IAU, 1977, *Transactions of the IAU*, Vol. XVIB, Proceedings of the XVI General Assembly, Grenoble, France, August 24 – September 21, 1976, (eds.) E. Müller, A. Jappel, D. Reidel Publishing Co., ISBN 90-277-0836-3.
- IAU, 1980, *Transactions of the IAU*, Vol. XVIIIB, Proceedings of the XVII General Assembly, Montreal, Canada, 14–23 August 1979, (ed.) P. Wayman, D. Reidel Publishing Co., ISBN 90-277-1159-3.
- IAU, 1983, *Transactions of the IAU*, Vol. XVIIIIB, Proceedings of the XVIII General Assembly, Patras, Greece, 17–26 August 1982, (ed.) R. West, D. Reidel Publishing Co., ISBN 90-277-1563-7.
- IAU, 1996, *Transactions of the IAU*, Vol. XXIIB, Proceedings of the XXII General Assembly, The Hague, Netherlands, 15–27 August 1994, (ed.) I. Appenzeller, Kluwer Academic Publishers, ISBN 0-7923-3842-1.
- IAU, 1999, *Transactions of the IAU*, Vol. XXIIIB, Proceedings of the XXIII General Assembly, Kyoto, Japan, 18–30 August 1997, (ed.) J. Andersen, Kluwer Academic Publishers, ISBN 0-7923-5588-1.
- IAU, 2001, *Transactions of the IAU*, Vol. XXIVB, Proceedings of the XXIV General Assembly, Manchester, UK, 7–18 August 2000, (ed.) H. Rickman, Astronomical Society of the Pacific, ISBN 1-58381-087-0.
- Kryński J., Sękowski M., 2003, *Rocznik Astronomiczny na rok 2004*, red. J. Kryński, Instytut Geodezji i Kartografii, Warszawa, (221 s.).
- Mathews P.M., Herring T.A., Buffett B.A., 2002, *Modelling of nutation and precession: New nutation series for nonrigid Earth and insights into the Earth's interior*, J. Geophys. Res., 107, B4, ETG 3-1, pp. 3–26.
- McCarthy D., Petit G., 2003, *IERS Conventions (2003)*, IERS Technical Note 32.
- Seidelmann P.K., 1982, *1982 IAU theory of nutation: the final report of the IAU working group on nutation*, Celestial Mechanics, Vol. 27, pp. 79–106.
- Standish E.M., 1990, *The observational basis for JPL's DE 200, the planetary ephemerides of the Astronomical Almanac*, Astronomy and Astrophysics, Vol. 233, pp. 252–271.
- Volet C., 1931, *Application de la méthode des moindres carrées au calcul des orbites d'étoiles doubles*, Bull. Astron., Paris 7, 13.
- Wahr J., 1981, *The forced nutations of an elliptical, rotating, elastic and oceanless Earth*, Geophys. J. Royal Astron. Soc., 64, 705.
- Wielen R., Jahreiß H., Dettbarn C., Lenhardt H., Schwan H., 2000, *Polaris: astrometric orbit, position, and proper motion*, Astronomy and Astrophysics, Vol. 360, pp. 399–410.

MARCIN SĘKOWSKI
Institute of Geodesy and Cartography
Warsaw

ASTRONOMICAL ALMANAC OF IGİK
(ROCZNIK ASTRONOMICZNY IGİK)
IN THE PRESENCE OF NEWEST IAU RESOLUTIONS

S u m m a r y

The IAU General Assembly, Manchester, 2000, adopted a number of resolutions that put in order, make more precise and substantially change a part of concepts and definitions used in astrometry and geodetic astronomy. Simultaneously it has been recommended to implement those new concepts to practice, including astronomic almanacs, on January 1, 2003.

The paper presents the Astronomical Almanac (Rocznik Astronomiczny IGİK) developed and published in the Institute of Geodesy and Cartography, Warsaw, its content and the changes in the newest issue of the Almanac for 2004 due to implementation of the IAU 2000 resolutions.