

PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET, BEOGRAD

Dragutin Djurović:

PRILOG IZUČAVANJU PROMENA U BRZINI ZEMLJINE ROTACIJE I U  
KRETANJU ZEMLJINIH POLOVA

Doktorska disertacija

UNIVERZITET KRALJEVINE SRBIJE  
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
Број дисертације 111  
Београд

Beograd, 1974.

Ovaj rad je rezultat jednogodišnjeg boravka na Belgijskoj kraljevskoj opservatoriji Ikl. Uradjen je pod rukovodstvom Dr Paula Melchiora, profesora Katoličkog univerziteta Louven i Generalnog sekretara Medjunarodne unije za geodeziju i geofiziku, i uz svesrdnu pomoć njegovih saradnika: Dr Paula Paqueta, Dr Bernarda Ducarma, Dr René Dejaiffa i drugih.

Profesori Univerziteta u Beogradu Dr Zaharije Rrkić i Dr Branislav Ševarlić pomogloše mi da ostvarim boravak u Iklu i kroz stručne konsultacije pružiše mi cenjenu pomoć.

Svima njima izražavam veliku zahvalnost.

Rad je posvećen pokojnoj Draginji Djurović, nepismenoj domaćici dragačevskoj, koja mi pomože da se školuje

Autor

## 1. ISTORIJSKI OSVRT

Za Zemljinu rotaciju i kretanje polova često se kaže da predstavljaju "oblasti susreta" nekoliko naučnih disciplina: astronomije, geofizike, mehanike, geologije, geodezije, meteorologije i drugih. Objašnjenje mnogih problema iz tih oblasti zahteva vrlo kompleksna istraživanja koja se danas vrše u velikim timovima naučnika i u tesnoj saradnji više naučnih instituta. Takva istraživanja počinju tek poslednjih godina i postignuti rezultati nisu mnogo promenili stanje problema.

Uprkos činjenici da se mogu naći monografije i druge knjige posvećene izučavanju Zemljine rotacije i kretanja polova sa stotinama referencija (B.Schevarlitch, 1957.), što predstavlja znak da je u tim domenima dosta radjeno, brojni problemi ostali su nerazjašnjeni.

Teorijsku bazu za izučavanje Zemljine rotacije i kretanja polova dao je u 18.veku Leonard Ojler (Leonard Euler, 1736, 1790). Njegovo predviđanje desetomesečne slobodne nutacije Zemljine ose rotacije pokušao je da dokaže pulkovski astronom Peters (Peters, 1845.). Polazeći od posmatranja Polare na Ertelovom vertikalnom krugu, našao je da glavna osa inercije i osa rotacije zaklapaju ugao od  $0^{\circ}079$ , ali je zaključio da bi izdvajanje jednog toliko malog periodičnog člana iz velikih posmatračkih grešaka sa godišnjom periodom pretpostavljalo analizu veoma dugih posmatračkih serija.

Varijacije latituda koje je otkrio objasnio je sezonskim greškama posmatranja.

Istraživanja Petersa nastavili su i drugi slavni astronomi: Besel, Njukomb, itd.

Godine 1876.-te lord Kelvin je objavio u British Association da je slobodna nutacija otkrivena u jednoj Njukombovoj analizi latituda Vašingtona posmatranih u periodu 1862.-1865.godine.

Sam Njukomb u to nije verovao.

Ubedjen u prednosti Talkotove metode u odnosu na metodu apsolutnih zenitskih daljina Kistner (Küstner, 1888) je preduzeo posmatranja na univerzalnom instrumentu sa ciljem da odredi konstantu godišnje aberacije. Upoređujući jutarnja posmatranja iz 1884. i 1885. godine našao je da između njih postoje sistematske razlike. U naučnoj diskusiji tih razlika on je došao do zaključka da ne mogu poticati od grešaka u sopstvenim kretanjima zvezda, niti od refrakcijske asimetrije u odnosu na zenit.

Ovaj Kistnerov rad inspirisao je astronome da se malo ozbiljnije zabave Ojlerovim teorijskim predviđanjima.

Jedan od najvećih događaja u istoriji istraživanja kretanja polova predstavlja Čendlerovo otkriće iz 1892. godine (Chandler, 1892.).

Analizirajući 33000 posmatranja on je otkrio da varijacije latituda imaju dve periodične komponente. Jedna, koja je dobila ime po Čendleru, ima periodu 427 dana i amplitudu  $0^{\circ}12$ . Druga komponenta ima godišnju periodu i amplitudu koja se menja u granicama  $0^{\circ}04$  i  $0^{\circ}20$ .

Da bismo izbegli eventualnu neodređenost u našem budućem izlaganju definisaćemo šta je to amplituda, jer se u literaturi mogu naći različite definicije. Ako, naprimer, imamo funkciju  $y = a \sin x$ ,  $a$  je amplituda.

Godišnju komponentu i razliku između Ojlerove i Čendlerove periode prvi je pokušao da objasni Njukomb (Newcomb, 1892.). On je smatrao da zbog elastičnih deformacija Zemlje i premeštanja masa zbog kretanja okeanskih voda, Ojlerova perioda, izvedena pod pretpostavkom da je Zemlja čvrsta i homogena, ne odgovara objektivnoj stvarnosti.

Po Njukombovom mišljenju, Čendlerova perioda je "produžena" Ojlerova.

Što se tiče godišnjeg člana, Njukomb je smatrao da su njeni uzroci meteorološki faktori.

Analizirajući posmatranja obavljena na stanicama Medjunarodne službe latituda (Service International de Latitude - SIL), japanski astronom Kimura (Kimura, 1902.) je došao do zaključka da u poznatu jednačinu Kostinskog, koja izražava varijacije latituda u funkciji pravougljih koordinata

polu, treba uvesti jedan korektivni član koji je poznat kao Kimurin z-član.

Imajući kao cilj praćenje polarnog kretanja na bazi što homogenijih posmatranja, Međunarodna geodetska asocijacija (Association Géodésique International) je 1898. godine donela rezoluciju da organizuje SIL u čiji sastav je ušlo sledećih 6 stanica sa paralela  $\varphi = +39^{\circ}08'$ : Nicusava, Čaržuj, Karloforte, Gajtersburg, Cincinnati i Ukijah. U toku dugogodišnjeg rada ova međunarodna organizacija je omogućila da se sakupi posmatrački materijal od izuzetno velike naučne vrednosti.

Značajan korak u istraživanju kretanja polova predstavlja razrada metoda odredjivanja njihovih koordinata iz posmatranja veštačkih satelita.

Razvoj tehnike i teorije posmatranja satelita je išao sledeći dva paralelna puta. Jedan od njih je trasiran posmatranjima pomoću Dopler-uredjaja (Anderle R.I., 1970., Anderle and Beuglass, 1970.), a drugi laserskim posmatranjima (Lambek K., 1971.).

Od samog početka posmatranja pomoću Dopler-uredjaja dala su vrlo dobre rezultate (Feissel M., Guinot B., Taton N., 1971.), ali između klasičnih astronomskih posmatranja i posmatranja veštačkih satelita otkrivene su sistematske razlike čije objašnjenje predstavlja cilj brojnih savremenih istraživanja.

Do 40-tih godina 20. veka astronomi su smatrali da je Zemljina rotacija uniformna i sistem vremena definisan pomoću nje zadovoljava uslove da se kretanja nebeskih tela mogu pratiti u velikim vremenskim intervalima bez problema. Međutim, sa povećanjem preciznosti astronomskih instrumenata i tačnosti astronomskih posmatranja na površinu su izašli i novi problemi.

Primena kvarcnog časovnika u časovnim službama i usavršavanje časovnika sa klatnom omogućili su Nikoli Stojko (N. Stoyko, 1936, 1937.) da otkrije sezonske varijacije u brzini Zemljine rotacije.

Stojko je izračunao da se dužina dana u januaru razlikuje od dužine dana u julu za 2 milisekunde (ms). Iz kasni-

jih određivanja dobijeni su drugi rezultati, ali o tom pitanju nećemo diskutovati sada, već ćemo se na njega kasnije vratiti.

Između računatih (efemeridskih) longituda Sunca i planeta i njihovih posmatranih longituda zapažene su razlike veće od grešaka posmatranja. One su bile najizraženije kod Meseца i Merkura. Spenser Džons (Spencer Jones, 1939.) je uočio da Njukombova formula za srednju longitudu Sunca ne predstavlja posmatranja ni približno tačno i da je njeno korigovanje neodložno.

Spenser Džons je, takođe, uočio proporcionalnost između divergencije između posmatranih i efemeridskih longituda i srednjeg dnevnog kretanja. Ovaj fenomen objasnio je sekularnim zakašnjenjem u Zemljinoj rotaciji.

Zbog sezonskih, sekularnih i nepravilnih ubrzanja u Zemljinoj rotaciji, astronomi behu prinudjeni da definišu jedan drugi, uniformniji sistem vremena koji bi zadovoljio neophodne uslove za izučavanje kretanja planeta u vrlo dugim vremenskim intervalima. Tako je na osmoj Generalnoj skupštini Međunarodne astronomske unije (Union Astronomique Internationale - IAU) u Rimu doneta sledeća rezolucija: "Preporučuje se, u svim slučajevima gde srednja sunčana sekunda ne predstavlja zadovoljavajuću jedinicu iz razloga njene varijabilnosti, da se usvoji kao jedinica siderička\* godina za 1900,0; vreme izraženo u ovoj jedinici treba zvati "Efemeridsko vreme"...

Precizne informacije o efemeridskom i tri sistema svetskog vremena (TUO, TUI i TU2) mogu se naći u članku D.H. Sadlera (D.H.Sadler, 1955.) i N.Stojka (N.Stoyko, 1956.).

Zbog poznatih teškoća u čitanju sistema efemeridskog vremena (accésibilité, na francuskom jeziku) Međunarodni biro za vreme (Bureau International de l'Heure - B IH) je 1958.godine otpočeo sa računanjem atomskog vremena A3. Ovaj poslednji sistem vremena je bio prihvaćen kao međunarodni odlukom IAU 1967. godine.

Na osnovi A3 definisan je međunarodni sistem atomskog koordiniranog vremena - TUC. Od početka 1967.godine rezultati posmatranja časovnih službi publikuju se u obliku TUO-TUC.

---

\* Kasnije za jedinicu je usvojena tropska godina, 1900,0 jan.12<sup>h</sup>ET

Pomoću svjetla časovnih signala omogućeno je čak i opservatorijama koje nemaju atomske časovnike da koriste sisteme atomskog vremena.

Poboljšanje tačnosti astrononskih posmatranja posle korišćenja preciznijih instrumenata kao što su, naprimer, fotografske zenitske tube (PZT), astrolabi (A) i fotoelektrični pasažni instrumenti (FPI) omogućilo je astronomima da sigurnije izučavaju uzroke varijacija vrzine-Zemljine rotacije. Oni počinju sa sve življim interesovanjem da prate istraživanja u drugim disciplinama: u geofizici, geologiji, meteorologiji, itd. Neki rezultati koje ćemo prikazati u ovom našem radu predstavljaju dokaz za neophodnost multidisciplinarnih istraživanja i u domenu Zemljine rotacije i kretanja polova.

Cilj ovoga rada je istraživanje varijacija u sistemu svetskog vremena, varijacija u kretanju polova i istraživanje ubrzanja u Zemljinoj rotaciji. Naša pažnja biće prvenstveno koncentrisana na izučavanje članova zemaljske plime i na analizu poremećaja glavnih periodičnih članova: polugodišnjeg, godišnjeg i Čandlerovog u kretanju polova, polugodišnjeg, godišnjeg i dvogodišnjeg u Zemljinoj rotaciji.

#### L i t e r a t u r a :

- Anderle R.I., 1970.: Polar Motion determinations by U.S. Navy Doppler satellite Observations. N.W.L. Technical Report. TR-2432.
- Anderle R.I. and Beuglass L.K., 1970.: Doppler satellite observations of polar motion. Bulletin Géodésique, 96.
- Chandler S., 1892.: On the variation in latitude. Astronomical Journal, 12, 17.
- Euler L., 1736.: Mecanica sive leges motus scientia. Petersbourg.
- Euler L., 1790.: Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum.

- Feissel M., Guinot B., Taton N., 1971.: Comparaison of the coordinates of the pole as obtained by classical astrometry and as obtained by Doppler measurements on artificial satellites. Symposium No 48 de L'IAU, Rotation of the Earth.
- Kimura H., 1902.: A new annual term in the variation of latitude, independement of the poles. Astronomical journal, 22.
- Küstner F., 1888.: Neue methode zur Bestimmung der Aberrations Constante nebst Untersuchungen über die Veranderlichkeit der Polhohe. Beobachtungs-Ergebnisse d.Sternwarte zu Berlin, 3.
- Lambek K., 1971.: Determination of the Earth's pole rotation from laser range observations to satellites. Bulletin Géodésique, 101.
- Newcomb S., 1892: On the dynamics of the Earth's rotation. Monthly Notices, 52, 336.
- Peters C., 1845.: Resultate aus Beobachtungen des Polarsterns am Ertelschen Verticalkreise der Pulkoweer Sternwarte. Astronomische Nachrichten, 22, 71.
- Sadler D.H., 1955.: Temps des éphémérides. Annales français de chronométrie, 9, 3.
- Schévarlitch B., 1957.: Sur le problème de la variation des latitudes et du mouvement du pôle instantané de rotation à la surface de la Terre. Publications de l'Observatoire astronomique de Beograd, No 5.
- Spencer Jones, 1939.: The rotation of the Earth and the secular accelerations of the Sun, Moon and planets. Monthly Notices, 99, 541.
- Stoyko N., 1936.: Sur l'irrégularité de la rotation de la Terre. Comptes Rendus des Séances de l'Accadémie des Sciences, 203, 29.



Stoyko H., 1957.: Sur la périodicité dans l'irrégularité de la rotation de la Terre. Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, 205, 79.

Stoyko H., 1956.: Problème de l'heure à l'Assemblée de Dublin de l'Union Astronomique Internationale. Annales françaises de chronométrie, 10, 2.

## 2. KARAKTERISTIKE OSNOVNIH PODATAKA. TAČNOST POSMATRANJA TUO-TUC i

Osnovni podaci u ovom radu su astronomska posmatranja TUO-TUC (TUO - svetsko vreme, TUC - svetsko koordinirano vreme) i posmatranja promena geografskih širina  $\Delta\varphi$  obavljena na opservatorijama članicama B IH-a u periodu 1967.-1971.

Da bismo izbegli izvesne teškoće koje mogu nastati u slučajevima kada je mala učestanost posmatranja, nisu uzete u obzir sve opservatorije čijim smo posmatranjima raspolagali. Za jednu datu godinu tretirali smo posmatranja samo onih opservatorija za koje je broj posmatračkih noći veći od 35. Za TUO-TUC ovaj kriterijum je zadovoljilo 49 opservatorija (pod pojmom "opservatorija" mi ćemo podrazumevati posmatračku stanicu koja pod svojim imenom dostavlja podatke u BIH. Naprimer, MZA i MZP će za nas biti dve opservatorije jer su one kao takve tretirane u BIH-u, iako znamo da se faktički radi o jednoj opservatoriji), a za latitudu 42 opservatorije.

Spiskovi jednih i drugih opservatorija dati su u aneksu (tablice I i II). Skraćenice za njihova imena su poznatije iz RAPPORT ANNUEL za 1968. godinu.

Posle eliminacije skokova i grubih grešaka iz posmatranih TUO-TUC i  $\Delta\varphi$ , naš prvi sledeći korak je bio da odredimo njihove težine, jer smo smatrali da one koje su im dodeljene i dostavljene u BIH, u velikom broju slučajeva, ne održavaju objektivno tačnost posmatranih funkcija.

Skokovi u rezultatima najčešće nastaju zbog promena konvencionalnih longituda i latituda i promena posmatračkih programa. U većini slučajeva oni su određeni na datoj opservatoriji i evidentirani u BIH-u pa smo, preuzimajući posmatrački materijal, bili precizno obavešteni o njima. Osim toga, mi smo izvršili jednu preliminarnu analizu celokupnog materijala i u nekoliko slučajeva našli neevidentirane skokove koje smo odredili na osnovi razlika koeficijenta  $a$  i  $a'$ , računatih svakih 6 meseci i objavljenih u publikacijama BIH-a (Guinot B. et Feissel M., 1968.).

Posmatrački podaci koje opservatorije šalju u BIH nemaju istu formu. Neke dostavljaju po jedan rezultat za svaku posmatračku noć, neke dostavljaju po jedan rezultat za svaku posmatranu seriju. Dodeljene težine, ukoliko su uopšte računane, nisu određene na isti način. Umesto težina neke opservatorije dostavljaju broj posmatranih zvezda, a ima i takvih (beogradska i kapska opservatorija) koje svakom posmatranju dodeljuju istu težinu.

U nameri da izbegnemo greške koje bi mogle nastati zbog korišćenja težina (ili broja zvezda umesto težina) određenih na raznim opservatorijama raznim metodama, odlučili smo da ih mi odredimo.

Neka je:

$$\Delta\lambda = 1/15 (x_0 \sin \lambda - y_0 \cos \lambda) \operatorname{tg} \varphi \quad (2.1)$$

$$RT2 = (TUC - TUG) + \Delta\lambda - (TUL - TUC)_0 \quad i \quad (2.2)$$

$$RF2 = \Delta\varphi - (x_0 \cos \lambda + y_0 \sin \lambda) \quad (2.3)$$

$TUC - TUG$  i  $\Delta\varphi$  su posmatrački podaci,  $x_0$ ,  $y_0$  i  $(TUL - TUC)_0$  su koordinate pola i  $TUL - TUC$  računati u BIH-u i  $\lambda$  i  $\varphi$  konvencionalne koordinate date opservatorije.

Težine  $TUC - TUG$  i  $\Delta\varphi$  (ako one nisu dostavljene u BIH, već je umesto njih dat broj zvezda onda ćemo pod težinom podrazumevati taj broj zvezda) označićemo, respektivno, sa  $PT2$  i  $PF2$ .

Neka su  $PMT$  i  $PMF$  srednje godišnje vrednosti  $PT2$  i  $PF2$ , a  $PT$  i  $PF$  težine računane iz odnosa:  $PT = PT2/PMT$ ,  $PF = PF2/PMF$ .

Na nivou svake opservatorije formirali smo 4 skupa posmatranja prema sledećim kriterijumima:

- I grupa:  $PT, PF \leq 0.5$
- II grupa:  $0.5 < PT, PF \leq 1.5$
- III grupa:  $1.5 < PT, PF \leq 2.5$
- IV grupa:  $PT, PF > 2.5$

Za svaki skup računata je disperzija  $S_1^2$ . U tom cilju korišćeni su rezidui:  $VT2 = RT2 - RT'_m$  i  $VF2 = RF2 - RF'_m$ , gde su  $RT'_m$  i  $RF'_m$  srednje mesečne vrednosti  $RT2$  i  $RF2$  (računate korišćenjem težina  $PT2$  i  $PF2$ ).

Ako je u jednom datom mestu broj posmatranja bio manji od 10, spojene su dva ili tri susedna meseca, i za svaki takav interval računato jedno  $RT_m^2$  ili  $RF_m^2$ .

Dodeljujući drugoj grupi težinu 1.000, težine posmatranja u preostala tri skupa računate su iz odnosa:  $s_2^2/s_1^2$ .  $s_2^2$  je disperzija posmatranja u drugoj grupi.

Težine PT i PF zamenili smo težinama računatim na opisani način, a označićemo ih sa pT (za TUC-TUC) i pF (za  $\Delta\varphi$ ). Na taj način, izračunali smo "unutrašnje" težine na nivou svake opservatorije koju smo uzeli u obzir. One su računate jednom metodom i čini nam se objektivnije odražavaju tačnost podataka koje ćemo koristiti u daljem radu. Kada ovo tvrdimo imamo u vidu da su PT2 i PF2 najčešće računati na osnovi unutrašnje tačnosti srednjeg rezultata. Dobro je poznata činjenica da ona, uglavnom, zavisi od preciznosti instrumenta i broj posmatranih zvezda. Disperzija posmatranja čiji su uzroci promene lično-instrumentalnih grešaka iz noći u noć, promene refrakcijskih anomalija itd. ne utiču na tako određene težine što je veoma pogrešno.

Ovu slabost nemaju težine pT i pF.

Da bismo istakli neke nedostatke određivanja težina metodama u kojima se uzima u obzir samo međusobno stanje rezultata u jednoj seriji i broj posmatranih zvezda, napomenućemo da odnosi najvećih i najmanjih težina PT2 ili PF2 ponekad prelaze 50, 60 i više, što predstavlja apsurd. U sistemima težina pT i pF ti odnosi ne prelaze broj 6: najmanje težine su oko 0.5, a najveće oko 3.0.

Imajući kao cilj smanjenje obima posmatračkog materijala bez štetnih posledica za dalji rad, za svaku posmatračku noć računali smo (za datu opservatoriju) po jedno srednje TUC-TUC, ili  $\Delta\varphi$ , po jedan srednji rezidu RT2 ili RF2 koji ćemo označiti sa RT1, odnosno, RF1 i po jednu težinu koja predstavlja zbir svih pT, odnosno svih pF koje se odnose na posmatranja za datu posmatračku noć. pT i pF smo, sem toga, izrazili u jedinicama srednje godišnje vrednosti.

Polazeći od  $RT_l$ ,  $RF_l$  i težina  $p_T$  i  $p_F$  odredili smo odgovarajuće srednje mesečne rezidue  $RT_m$  i  $RF_m$ , srednje tromesečne  $RT_t$  i  $RF_t$  i srednje godišnje rezidue  $RT_a$  i  $RF_a$ . Cni će nam biti potrebni u našim kasnijim analizama.

Da bismo ocenili tačnost posmatranja i stepen varijacija sistematskih grešaka računali smo srednje kvadrat-ske greške  $E_m$  jednog  $RT_l$  u odnosu na  $RT_m$  i  $E_a$  u odnosu na  $RT_a$  i srednje kvadrat-ske greške  $E'_m$  jednog  $RF_l$  u odnosu na  $RF_m$  i  $E'_a$  u odnosu na  $RF_a$ .

Kao što je uobičajeno kod merenja različitih težina, ove greške se odnose na  $RT_l$  ili  $RF_l$  čije su težine jedinične.

Rezultati koje smo dabili za  $E_m$ ,  $E_a$ ,  $E'_m$  i  $E'_a$  dati su u tablicama 2.1 i 2.2.

Jednu grubu procenu stepena varijabilnosti sistematskih grešaka možemo učiniti na osnovi veličine grešaka  $S_a$  i  $S'_a$  definisanih jednačinama:

$$S_a^2 = E_a^2 - E_m^2 \quad (2.4)$$

$$S'_a^2 = E'_a^2 - E'_m^2 \quad (2.5)$$

Srednje vrednosti gornjih grešaka za 5 tipova instrumenata su:

	$E_m$	$E_a$	$S_a$
VPI <sup>+/</sup>	$\pm 0.0142$	$\pm 0.0175$	$\pm 0.0102$
FPI	87	108	64
A	91	113	67
PZT	70	82	43
	$E'_m$	$E'_a$	$S'_a$
VZT	$\pm 0.0086$	$\pm 0.0106$	$\pm 0.0062$
A	93	123	80
PZT	74	96	61

T A B L I C A 2.1Srednje kvadratske greške  $E_m, E_a$  i  $S_a$ . Jedinica:  $0^{\circ}.0001$ .

Opservatorija	$E_m$	$E_a$	$S_a$	
BLI	139	173	103	
BG	102	124	071	
BOI	122	176	127	
BR	083	111	074	
BU	243	307	188	
BAG	253	281	122	I grupa
BAN	105	136	086	
LMI	103	123	067	
NMI	097	109	050	
PYI	123	178	129	
PTJ	144	169	088	
PRI	150	167	073	
RJ	217	263	149	
TAI	109	131	073	
IRF	087	110	067	
IRG	095	119	072	
LA	070	100	071	
MA	071	093	060	
MMF	122	146	080	II grupa
NK	094	109	055	
PUP	065	085	055	
RG	063	074	039	
TAF	113	136	076	
H	079	094	051	
G	051	066	042	
MZP	117	130	057	
MS	048	060	036	
N	062	078	047	
O	050	062	037	III grupa
RCP	080	096	053	
TO	066	076	038	
W	092	103	046	
CL	062	071	035	
OS	058	066	032	

T A B L I C A 2.1 (nastavak)

Opservatorija	Em	Ea	Sa
AL	071	086	049
BS	073	096	062
BW	113	137	077
IRB	080	101	062
IRC	076	100	065
CT	118	156	102
MZA	104	122	064
PA	080	089	039
PTA	102	138	093
Q	090	112	067
RCA	073	090	053
SC	085	115	077
SFA	090	125	087
SP	084	095	044
UA	084	095	044

IV grupa

T A B L I C A 2.2

Srednje kvadratske greške Em, Ea i Sa. Jedinica: 0.001.

Opservatorija	Em	Ea	Sa
H	074	100	067
G	054	062	030
MZP	128	144	066
MS	061	080	052
N	059	106	088
O	054	061	028
RCP	091	116	072
TO	059	070	038
W	109	149	102
CL	052	070	047
OS	078	094	052
AL	106	117	050
BS	075	097	062
BW	114	125	051
CT	097	126	080

V grupa

T A B L I C A 2.2 (nastavak)

Opservatorija	E <sub>m</sub>	E <sub>a</sub>	S <sub>a</sub>	
MZA	100	140	098	
PA	063	075	041	
POA	089	122	083	
PTA	077	094	054	VI grupa
Q	094	109	055	
RCA	083	093	042	
SP	131	154	081	
SFA	087	247	231	
SC	077	086	038	
JA	077	086	038	
BLZ <sup>+</sup>	079	111	078	
BK	048	081	065	
BOZ	098	116	062	
CA	083	094	044	
D	113	142	086	
IT	089	096	036	
IRZ	084	096	046	
EK	095	118	070	VII grupa
KB	083	095	046	
KZ	078	092	049	
MZZ	106	112	036	
PYZ	102	120	063	
POZ	104	122	064	
PUZ	062	072	037	
IT	068	074	029	
JK	089	100	046	
VJZ	087	158	132	

<sup>+</sup>Počev od 1969.0 tačnost posmatranja je povećana. Pre ovoga datuma E<sub>m</sub>=0°112 i E<sub>a</sub>=0°162, a posle E<sub>m</sub>=0°057 i E<sub>a</sub>=0°076.

U I grupi su opservatorije na kojima se posmatra visuelnim pasažnim instrumentima, u II grupi fotoelektričnim pasažnim instrumentima, u III i V grupi fotografskim zenitskim tubama, u IV i VI astrolabima i VII grupi su opservatorije na kojima se posmatra visuelnim zenit-teleskopima.



+/ VPI - vizuelni pasažni instrumenti, FPI - fotoelektrični pasažni instrumenti, A - astrolabi, PZT - fotoelektrične zenitske tube i VZT - vizuelni zenit teleskopi.

Možemo lako uočiti da se greške posmatranja mnogo razlikuju od opservatorije do opservatorije. Najmanje  $E_m = \pm 0^{\text{S}}.0048$ , a najveće  $\pm 0^{\text{S}}.0255$ , najmanje  $E_a = \pm 0^{\text{S}}.0060$ , najveće  $E_a = \pm 0^{\text{S}}.0307$ , itd.

VPI su instrumenti pomoću kojih se postižu rezultati najmanje tačnosti. Rezultati koji su dobijeni pomoću PZT imaju najmanje disperzije.

Interesantno je konstatovati da se iz posmatranja na VZT dobijaju rezultati čije disperzije nisu veće od onih koji su dobijeni pomoću najsavremenijih instrumenata koje predstavljaju PZT i A. Po našem mišljenju, to rezultira iz nekih prednosti Talkotove metode u odnosu na metode koje se primenjuju pri posmatranjima sa PZT i A.

### 3. IZRAVNANJE POSMATRANJA METODOM VITAKER-ROBINSON-VONDRAKA (Whitaker-Robinson-Vondrak).

Poslednjih godina vidimo da se pri izravnanju posmatranja sve više i više koristi metoda Vitaker-Robinson-Vondraka (Paguët P., 1971., Guinot B., 1971., Fedorov E.P. i dr., 1972., Débarbat S., 1973.). Paguët P. koji je dosta radio na primeni ove metode i na razjašnjavanju izvesnih teorijskih postavki dao je toj metodi ime koje smo mi već spomenuli. Mi smo dakle prihvatili taj naziv i zvaćemo je još i skraćeno metoda WRV. Očigledno, skraćénica sadrži prva slova imena autora (Whitaker-Robinson, 1946., Vondrak, 1969.).

Teškoće u primeni klasične metode - metode najmanjih kvadrata i njeni nedostaci su dobro poznati. O njima govori u svom radu i P.Paguët (P.Paguët, 1972.).

Metoda najmanjih kvadrata može da se primeni ako je posmatrana funkcija linearna u odnosu na nepoznate koje treba odrediti. Pošto se često susreću slučajevi u kojima ta pretpostavka ne važi, pristupa se "linearizaciji" - razvoju u Tejlorov red u kome se zanemaruju kvadratni i članovi višega reda (Hudson, 1971.). Do rešenja se dolazi metodom sukcesivnih aproksimacija.

Pored izvesnih teškoća numeričke prirode, "linearizacija" može da dovede i do teških principijelnih problema.

Kada koristimo metodu najmanjih kvadrata mi unapred zadajemo analitički izraz kojim ćemo predstaviti posmatranja i određujemo nepoznate pod uslovom da nam zbir kvadrata rezidua bude minimalan. Taj zbir je relativan i zavisi od izraza kojim želimo predstaviti posmatranja.

U malom broju slučajeva fizička priroda posmatrane pojave je poznata te je pri izravnanju gornja subjektivnost isključena.

U metodi WRV ne zadaje se analitički izraz kojim bi trebalo predstaviti posmatranja. U ovoj činjenici je njena suštinska razlika i prednost u odnosu na metodu najmanjih kvadrata.

Korisnik metode WRV fiksira nivo izravnjanja vodeći računa o osnovnom principu metode. Da bi se skratio postupak oko iznalaženja odgovarajućeg parametra  $\gamma$  iz jednačine 3.1 autori metode preporučuju da nivo izravnjanja bude određen slučajnim greškama. Kada, naprimer, srednja kvadratska greška računata iz razlika posmatranih i izravnatih vrednosti postane približno jednaka onoj vrednosti koja rezultira iz slučajnih grešaka merenja, osnovni princip metode je praktično zadovoljen i tu se treba zaustaviti.

Neka su  $y_i$  i  $y_i'$  posmatrana i odgovarajuća izravnata vrednost funkcije date za jedan niz ekvidistantnih argumentata,  $\Delta^3 y'$  razlike trećega reda funkcije  $y'$  i  $\gamma$  jedan pozitivni parametar od koga će zavistiti koliko će biti  $Q$  iz jednačine 3.1 i, sem toga, kakav će biti odnos dve komponente koje definišu  $Q$ .

Princip metode WRV može da se analitički izrazi jednačinom:

$$Q = F + \gamma \cdot \sum_i (\Delta^3 y_i')^2 = \min \quad (3.1)$$

ili

$$Q = F + \gamma \cdot S = \min.$$

$$U \text{ gornjim jednačinama } F = \sum_i (y_i - y_i')^2.$$

Drugi član u jednačini (3.1) određuje hrapavost krive kojom bismo interpolovali  $y_i'$  (broj minimuma i maksimuma funkcije na datom intervalu argumenta). Ovo je jasno dokazao P.Pake u svom pomenutom radu.

Vondrak je razradio metodu Vitaker-Robinsona učinivši je primenljivom i u slučajevima kada  $y_i$  nisu ekvidistantne i nisu istih težina (Vondrak, 1969.).

Pomoću metode WRV se ne dobija nikakav analitički izraz, već se pomoću određenih jednačina za svako  $y_i$  računa po jedno  $y_i'$ .

U programu za računar IBM 360/44 Kraljevske belgijske opservatorije, na kome smo izračunali rezultate prikazane u ovom radu, jedan test fiksira  $\gamma$  u trenutku kada srednja kvadratska greška jednog posmatranja -  $E_{WRV}$ , računata iz razlika  $y_i - y_i'$ , postane približno jednaka odgovarajućem  $E_m$  ili pak  $E'm$  (tablice 2.1 i 2.2).

Da bismo videli koje su to vrednosti  $\gamma$  što zadovoljavaju jednačinu 3.1 i da bismo videli sa kojim brzinom  $y_i \rightarrow \gamma_i$  sa povećavanjem  $\gamma$ , promenljivoj  $\gamma$  davali smo redom sledeće vrednosti:  $10, 10^2, 10^3, 10^4, 10^5, 10^6, 10^7$  i  $10^8$ . Za svaku ovu vrednost računali smo  $Q$  i  $E_{WRV}$ .

Pošto se disperzije posmatranja od opservatorije do opservatorije mnogo razlikuju, gornje ispitivanje smo vršili na TUO-TUC za 5 opservatorija od kojih dve imaju vrlo velike disperzije (BAG i RJ), dve vrlo male (Gti O) i jedna ima srednju disperziju posmatranja (UA). Rezultati koje smo dobili za  $Q$  i  $E_{WRV}$  u funkciji od  $\gamma$  dati su u tabelici 3.1.

$E_{WRV}$  je izraženo u  $0.0001$ , a  $Q$  u vremenskim sekundama.

Na osnovi rezultata datih u tabelici 3.1 zaključujemo da  $Q$  ima minimum za  $\gamma$  blisko  $10^7$ . Za tu vrednost  $E_{WRV}$  je praktično jednako odgovarajućem  $E_m$  iz tablice 2.1.

Izravnanje posmatranja ostalih opservatorija počinjali smo sa  $\gamma = 10^7$ . Ako bi  $E_{WRV}$  bilo veće od  $E_m$ , smanjivali bismo  $\gamma$  za red veličine dotle dok ne bude:  $E_{WRV} \leq E_m$  i  $E_{WRV} \approx E_m$ . Najčešće ova dva uslova su bila zadovoljena za  $\gamma = 10^7$ . Procenat ponavljanja izravnanja (sa manjim iznosima  $\gamma$ ) je svega 10-15. Razumljivo je da se to ponavljanje ne može izbeći jer su disperzije posmatranja raznih opservatorije, različite, te ne postoji jedno jedino  $\gamma$  koje bi zadovoljilo u svim slučajevima.

U astronomskoj praksi, pri izravnavanju, često su korišćeni obični i ortogonalni polinomi. Iskustva pokazuju da se njihovom primenom rizikuje da realne kratkoperiodične oscilacije i ekstremumi budu "isečeni". Tako u želji da se oslobođimo slučajnih grešaka posmatranja radi boljeg sagledavanja pojave možemo doći u situaciju da odbacimo i neke objektivno postojeće komponente i na taj način dovedemo sebe u zabludu.

Primenom metode WRV uz odgovarajući izbor parametra  $\gamma$  "izravnavajuća kriva" se bolje prilagođava posmatranjima i ne postoji tolika opasnost da sa slučajnim greškama budu eliminisane i sistematski članovi.

TABL I C A 3.1

	B A G		R J		G	
	$E_{WRV}$	Q	$E_{WRV}$	Q	$E_{WRV}$	Q
10	140	1.9	123	0.4	28	0.0
10 <sup>2</sup>	173	7.5	161	1.8	34	0.2
10 <sup>3</sup>	200	29.3	177	10.1	38	1.1
10 <sup>4</sup>	196	126.5	182	69.9	42	3.9
10 <sup>5</sup>	206	540	190	314	49	9
10 <sup>6</sup>	215	1584	210	1309	54	147
10 <sup>7</sup>	226	7914	213	938	101	2880
10 <sup>8</sup>	228	77602	212	7182	64	967

	O		U A	
	$E_{WRV}$	Q	$E_{WRV}$	Q
10	36	0.0	65	0.4
10 <sup>2</sup>	44	0.0	73	2.8
10 <sup>3</sup>	48	0.3	84	14.6
10 <sup>4</sup>	49	3.5	98	71.0
10 <sup>5</sup>	55	44	106	142
10 <sup>6</sup>	959	24594	133	47
10 <sup>7</sup>	73	460	122	632
10 <sup>8</sup>	69	946	122	1108

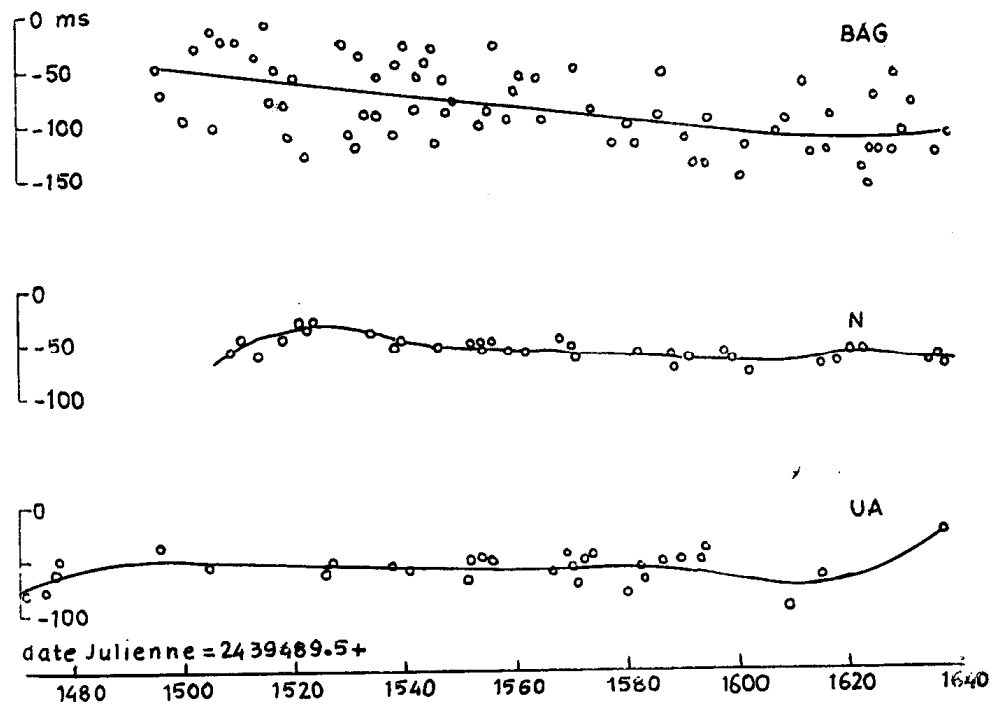


FIG. 3.1

Na slici 3.1, na kojoj su kružićima predstavljena posmatranja a krivima spojene izravnete vrednosti TUC-TUC, vidimo izvesnu potvrdu pomenutih osobina metode WRV.

Na ovoj slici predstavljena su posmatranja tri opservatorije: na prvoj (BAG) disperzija posmatrana je ekstremno velika, na drugoj (N) je ekstremno mala i na trećoj (UA) je srednja.

Potpuno istim postupkom vršili smo izbor  $\delta$  i pri izravnavanju širinskih posmatranja.

#### L i t e r a t u r a :

- Débarbat S. (1973.): Étude d'observations de Jupiter effectuées en 1965, 1966 et 1967. Astronomy and Astrophysics, 22.
- Fedorov E.P. i dr. (1972.): New determination of the polar motion from 1890 to 1969. Rotation of the Earth. Symposium IAU No 48.
- Hudson D.I. (1964.): Statistics. Lectures on Elementary Statistics and Probability. Geneve.
- Maquêt P. (1971.): Lissage des observations par la méthode Whitaker-Robinson-Vondrak. Journées luxembourgeoises de la Géodynamique, septembre 1971.
- Vondrak I. (1969.): A contribution to the problem of smoothing observational data. Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia, 20, 6.
- Whitaker and Robinson (1946.): The Calculus of Observations. London.

## 4. RAČUNANJE TUL-TUC I KOORDINATA POLA

Od izbora težina koje dodeljujemo posmatranjima u velikoj meri mogu da zavise svojstva srednjeg sistema vremena i sistema u kome posmatramo kretanje pola. Zbog velikog značaja ovoga pitanja mi smo ga razmatrali sa posebnom pažnjom.

Ako su teorijske pretpostavke zadovoljene, određivanje težina sa kojima se dobijaju najverovatnije vrednosti nepoznatih je vrlo jednostavno. Međutim, rezultati posmatranja često sadrže greške koje ne slede poznate zakone iz teorije verovatnoće te izbor metode za određivanje težina i najobjektivnijih iznosa nepoznatih može da predstavlja ozbiljan problem.

Poznato je da postoje vrlo precizni posmatrački instrumenti ali veoma osetljivi na neizbežne promene uslova u kojima funkcionišu (jačine i napona električnog napajanja, vlažnosti i temperature vazduha, osvetljenosti neba itd.). Njihove sistematske greške mogu imati relativno velike amplitude i biti nepravilne uprkos tome što u kraćim vremenskim intervalima disperzije posmatranja nisu velike. Nasuprot tome, postoje instrumenti male preciznosti, ali rezultate, koji se njima postižu, odlikuje velika postojanost sistematskih grešaka.

Predpostavimo da želimo da analiziramo dugoperiodične varijacije u Zemljinoj rotaciji ili u kretanju polova. Normalno, rezultatima dobijenim pomoću instrumenata drugoga tipa treba dodeliti veće težine. Ako ispitujemo kratkoperiodične varijacije, objektivnije rezultate ćemo dobiti oslanjajući se više na posmatranja pomoću preciznijih instrumenata čak i ako su nestabilni u dužim vremenskim periodima.

U ovome radu naš osnovni cilj biće izučavanje periodičnih članova u Zemljinoj rotaciji i kretanju polova sa periodama između nekoliko dana i dve godine. Za jedan takav raspon frekvencija, a priori, nemoguće je naći samo jedan sistem TUL-TUC ili samo jedan sistem koordinata pola  $x$  i  $y$  koji bi bio najracionalniji za izučavanje periodičnih komponenata i najviših, i najnižih frekvencija.



Smatrajući da su sezonske greške posmatranja najveće, pri računanju TUL-TUC i x i y vodili smo računa da prvenstveno one budu što bolje eliminisane.

Da bismo procenili u kojoj meri srednji sistem TUL-TUC zavisi od težina računali smo 13 sistema TUL-TUC od kojih svakome odgovara po jedan sistem težina.

Uticao grešaka posmatranja koje predstavlja  $E_m$  (njihovi uzroci su uglavnom nepreciznost instrumenta i varijacije sistematskih grešaka iz noći u noć) na srednje TUL-TUC je dosta oslabljen, jer u toku jedne noći posmatra se u proseku na 12 opservatorija. Sezonske greške, međjutim, mogu dovesti do mnogo neprijatnijih posledica. Ako opservatorijama kod kojih ove greške imaju veće amplitude slučajno dodelimo i velike težine, u srednjem sistemu TUL-TUC mogu da se pojave parazitske periodične varijacije, jer je kompenzacija sezonskih grešaka relativno slabija.

Iz predhodne diskusije mogli bismo zaključiti da prilikom računanja težina greškama  $E_m$  i  $S_a$ , odnosno,  $E'_m$  i  $S'_a$  ne bi trebalo pridavati isti značaj. Kao jedan od postavljanih zadataka mi smo nastojali da nadjemo njihov optimalni odnos. Drugim rečima, mi smo pokušali da te greške tretiramo sa različitim težinama i ocenimo koji njihov odnos omogućuje određivanje najtačnijeg srednjeg TUL-TUC. U tom cilju "Spoljašnje" težine (težine dodeljene opservatorijama) računali smo pomoću jednačine:

$$P(\mu) = \text{const} / (E_m^2 + \mu \cdot S_a^2) \quad (4.1)$$

Varirajući  $\mu$  od 1 do 10 za svaku opservatoriju izračunali smo po jedan skup od 10 težina. Pored toga, svaki ovakav skup smo uvećali za još tri težine.

Neka je  $E_0$  srednja vrednost  $E_a$  za datih 49 opservatorija (tablica I u aneksu) i  $R$  promenljiva definisana odnosom:  $R = E_0/E_a$ . U zavisnosti od  $R$  (ono se menja od opservatorije do opservatorije) dodeljivali smo težine shodno sledećim kriterijumima:

		Težina
a)	$R \leq 1/4$	1
	$1/4 < R \leq 1/3$	2
	$1/3 < R \leq 1/2$	3
	$1/2 < R \leq 3/2$	4
	$3/2 < R \leq 5/2$	5
	$5/2 < R$	6
b)	$R \leq 1/2$	1
	$1/2 < R \leq 3/2$	2
	$3/2 < R$	3
c)	$-\infty < R < +\infty$	1

Poslednje relacije definišu tri konvencionalne težine za svaku opservatoriju. U prva dva slučaja (pod a i b) one zavise od tačnosti posmatranja, a u trećem ne zavise.

Radi jednostavnijeg izražavanja, u daljem izlaganju smatraćemo da je  $\mu = 11$  za težine računate prema kriterijumima pod a,  $\mu = 12$  za one pod b i  $\mu = 13$  za one pod c.

Neka je  $RT'_j$  srednji rezidu opservatorije j za prvih 30 dana datog posmatračkog intervala (januar 1967.) u odnosu na "sistem BIH 1968" (RAPPORT ANNUEL POUR 1968). On je identičan sa odgovarajućim  $RT_m$  (stranica 11). Od svih posmatranja iz ovog posmatračkog intervala oduzeto je odgovarajuće  $RT'_j$  i na taj način ona su redukovana na "sistem BIH 1968".

Srednje TUL-TUC i srednji trenutak posmatranja u prvoj aproksimaciji računati su pomoću jednačina:

$$(TUL-TUC)_m = \sum p \cdot \eta / \sum p \quad i \quad (4.2)$$

$$DJ_m = \sum p \cdot DJ / \sum p \quad (4.3)$$

DJ je julijanski datum posmatranja datog TUL-TUC, p je njegova definitivna težina, a  $\eta$  rezidu. Poslednje dve promenljive su definisane jednačinama:

$$p = p_T \cdot P(\mu) \quad i \quad (4.4)$$

$$\eta = (TUL-TUC) - RT'_j \quad (4.5)$$

D.J. = 2439 489.5 +

200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800

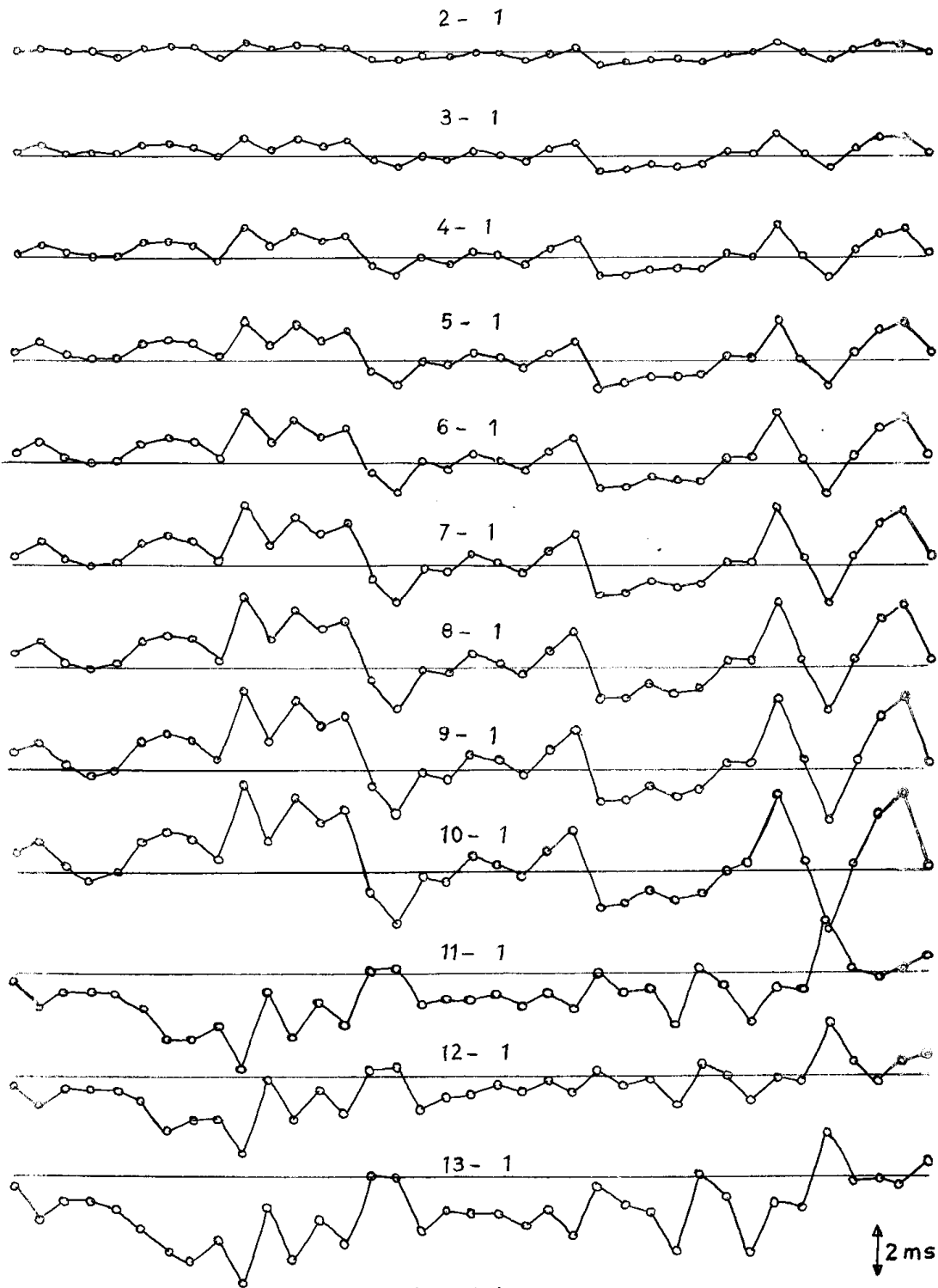


FIG.4.1

Za prelaz sa sistema TUC-TUC na TUL-TUC koristili smo koordinate pola  $x_0$  i  $y_0$  računane u BIH-u (cirkulari D).

Neka je  $RT_j$  srednja vrednost rezidua:

$(TUL-TUC) - (TUL-TUC)_m$  za pomenutih 30 dana.

Definitivnu srednju vrednost TUL-TUC računali smo koristeći iste jednačine (4.2) i (4.5) samo sa tom razlikom što smo u (4.5) umesto  $RT_j$  koristili "definitivni" rezidu  $RT_j$ .

Za sledeći  $n + 1$  mesec ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) kao  $RT_j$  korišćen je definitivni rezidu za mesec  $n$ . Dakle, između njih važi relacija:  $(RT_j)_{n+1} = (RT_j)_n$ .

Gornji postupak primenjen je za svaki dan od početka do kraja posmatračkog perioda (1967-1971).

Za svako  $\mu$  dobijena je jedna serija TUL-TUC.

Na slici 4.1 grafički su predstavljene razlike između prvog sistema, definisanog za  $\mu = 1$ , i ostalih sistema koji odgovaraju  $\mu = 2, 3, \dots, 13$ .

Očigledno je da pomenute razlike nisu zanemarljive. Između pojedinih sistema dostižu čak  $\pm 10$  ms.

Na slici 4.1 lako se zapaža sličnost između prvih devet i, takodje, između poslednje tri krive. Između prvog i drugog skupa krivih očigledna je inverzija.

Uloga grešaka posmatranja u formiranju težina raste sa porastom  $\mu$  (odnosi težina postaju veći), ali do  $\mu = 10$ . Sa daljim porastom  $\mu$  ta uloga opada. Inverzija krivih mogla bi biti objašnjena obrnutom ulogom grešaka posmatranja u određivanju težina za prvih deset i poslednja tri sistema TUL-TUC. Sličnost krivih u jednom i u drugom skupu može se objasniti činjenicama da one predstavljaju razlike u odnosu na jedan isti sistem i da je svaki od tih sistema računat iz istih posmatranja.

Između datih 13 sistema TUL-TUC izbor onoga u kome su greške posmatranja došle do najmanjeg uticaja predstavlja problem koji se može rešiti samo uz određene hipoteze. U tom cilju mi smo pretpostavili da funkcija TUL-TUC može biti razložena na sledeća četiri člana: progresivni, dvogodišnji, godišnji i polugodišnji.

Različite dubine sekunda u sistemima TUL-TUC usro-  
njuju da se razlika čitanja trenutaka događaja menja linearno  
u funkciji vremena. S druge strane, dugoperiodična ubrzanja  
u Zemljinoj rotaciji mogu dovesti do pojave paraboličnog čla-  
na u TUL-TUC. Imajući u vidu ove dve činjenice mi smo pred-  
stavili progresivni član polinomom drugoga reda.

Što se tiče dvogodišnjeg člana, za njegovu periodu  
uzeli smo  $P = 2.15$  godina (Ijima and Okazaki, 1972.).

Za svaki od 13 srednjih sistema TUL-TUC formirali  
smo sistem uslovnih jednačina:

$$\begin{aligned} \text{TUL-TUC} = & a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 \sin \omega_1 t + a_4 \cos \omega_1 t + \\ & + a_5 \sin \omega_2 t + a_6 \cos \omega_2 t + a_7 \sin \omega_3 t + \\ & + a_8 \cos \omega_3 t, \end{aligned} \quad (4.6)$$

gde je:  $\omega_1 = 2\pi/1.00$ ,  $\omega_2 = 2\pi/0.50$  i  $\omega_3 = 2\pi/2.15$ .  
 $t$  je vreme u godinama računato počev  $t_0 = 1969.$ god., 27.jun,  
 $o^{\text{hTU}}$  (julijanski datum: 2440399.5).

Nepoznate  $a_i$  ( $i = 0, 1, 2, \dots, 8$ ) odredili smo me-  
todom najmanjih kvadrata. Iz rezidua uslovnih jednačina (4.6)  
odredili smo i  $E_m$  - srednju kvadratsku grešku funkcije ječi  
ničine težine.

Rezultati koje smo dobili dati su u tablici 4.1.

Redni broj sistema TUL-TUC u tablici 4.1 jednak je  
( $\mu$  sa kojim je dati sistem računat (jednačine 4.1 i 4.4).

$a_1$  je izraženo u  $10^{-7}$ ,  $a_2$  u  $10^{-9}$ , a svi ostali koe-  
ficienti i  $E_m$  u  $10^{-4}$  sec.

Činjenica da relativno velike promene težina nisu  
mnogo uticale na koeficijente  $a_i$  je vredna da bude posebno  
istaknuta.

Pošto je  $E_m$  koje se odnosi na prvi sistem ( $\mu = 1$ )  
medju najmanjima, kao definitivni sistem TUL-TUC mi smo usvo-  
jili baš ovaj. Mi ćemo ga kasnije često pominjati pa smo ga  
radi bolje preciznosti posebno označili sa (TUL-TUC)u.

Prilikom izbora (TUL-TUC)u za definitivni sistem  
~~smo~~ imali smo u vidu da je naš test aproksimativan i, s druge strane,

## T A B L I C A 4.1

sisteme	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
1	174	274	156	166	-124
2	174	273	156	166	-124
3	175	273	156	166	-124
4	175	273	155	166	-124
5	175	272	155	166	-124
6	176	272	155	166	-124
7	176	272	155	166	-124
8	177	272	155	166	-124
9	177	272	155	166	-124
10	177	272	155	166	-124
11	160	262	154	163	-123
12	165	262	155	163	-123
13	155	262	154	163	-123

	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$E_m$
1	70	-74	-87	29	110
2	70	-74	-87	29	111
3	71	-74	-87	29	112
4	71	-74	-87	29	113
5	72	-73	-87	28	114
6	72	-73	-87	28	114
7	72	-73	-87	28	115
8	73	-73	-86	27	116
9	73	-73	-86	27	117
10	73	-73	-86	27	117
11	67	-73	-91	29	109
12	67	-73	-90	29	109
13	66	-74	-92	29	109

da razlika između  $E_m$  koje odgovara tom sistemu i najmanjeg  $E_m$  nema nikakav praktični značaj.

Srednje petodnevne vrednosti (TUL-TUC)u (neprekidne linije) i odgovarajuće vrednosti TUL-TUC računane u BIH-u - (TUL-TUC)o (isprekidane linije) predstavljene su grafički na slikama 4.2, 4.3 i 4.4.

Zbog načina na koji su računane vrednosti (TUL-TUC)u<sub>j</sub> i (TUL-TUC)o u prvom mesecu moraju biti bliske (srednje vrednosti su jednake), ali kasnije moglo je doći do odstupanja čak znatno većih od onih koje vidimo na slikama 4.2, 4.3 i 4.4. Na osnovi ovakve grube procene možemo zaključiti da razlike između jednih i drugih rezultata imaju sistematski karakter i da amplituda tih sistematskih razlika znatno prelazi granice zanemarljivih odstupanja.

Pored računa (TUL-TUC)u želeli smo da ispitamo sa kojom tačnošću samo posmatranja TUC-TUC mogu da definišu jedan sistem TUL-TUC i na taj način omoguće izučavanje Zemljine rotacije nezavisno od širinskih posmatranja. Osnovni razlog zbog koga smo postavili ovaj zadatak je ispitivanje mogućnosti određivanja homogenijih podataka za izučavanje Zemljine rotacije. Poznato je da se na velikom broju opservatorija - članica BIH-a već decenijama posmatra u sistemima fundamentalnih kataloga pa bi korišćenje takvih posmatranja u direktnom računanju TUL-TUC (bez posredstva koordinata pola) moglo biti od određenog naučnog interesa.

Da bismo rešili postavljeni zadatak prihvatili smo sledeću metodu:

Sva sirova posmatranja TUC-TUC linearnom interpolacijom redukovana su na središnje datume odgovarajućih petodnevni intervala i za svaki takav interval formirali smo sistem uslovnih jednačina:

$$TUC-TUC-RT_j = \tau - 1/15 (x \sin \lambda - y \cos \lambda) \operatorname{tg} \varphi \quad (4.7)$$

Metodom najmanjih kvadrata računali smo nepoznate:  $x$ ,  $y$  i  $\tau = (TUL-TUC)v$ .

$RT_j$  u jednačinama (4.7) je srednji rezidu opservatorije  $j$  u odnosu na  $(TUL-TUC)v$ . Računat je iz ostataka uslovnih jednačina (4.7) na način sasvim analogan onome koji je primenjen kod računanja (TUL-TUC)u. Dakle, i u ovoj metodi račun je obavljen u dve aproksimacije nad intervalima od po 30 dana.

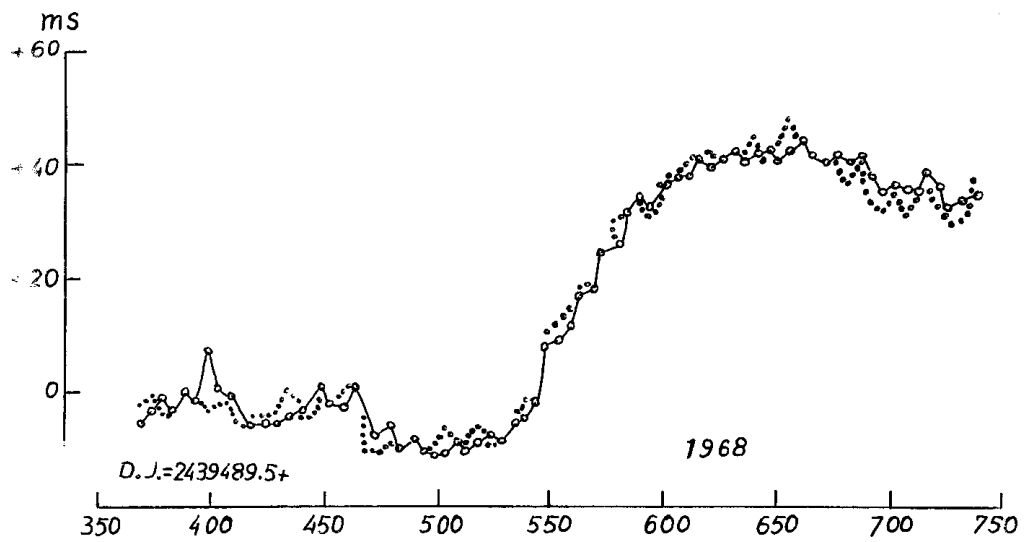
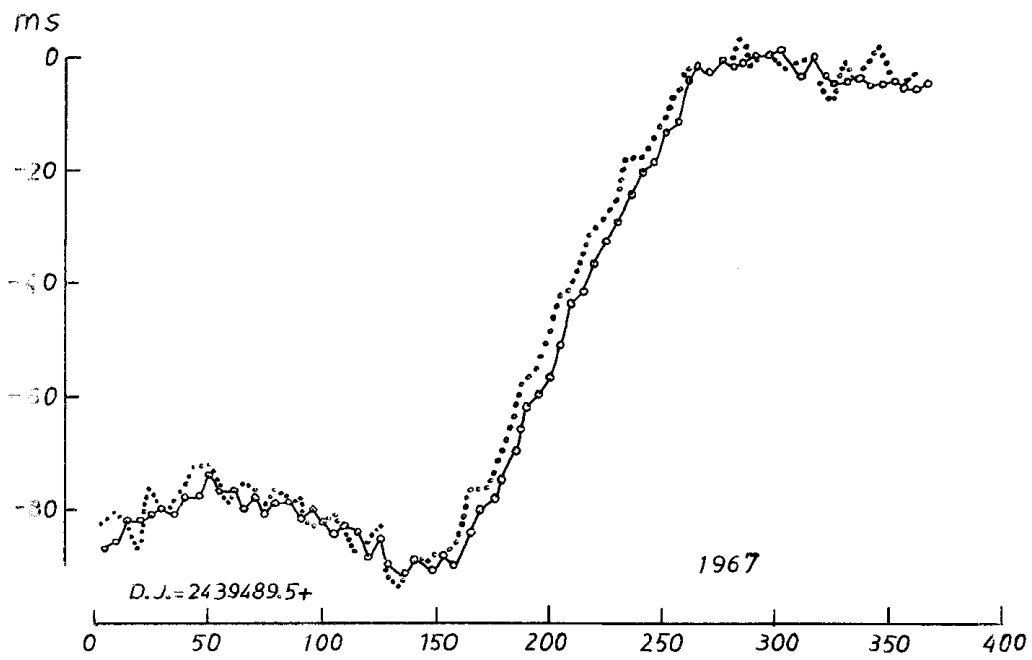


FIG. 4.2



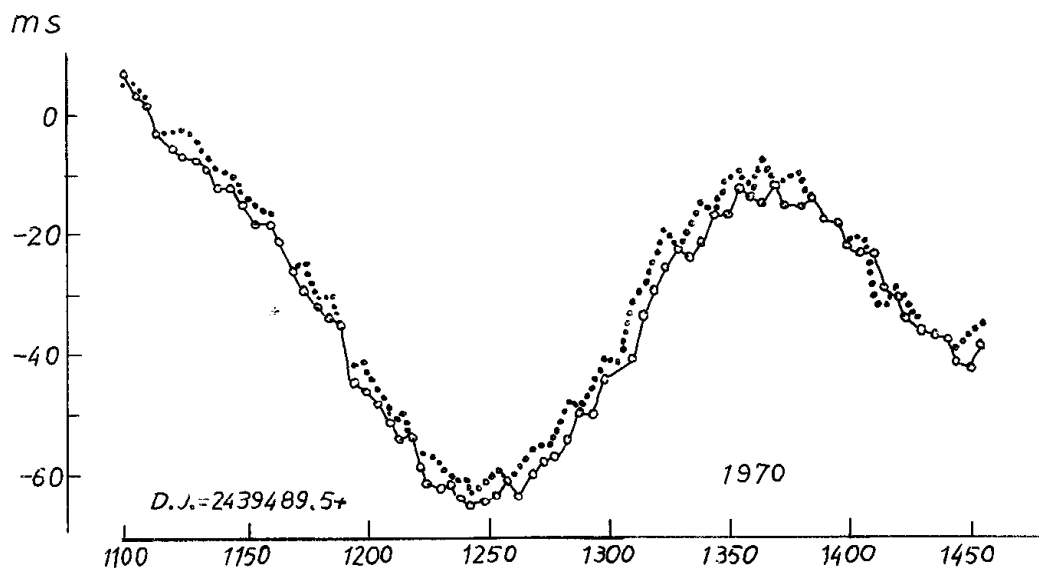
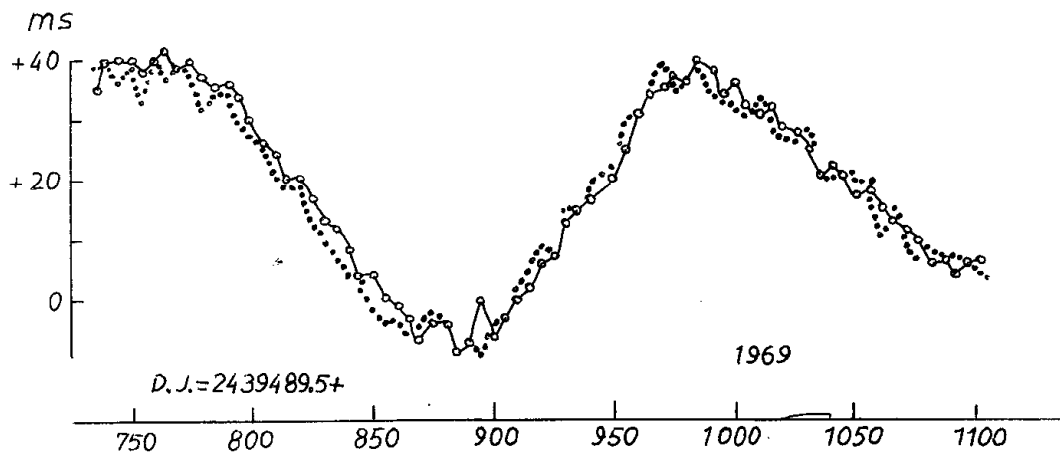


FIG. 4.3



FIG. 4.4

Gornju metodu primenili smo na sirova posmatranja i, takodje, na TUC-TUC koje smo na nivou svake opservatorije izravnali metodom Vitaker-Robinson-Vondraka. TUL-TUC određeno iz izravnatih TUC-TUC označićemo sa (TUL-TUC)w.

(TUL-TUC)u, (TUL-TUC)v i (TUL-TUC)w dati su u aneksu u tablici III.

Slučajne greške gornja tri sistema vremena, predstavljene preko srednjih kvadratskih grešaka  $E_u$ ,  $E_v$  i  $E_w$ , su:

	$E_u$	$E_v$	$E_w$
1967	$0^{\text{S}}.0014$	$0^{\text{S}}.0034$	$0^{\text{S}}.0020$
1968	14	36	18
1969	13	34	20
1970	14	29	18
1971	15	29	-
Srednje	14	32	19

Poslednji rezultati se odnose na TUL-TUC jedi<sup>3</sup>čine težine određeno iz petodnevnih posmatranja.

Za srednju kvadratsku grešku jednog (TUL-TUC)o, takodje računatog iz petodnevnih posmatranja, B. Gino (B. Guinot, 1970.) je našao  $E = \pm 0^{\text{S}}.0020$ .

Upoređujući srednje sisteme TUL-TUC dolazimo do sledećih iskustava:

a) Korišćenje širinskih posmatranja u cilju izučavanja Zemljine rotacije nije neophodno, ali bez njih dolazi do relativnog porasta slučajnih grešaka za oko 50%. Uprkos većim disperzijama, neposredno računanje TUL-TUC (samo iz posmatranja TUC-TUC) je interesantno jer, kao što ćemo malo kasnije videti, sistematske razlike koordinata pola računatih iz različitih grupa širinskih posmatranja su ogromne i teško ih je objasniti.

b) Metodom dve aproksimacije dobili smo rezultate čija je disperzija nešto manja od disperzije odgovarajućih rezultata (TUL-TUC)o.

c) Izravanjem TUC-TUC metodom WRV slučajne greške srednjeg sistema TUL-TUC su smanjene za oko 40%.

Sistemi referencije u kojima su data tri sistema TUI-TUC koje smo izračunali definisani su inicijalnim longitudama i odgovarajućim težinama datim u tablici I (u aneksu). Pošto smo uzeli da je  $P_u = P_v$  u tablici I dati su samo  $P_u$  i  $P_w$ .

Pravouglo koordinate pola  $x$  i  $y$  računali smo metodom sličnom onoj koja je primenjena kod računanja (TUI-TUC)v.

Neka je  $RF_j$  srednja vrednost  $RF_1$  za prvih 30 dana datog posmatračkog intervala. Ono je identično sa  $RF_m$  (stranica 11) za januar 1967. Posle redukcije  $\Delta\varphi_i = \varphi_i - \varphi_0$  na središnje datume odgovarajućih petodnevnih intervala (u tom cilju vršena je linearna interpolacija, a korišćene su koordinate pola  $x_0$  i  $y_0$  računane u BIH-u - cirkulari D) za svaki od 6 petodnevnih intervala formirali smo po jedan sistem uslovnih jednačina Kostinskog:

$$\Delta\varphi - RF_j = x \cos \lambda + y \sin \lambda \quad (4.8)$$

Metodom najmanjih kvadrata računali smo  $x$  i  $y$  u prvoj aproksimaciji.

Neka je  $RF_j$  srednja vrednost rezidua jednačina (4.8) za dati mesec.

Računanje  $x$  i  $y$  u drugoj aproksimaciji ponovljeno je na isti način, samo umesto  $RF_j$  koristili smo  $RF_j$  (definitivni rezidu).

Kao i kod računanja (TUI-TUC)u,  $RF_j$  za  $n+1$  mesec identički je jednako  $RF_j$  iz  $n$ -tog meseca.

Opisanim metodom računali smo nekoliko serija  $x$  i  $y$ :

- a) iz sirovih širinskih posmatranja ( $x_u, x_w$ ),
- b) iz širinskih posmatranja izravnatih metodom WRV ( $x_w, y_w$ ) i
- c) iz sirovih širinskih posmatranja, ali odvojeno tretiranih za tri tipa posmatračkih instrumenata: za astrolabe  $x$  (A) i  $y$  (A), za zenit-teleskope  $x$  (IZ) i  $y$  (IZ) i za fotografske zenitske tube  $x$  (PZT) i  $y$  (PZT) (sl.4.7).

Rezultati računanja  $x_u, y_u, x_w$  i  $y_w$  dati su u prilogima u tablici IV.

Sistemi referencije na koje se odnose dati rezultati definisani su inicijalnim latitudama i težinama datim u tablici II (u priložima).

Između  $x$  i  $y$  za tri tipa instrumenata postoje velike sistematske razlike.

$x(A) - x(LZ)$  je periodična funkcija vremena sa godišnjom periodom. Ova osobina nije u istoj meri izražena u razlici  $y(A) - y(LZ)$ .

$x(A) - x(PZT)$  varira u granicama od  $\pm 0.1$ , ali periodični karakter tih varijacija nije uočljiv (sl.4.6). Što se tiče razlike  $y(A) - y(PZT)$ , ona je relativno najbliža slučajnoj promenljivoj.

Divergenciju rezultata možemo zapaziti jedino kod  $y(A) - y(LZ)$ . Ona iznosi  $0.2$  godišnje. Pošto je  $y(A) - y(PZT)$  stacionarna funkcija vremena, zaključak koji iz ovoga možemo izvesti je da sistem referencije definisan posmatranjima na LZ nije dobro konzerviran.

Problem konzerviranja sistema referencije predstavlja bazični problem koji, nažalost, ne može da bude dovoljno tačno rešen. Njegovo tačno rešavanje predpostavlja izbor težina koji garantuje kompenzaciju sistematskih grešaka rezultata posmatranja. Pošto u jednoj datoj seriji posmatranih latituda ne znamo da razdvojimo polarne promene od nepolarnih, tj. ne znamo da razdvojimo objektivne promene latituda od sistematskih grešaka, uslov kompenzacije tih grešaka ne može biti zadovoljen. Posledica toga biće zavisnost  $x$  i  $y$  od sastava skupa posmatračkih stanica uzetih u obzir pri njihovom određivanju.

Poslednja konstatacija je vrlo ubedljiva ako čak i letimično proučimo rezultate predstavljene grafički na slikama 4.5, 4.6 i 4.7.

Relativno velike razlike koordinata pola koje smo otkrili računajući ih odvojeno za tri tipa posmatračkih instrumenata bile su povod da se ovim pitanjem malo ozbiljnije bavimo proširujući analizu i na rezultate koje su dobili drugi autori.  $x_u$  i  $y_u$  smo uporedili sa:

a)  $x_0$  i  $y_0$  računatim u BIH-u iz posmatranja TUO-TUO  
i  $\Delta\varphi_i = \varphi_i - \varphi_0$  na svim opservatorijama - članicama BIH-a  
(Guinot B., 1969-1972),

b)  $x_{IPMS}$  i  $y_{IPMS}$ , računatim u Medjunarodnoj službi polarnog kretanja (International Polar Motion Service - skraćeno: IPMS) iz posmatranja na 5 medjunarodnih opservatorija (Yumi S., 1969-1972) i

c)  $x_S$ ,  $y_S$ , računatim na U.S. Naval Weapons Laboratory Dahlgren iz merenja Doplerovog efekta pomoću specijalnih veštačkih satelita (Anderle R.I., 1970).

Razlike srednjih 25-podnevnih  $x$  i  $y$  predstavljene su grafički na slikama 4.8, 4.9 i 4.10.

$x_S$  i  $y_S$  su dobijeni putem grafičkog izravnjanja, čitanjem odgovarajućih vrednosti sa krivih na sl. 4.11. Na toj slici kružići predstavljaju sirova posmatranja.

Upoređujući gornje serije  $x$  i  $y$  došli smo do sledećih zaključaka:

a) sistematske varijacije koordinata IPMS u odnosu na  $x_U$ ,  $y_U$  i, takodje, u odnosu na  $x_O$ ,  $y_O$  imaju periodični karakter sa približno godišnjom periodom i amplitudom od 0.05.

b) Između  $x_S$ ,  $y_S$  i  $x_U$ ,  $y_U$  postoje sistematske razlike koje su periodične funkcije vremena.

Tačnost  $x_S$ ,  $y_S$  zavisi prvenstveno od učestanosti posmatranja pojedinih stanica, od grešaka koordinata stanica i od modela sila (Taton N., 1972.). Uprkos brojnosti faktora koji unose greške u određivanje  $x_S$ ,  $y_S$  iskustva sa satelitima Geos.A i 1967-92. A pokazuju da pri njihovom računanju za svaki dan već danas može da se dostigne tačnost od oko ±0.03. Sa satelitom CANNON BAIL dostignuta je čak i za red veličine veća tačnost. Međutim, periodične varijacije  $x_S$  i  $y_S$  o kojima smo govorili i koje su, uostalom, ranije otkrili saradnici BIH-a gospodjica Martin Feisel i drugi (Feissel M. et al., 1971) još nisu objašnjene te klasična astronomska posmatranja nisu napuštena. Danas <sup>se</sup> kretanje Zemljinih polova prati na bazi paralelnih posmatranja veštačkih satelita i zvezda.

Pored grešaka koje se u koordinate  $x_S$ ,  $y_S$  unose preko zemljinog potencijala i preko koordinata posmatračkih stanica mi smatramo da pomenute sistematske razlike između koordinata pola potiču i od sezonskih grešaka klasičnih astronomskih posmatranja i nemogućnosti konzerviranja sistema referencije zbog stalnih promena sastava opservatorija iz

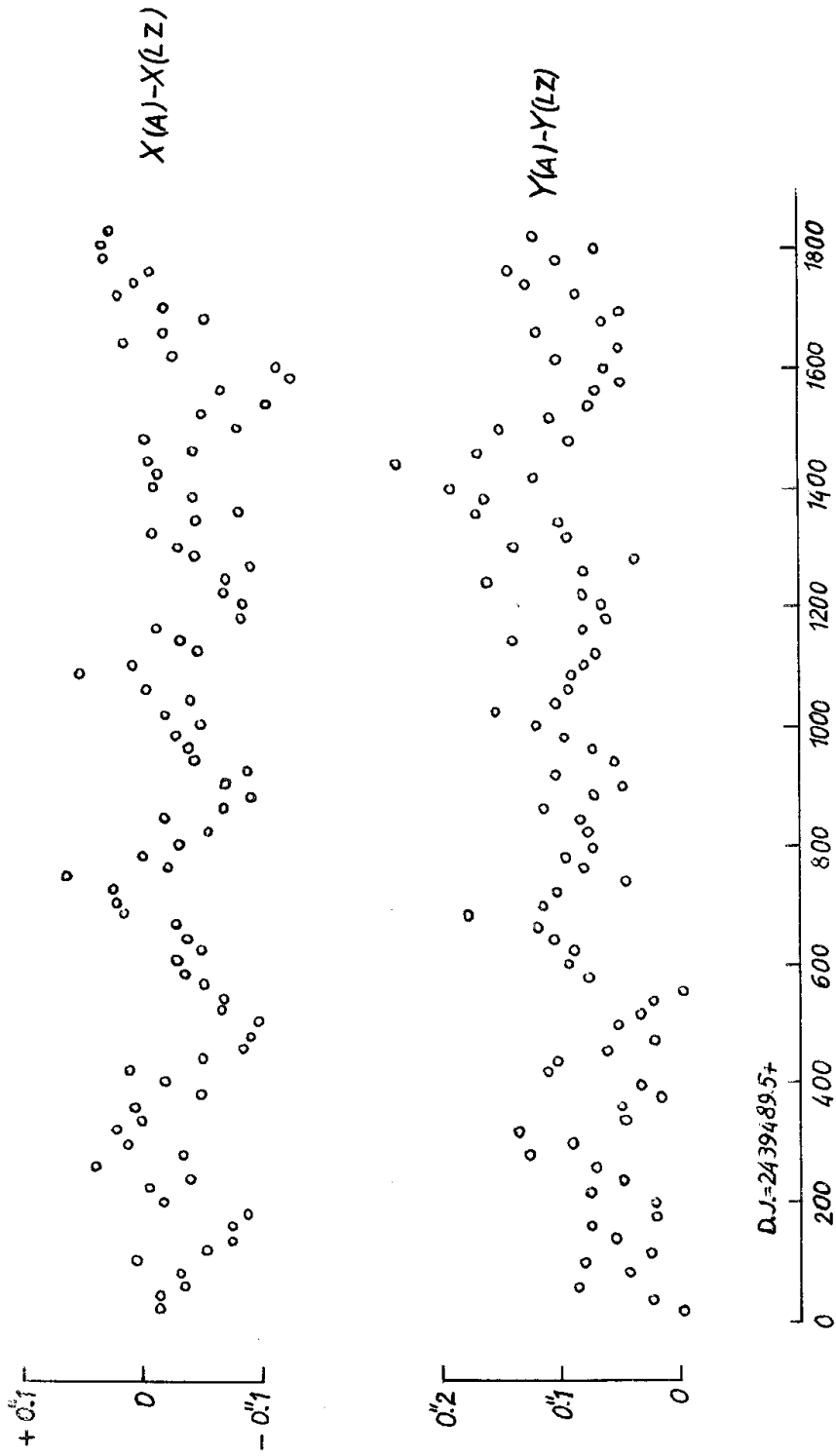


FIG. 4.5

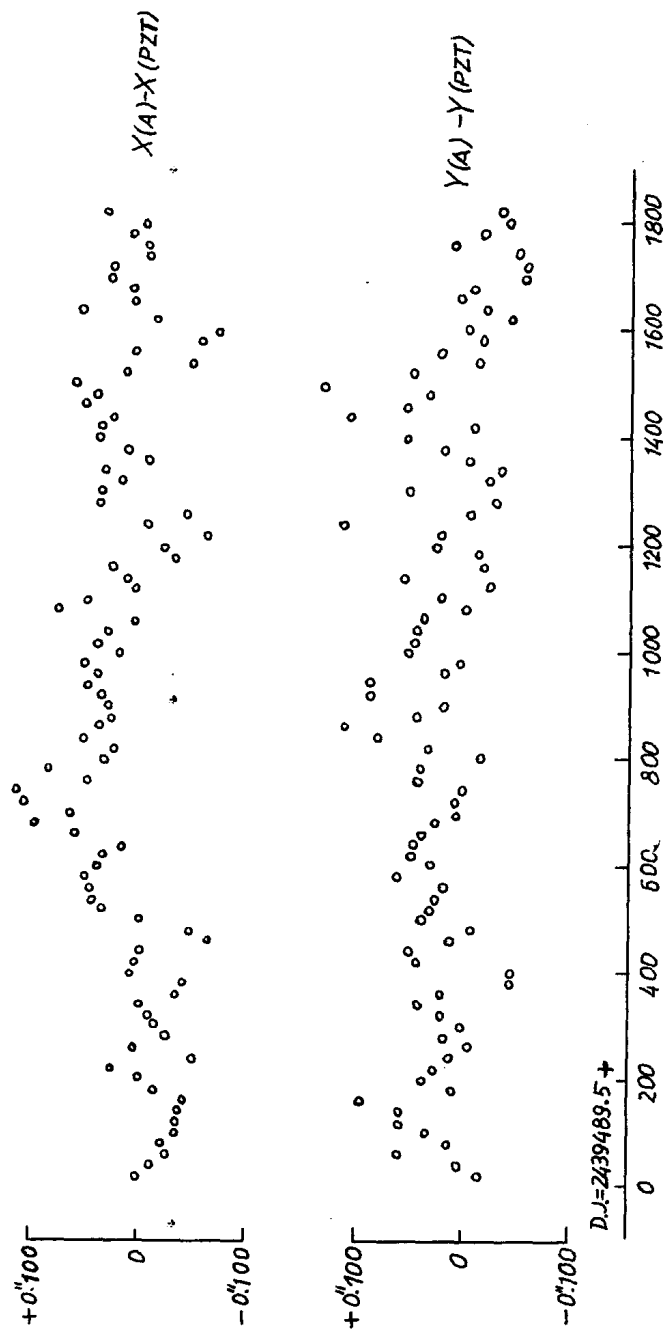


FIG 4.6



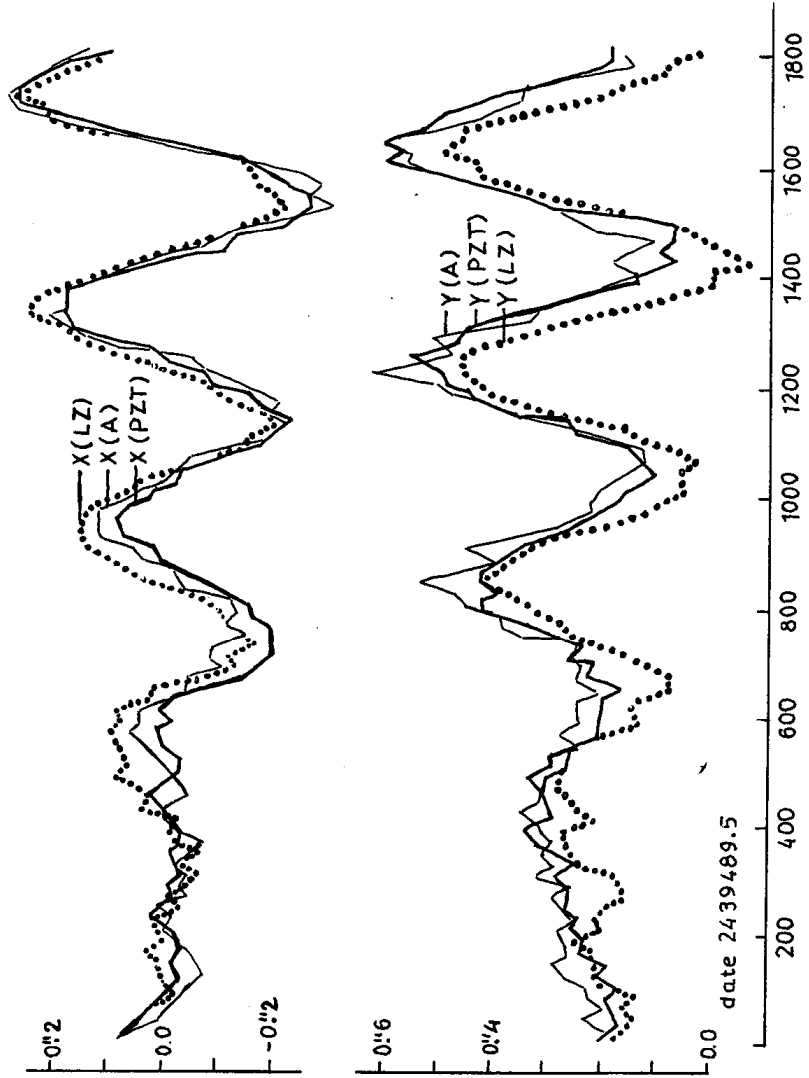


FIG. 4.7

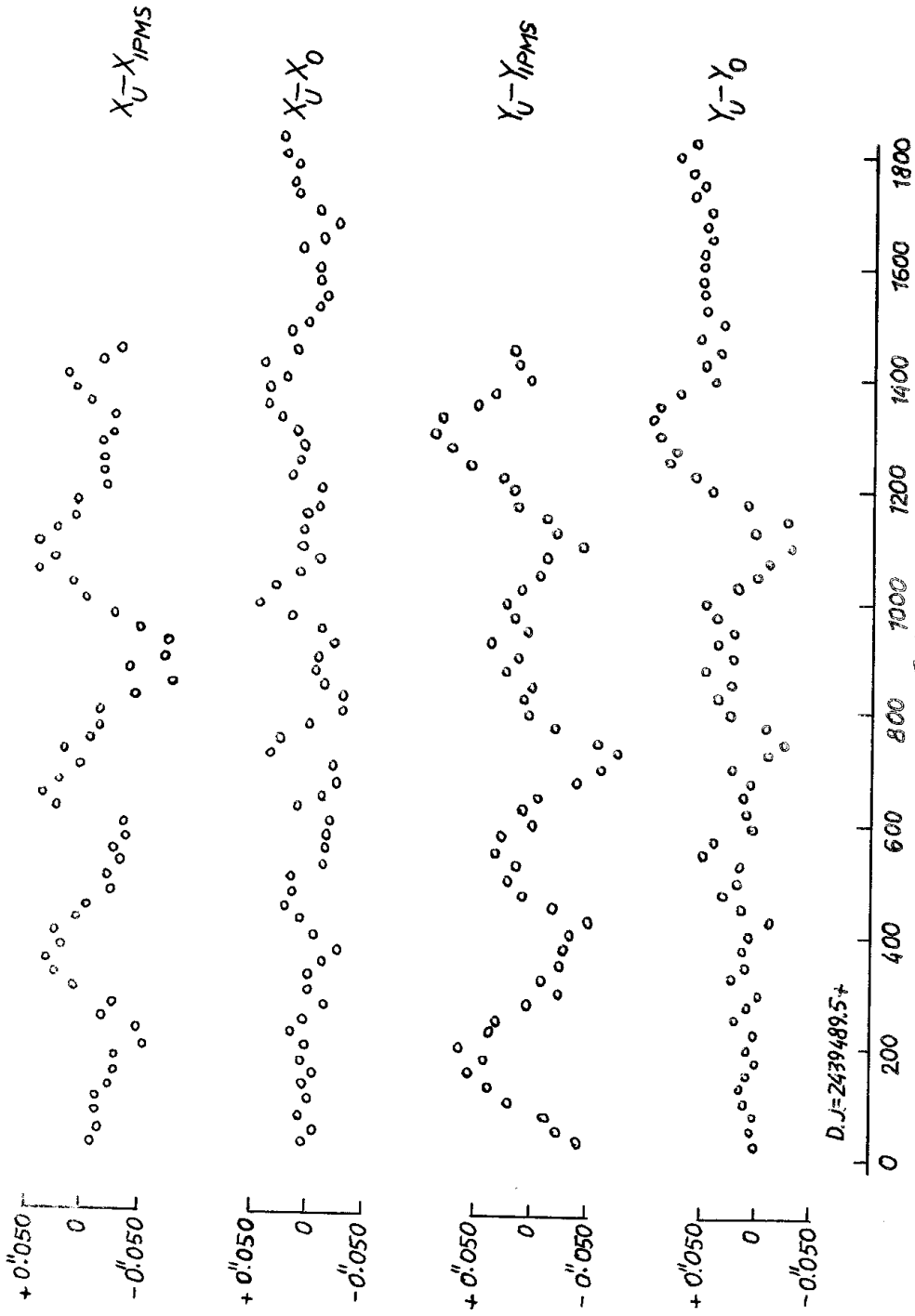


FIG. 4.8

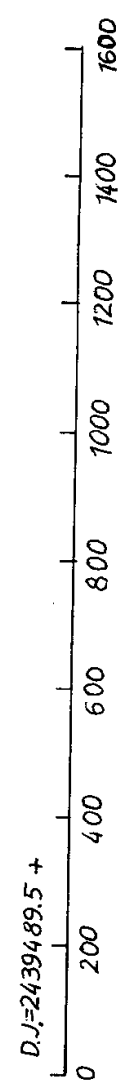
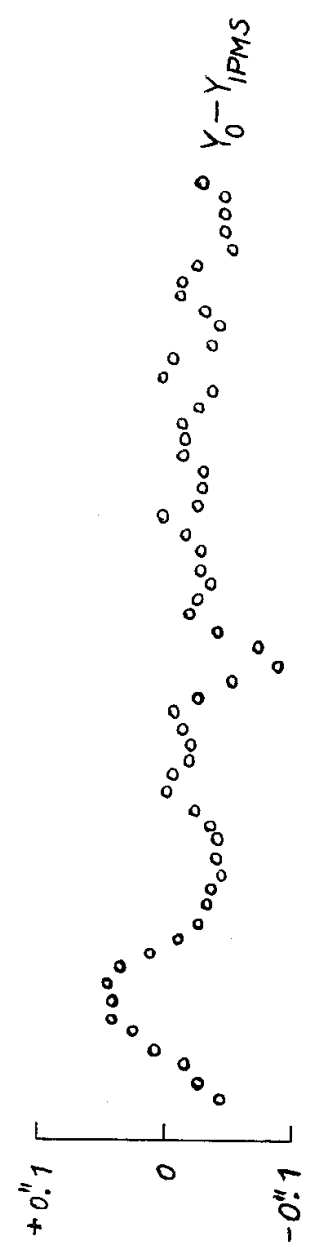
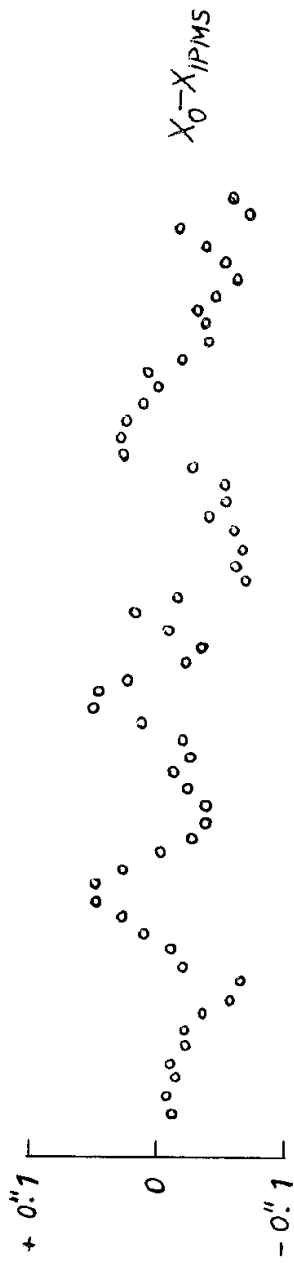


FIG. 4.9

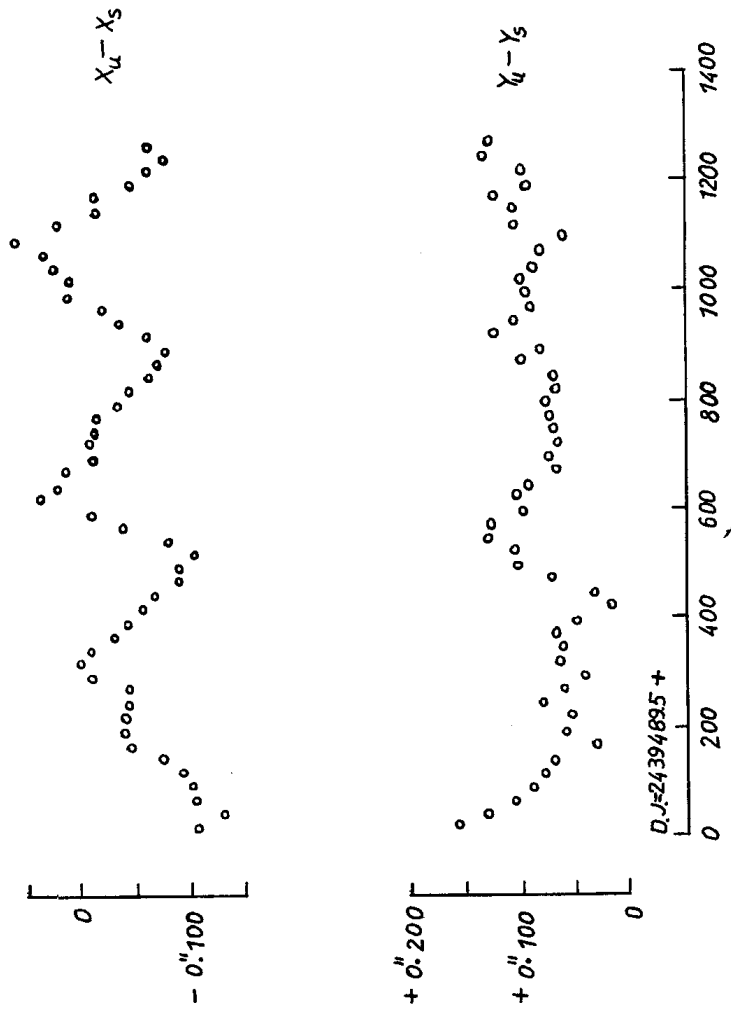


FIG. 4.10

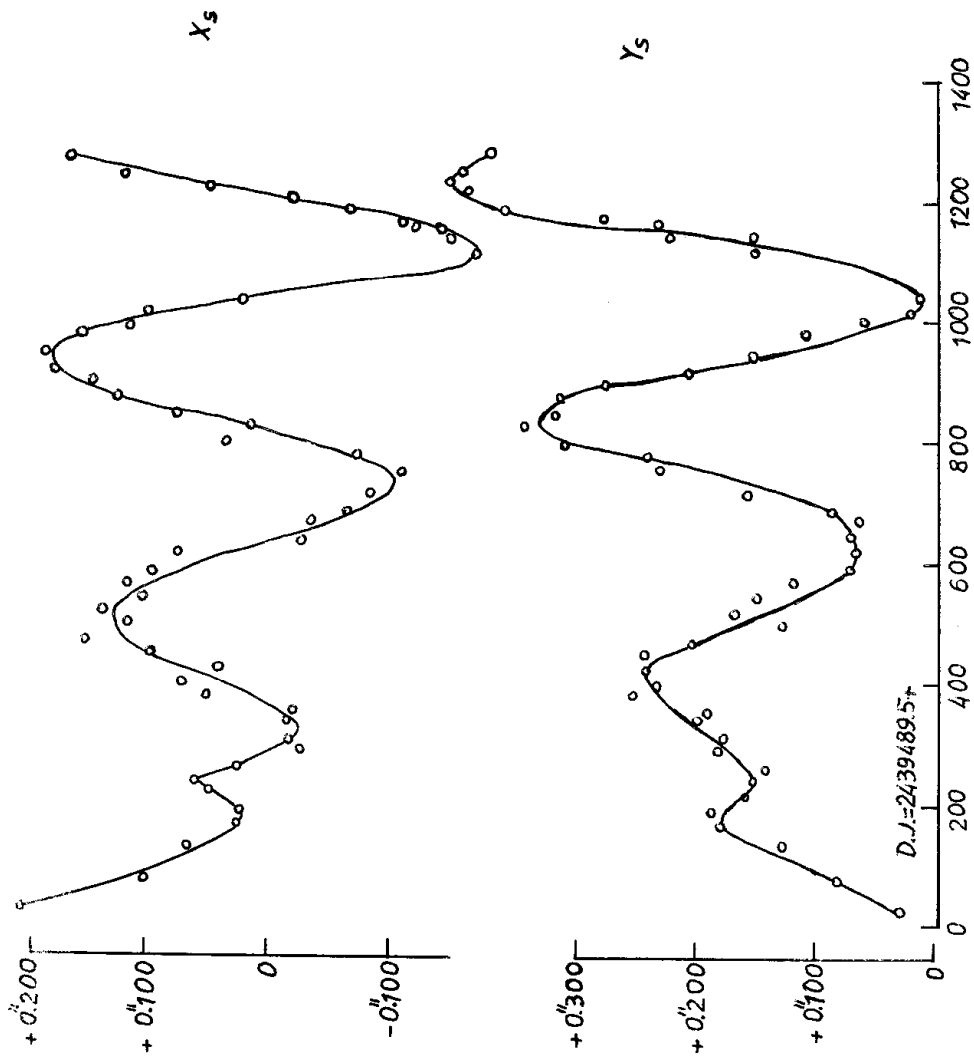


FIG. 4.11

Njih se posmatranja računaju  $x$  i  $y$ . Naime, od jednog do drugog para koordinata  $x$ ,  $y$  menja se sastav observatorija kao i učestanost posmatranja što unosi promenljive sistematske greške u računate koordinate.

#### L i t e r a t u r a :

- Anderle R.I. ( 1970.): Polar Motion Determination by U.S. Navy Doppler Satellite Observations. NWL Technical Report TR-2432.
- Feissel M. et al. (1970.): Comparaison of the coordinates of the pole as obtained by classical astrometry (IPMS, BIH) and as obtained by Doppler measurements on artificial satellites (Dahlgren polar monitoring service). Symposium No 48 de l'IAU, Rotation of the Earth.
- Guinot B. (1970.): Short Period Terms in Universal Time. Astronomy and Astrophysics, 8.
- Guinot B. et al. (1968-1972): Rapports annuels du BIH.
- Ijima S. and Okazaki S. (1972.): Short Period Terms in the Rate of Rotation and, in the Polar Motion of the Earth. Publications Astronomical Society Japan, 24.
- Taton N . (1972.): Détermination du mouvement du pôle à partir d'observations de satellites artificiels. Journées luxembourgeoises de géodynamique, avril 1972.
- Yumi S. (1969-1972.): Annual Reports of the International Polar Motion Service.

9. SISTEMATSKE VARIJACIJE LONGITUDA I LATITUDA.  
 RELATIVNO POMERANJE KONTINENATA I SUNČEVA  
 AKTIVNOST.

Pažnju astronoma, geofizičara, geologa i drugih na relativno pomeranje kontinenata je skrenuo Wegener 1924. godine (Wegener, 1924.). Prihvatajući teoriju po kojoj kora (sial) pliva na rastopljenoj unutrašnjosti Zemlje (sima), Wegener je zaključio da se zbog rotacije kontinenti moraju pomerati ka zapadu. Velika sličnost istočne obale Brazila i zapadne Afrike, pojave istih biljnih vrsta u ova dva regiona bili su glavni argumenti koje je Wegener koristio u prilog svojoj teoriji.

Malo kasnije Braun (Brown, 1926.) je postavio hipotezu o pulziranju Zemlje i, saglasno tome, o udaljavanju i približavanju kontinenata u odnosu na osu rotacije. Prema Braunu, ta pomeranja ne moraju biti simetrična pa se, kao posledica toga, menjaju relativni položaji tačaka površine, odnosno, dolazi do relativnog kretanja kontinenata.

Pošto pomeranje kontinenata predstavlja veoma interesantan fenomen za pojedine oblasti astronomije, geofizike, geologije i drugih nauka, sa ciljem da se on dokaže i osvetli njegova fizička priroda bilo je dosta pokušaja koji su polazili sa različitim dokaznim činjenicama.

Među astronomima je N. Stojko (Stoyko N., 1932) proučavao ovu pojavu. On je računao relativne promene longituda i našao da se Severna Amerika i Evropa periodično udaljuju i približuju za oko 18 metara što odgovara promeni longituda od  $0.855''$ .

N. Stojko je našao da se i Japan pomera u odnosu na Evropu.

10 godina kasnije N. Stojko (Stoyko N., 1942.) je produbio analizu pomeranja kontinenata polazeći od rezultata 7 časovnih službi (Grinič, Hamburg, Pulkovo, Tokio, Vašington, Lenjingrad i Pariz) za period: 1920.-1939. godine.

Iz ove analize on je zaključio:

- a) sekularne relativne promene longituda ne postoje ili su toliko male da se ne mogu identifikovati;
- b) nasuprot sekularnim, periodične promene sa periodom od oko 9.5 godina su veoma izražene i
- c) između periodičnih varijacija longituda i Sunčeve aktivnosti postoji korelacija.

Pored sekularnih i periodičnih varijacija sa periodom od 9.5 godina (mi ćemo ih zvati dugoperiodične varijacije), pažnju izvesnih autora privukle su sezonske (kratko-periodične) varijacije koje potiču, uglavnom, od sezonskih promena meteoroloških uslova.

Prvi rad posvećen sezonskim varijacijama longituda objavio je 1933. godine N. Stojko (Stoyko N., 1933.).

Pošto su amplitude koje je N. Stojko izračunao reda veličine 0.1 ms, zbog poznatih razloga, ovi rezultati ne mogu poslužiti kao osnova za neke sigurnije zaključke.

Nekoliko godina kasnije N. Stojko (Stoyko N., 1938.) polazeći od 14-togodišnjih posmatranja iz perioda 1923-1936. godine proučava relativne sezonske varijacije longituda Pariz-Vašington i Grinič-Otava.

Na slici 5.1 predstavili smo grafički gornje razlike longituda.

Izvesna sličnost dve krive na sl. 5.1 poslužila je kao glavni dokaz pomeranja Evrope u odnosu na Severnu Ameriku.

Činjenice da posmatranja nisu vršena instrumentima istoga tipa, da su korišćeni razni katalozi (Auversov, Ajhelbergerov, Bosov i Njukombov) i da FK3, na koji je Stojko redukovao rezultate objavljene 1942. godine, ima velike slučajne i sistematske greške, u velikoj meri umanjuju vrednost Stojkovih zaključaka.

Polazeći od rezultata određivanja vremena koje je objavio BIH, a koji se odnose na period: 1933.-1961. godine, N.N. Pavlov (Pavlov N.N., 1968.) je proučavao vezu između ubrzanja u Zemljinoj rotaciji i periodičnih relativnih varijacija longituda sa periodom od desetak godina. Pomenuti rezultati se odnose na sledeće opservatorije: Grinič, Nojšatel, Pariz, Ikl, Buenos-Ajres (geodetski), Vašington, Otava i Rio-de-Žaneiro.



Razlika srednjih longituda 4 evropske i 4 američke opservatorije varira u funkciji vremena kao što se vidi ponovo na krive na slici 5.2. Strelice na ovoj slici odgovaraju epohama ekstremuma Sunčeve aktivnosti.

Prema podacima Vitinskog (Vitinski Y.I., 1953.) minimumi su bili 1933., 1944. i 1954. godine, a maksimumi 1937., 1947. i 1957. godine.

Pavlov smatra da se epohe ekstremuma Sunčeve aktivnosti i ekstremuma u razlici longituda, približno poklapaju i izvlači zaključak da između dve pojave postoji fizička veza.

U istom radu Pavlov je sa dosta pažnje proučavao i kratkoperiodične varijacije longituda. Polazeći od TU2-A3 koje je BIH objavio za period 1956.-1964. računao je

$\xi = (TU2-A3)_{n+1} - (TU2-A3)_n$  za iste mesece susednih godina  $n$  i  $n+1$ , eliminisao progresivni član i na taj način odredio je rezidue  $\Delta\xi$ . Umesto da analizira  $\Delta\xi$  pojedinih opservatorija on to čini sa srednjim reziduima  $\Delta\xi_n$  sledeće 4 grupe opservatorija: evro-azijske (EA), zapadnoevropske (OE), severnoameričke (NA) i južnoameričke (SA).

Pavlov nalazi da je između  $\Delta\xi_n$  veoma izražena korelacija. Pojedinih godina, kao, naprimer 1958. i 1959. koeficijenti korelacije su vrlo bliski jedinici (slika 5.5).

Otkrivanje korelacije između  $\Delta\xi_n$  Pavlov vidi u razmeni materije između atmosfere i Zemljine površine koja nije strogo periodična. Sile koje rezultiraju iz te razmene uzrokuju kolebanja faze i amplitude godišnjeg ubrzanja u Zemljinoj rotaciji (Pavlov N.N. i Staritzin G.V., 1962., Djurović D., 1971.) i, sem toga, deformišu Zemljinu kuru te dovode do relativnih pomeranja kontinenata.

Veza između pomeranja kontinenata i ubrzanja u rotaciji je diskutovana u pomenutom radu V.A. Pavlova, ali nije ubedljivo dokazana činjenicama.

Najsvremeniji rad za koji znamo da tretira problem pomeranja kontinenata objavila je Ana Stojko (Stajko A., 1972.). Analizirajući posmatranja 16 časovnih eliptički u 1920. i 1945.-te godine A. Stojko je potvrdila nalaz i broja autora o sekularnoj promeni razlike longituda između Istočno-Zapadna

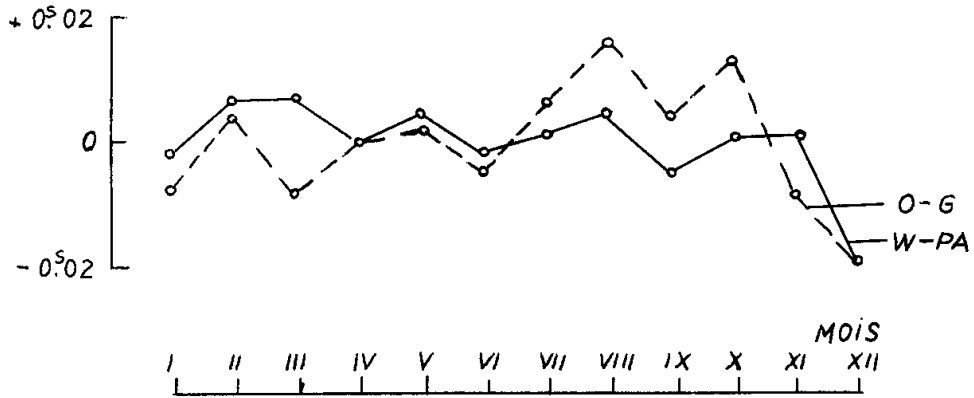


FIG. 5.1

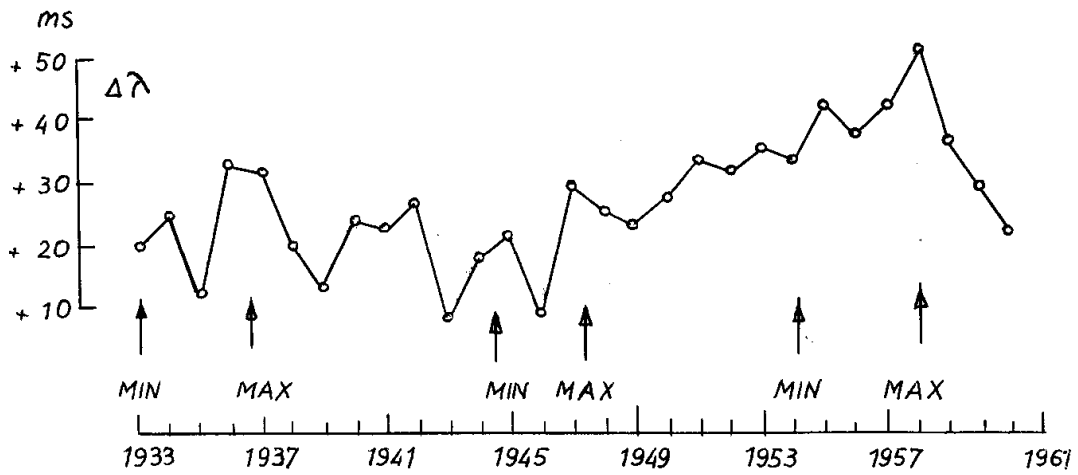


FIG. 5.2

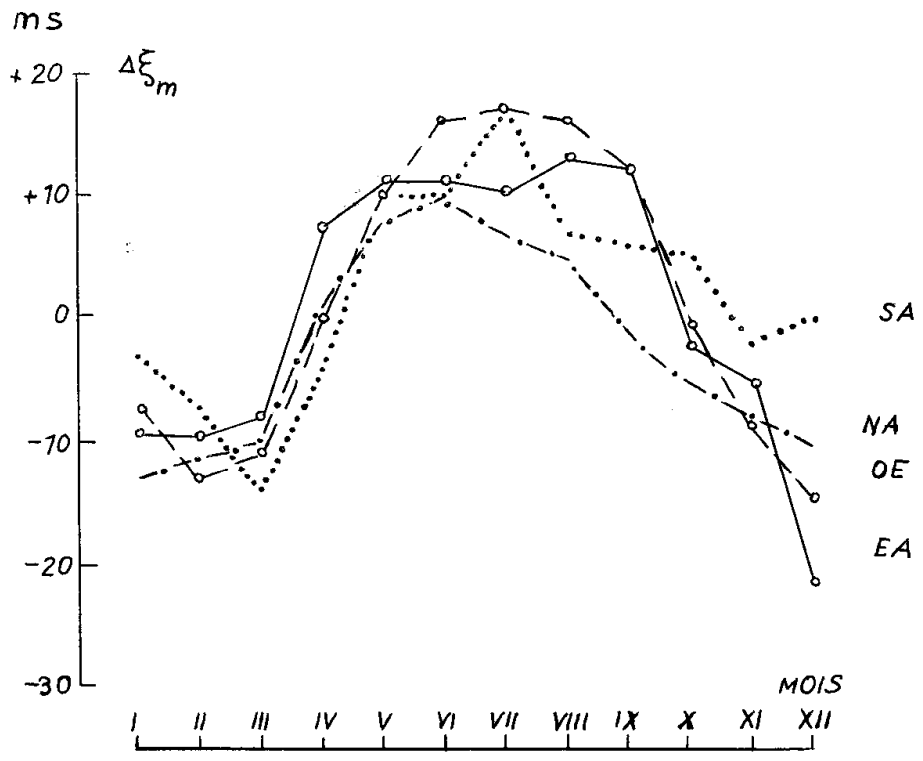


FIG. 5.3

Evropa. U tablici 5.1, zajedno sa rezultatom A.Stojko, prikazujemo i rezultate svih ostalih autora koji su radili na ovom problemu.

T A B L I C A 5.1

Godišnja varijacija razlike longituda Vašington -  
Zapadna Evropa. Jedinica: 0<sup>o</sup>.00001.

Posmatrački period	Autor	$\Delta\lambda$
1920-1930	N.Stojko	-118
1924-1957	A.Stojko	-126
1933-1957	Ye-Shu-Hua	- 46
1933-1961	Torao-Okazaki	- 66
1925-1963	A.Stojko-N.Stojko	- 53
1925-1965	A.Stojko	- 56

A.Stojko smatra da disperzija rezultata iz tablice 5.1 potiče od dugoperiodičnih varijacija, koje su neki autori zanemarili. Prirodno, u takvoj situaciji rezultat zavisi od posmatračkog perioda.

Problem pomeranja kontinenata razmatran je u relativno malom broju radova. Među njima veliki procenat pripada razdobljima kada preciznost posmatranja i tačnost položaja zvezda nisu bili na zadovoljavajućoj visini.

Polazeći od najsavremenijih astronomskih odredjivanja TUO-TUC i  $\Delta\varphi$  (period: 1967.-1971.) skoro svih opservatorija sveta koje saradjuju sa BIH-on mi smo pokušali da identifikujemo pomeranje kontinenata i pridružimo se onima koji su dali svoje priloge u otkrivanju i osvetljavanju ove pojave.

### 5.1 Sezonske varijacije longituda i latituda

U drugom paragrafu (stranica 11) objasnili smo kako su računati srednji tromesečni ( $RT_t$ ,  $RF_t$ ) i srednji godišnji ( $RT_a$ ,  $RF_a$ ) rezidui opservatorija u odnosu na "sistem BIH 1968".

U analizi sezonskih varijacija longituda i latituda išli smo od razlika:  $VT' = RT_t - RT_a$  i  $VF' = RF_t - RF_a$ . Da ne bismo rizikovali da nam slučajne i lično-instrumentske greške posmatranja u većoj meri ometaju uočavanje odredjenih zakonitosti, umesto  $VT'$  i  $VF'$  koristili smo njihove srednje vrednosti  $VR$  i  $VF$  za 11 grupa opservatorija. Sastav tih grupa je sledeći:

I grupa (zapadnoevropska): BLI, BG, BOI, BR, PYI, PTJ, PRI, H, G, N, BS, RW, PA, PTA, UA i SFA;

II grupa (istočnoevropska): LMI, NMI, LA, MA, MMF, NK, PUF i RG;

III grupa (azijska): TAI, IRF, IRG, IRB, IRC i TAF;

IV grupa (severnoamerička): O, RCP, W, CL, OS i RCA;

V grupa (južnoamerička): BAG, BAN, RJ, Q, SC i SP;

VI grupa (japanska): MZA, MZP i TC;

A grupa (zapadnoevropska): BLZ, H, G, N, BS, RW, PA, PTA, UA, SFA, BOZ, CA, D, GT, EK, PYZ, POZ, TT, VJA i POA;

B grupa (azijska): BK, IRZ, KB, KZ i UK;

C grupa (severnoamerička): O, RCP, W, CL, OS i RCA;

D grupa (južnoamerička): Q, SC i SP i

E grupa (japanska): MZA, MZP i TC.

Grupe označene rimskim brojevima formirane su za ispitivanje promena longituda, a grupe označene velikim slovima za ispitivanje promena latituda.

Računajući srednje vrednosti  $VT$  i  $VF$ , svaku opservatoriju smo tretirali sa istom težinom. Smatrali smo da su slučajne greške  $VT'$  i  $VF'$ , zbog velikog broja posmatranja iz kojih su odredjeni, vrlo male i, s druge strane, da su sve opservatorije, aproksimativno, ekvivalentne u pogledu sistematskih grešaka.

Rezultati koje smo dobili za  $VT$  i  $VF$  dati su u tablicama 5.2 i 5.3.

T A B L I C A 5.2Rezidui VT. Jedinica: 0<sup>0</sup>.0001.

Grupa	godina	t r o m e s e č j e				m	n
		1	2	3	4		
I	1967	+16	-24	25	19	39	14
	1968	-25	-12	3	21	32	12
	1969	- 3	- 6	11	7	33	11
	1970	9	-31	7	33	46	11
	1971	7	-42	6	35	52	11
srednja vrednost		1	-23	10	23	40	
II	1967	75	25	-20	-25	42	5
	1968	3	3	- 9	39	34	7
	1969	15	-11	- 3	5	44	7
	1970	46	39	-54	-52	37	4
	1971	- 6	33	-52	42	28	5
srednja vrednost		27	18	-28	2	37	
III	1967	-32	36	- 2	22	36	3
	1968	26	37	-37	-33	38	6
	1969	38	79	-27	-86	10	3
	1970	16	32	-31	- 2	30	5
	1971	8	20	-22	- 5	26	5
srednja vrednost		11	41	-24	-21	28	
IV	1967	3	-15	8	- 1	23	4
	1968	0	-30	4	26	24	4
	1969	- 1	-23	22	3	33	4
	1970	11	-13	- 1	26	27	4
	1971	-11	-31	16	30	18	
srednja vrednost		0	-22	10	17	25	
V	1967	-20	18	-13	13	50	7
	1968	26	-26	7	17	47	5
	1969	-27	-22	34	20	40	5
	1970	7	- 8	16	8	45	4
	1971	-39	- 2	15	46	49	5
srednja vrednost		-11	- 8	12	21	46	

T A B L I C A 5.2 (nastavak)

Grupa	godina	t	r	o	m	e	s	e	č	j	e	m	n
		1	2	3	4								
	1967	6	9	51	-32	34						3	
	1968	16	13	2	-17	29						3	
VI	1969	11	-12	2	5	16						3	
	1970	-24	19	-16	4	28						3	
	1971	-39	3	-29	24	27						3	
	srednja vrednost	-6	6	2	-3	27							

T A B L I C A 5.3

Rezidui VF. Jedinica: 0'001.

Grupa	godina	t	r	o	m	e	s	e	č	j	e	m	n
		1	2	3	4								
	1967	4	-17	3	13	33						19	
	1968	-5	-19	1	21	45						20	
A	1969	-39	-31	15	25	37						19	
	1970	-24	-24	19	15	35						14	
	1971	-33	-30	13	35	34						16	
	srednja vrednost	-18	-24	9	22	37							
	1967	-6	-29	-8	27	30						5	
	1968	6	-16	-14	27	30						5	
B	1969	6	-25	-20	38	36						4	
	1970	31	-24	-23	13	35						4	
	1971	27	-4	2	-11	34						4	
	srednja vrednost	13	-20	-13	19	33							
	1967	-7	-14	4	8	46						4	
	1968	4	-2	-13	8	32						4	
C	1969	14	-23	3	5	59						4	
	1970	-45	-21	35	22	28						4	
	1971	4	-42	4	47	40						4	
	srednja vrednost	-6	-20	7	18	41							
	1967	-22	-10	15	-5	27						3	
	1968	-60	-16	39	14	35						3	

T A B L I C A 5.3 (nastavak)

Grupa	godina	t r o m e s e č j e				m	n
		1	2	3	4		
D	1969	-12	13	22	-26	31	3
	1970	-101	4	29	44	26	3
	1971	-28	-35	27	84	28	3
	srednja vrednost	-45	-9	26	22	29	
E	1967	-1	-41	6	39	53	3
	1968	2	-47	-25	29	29	3
	1969	32	-42	-47	40	37	3
	1970	59	-13	-39	-12	33	3
	1971	25	-47	20	5	13	3
	srednja vrednost	23	-38	-17	20	33	

T A B L I C A 5.4

Rezidui VTa. Jedinica: 0.0001.

Grupa	1967	1968	1969	1970	1971
I	-30	41	20	-5	-27
II	-25	11	44	-19	-12
III	-26	-12	-3	13	25
IV	-1	38	29	-29	-35
V	-10	-17	17	6	3
VI	11	-21	15	-6	-1

T A B L I C A 5.5

Rezidui VTa. Jedinica: 0.0001

A	B	C	D	E
-15	3	6	5	0
-7	-1	-11	2	17
1	3	-26	-7	28
-52	-34	23	56	8
-44	18	30	-8	6



U poslednjim kolonama tablica 5.2 i 5.3 promenljive  $n$  i  $m'$  su prosečne srednje kvadratske greške  $VT'$ , odnosno,  $VF'$  za datu grupu i datu godinu. Računate su iz rezidua:

$$E_1 = VT' - VT \text{ i } E_2 = VF' - VF.$$

$n$  je broj opservatorija uzetih u obzir pri računanju  $VT$ , odnosno,  $VF$  za datu godinu.

Iz podataka u tablicama 5.2 i 5.3 smatramo da mogu proisteći sledeći zaključci:

a) Kod svih 11 grupa opservatorija postoje sistemska periodična odstupanja sa godišnjom periodom. Manja odstupanja od ovog pravila, naročito kod malobrojnijih grupa, mogla bi biti objašnjena slučajnim greškama.

b) Rezultati koji se odnose na grupe I i IV i, takođe, na grupe A i C su u korelaciji. Drugim rečima, varijacije longituda i latituda severnoameričkih i zapadnoevropskih grupa opservatorija su slične. Ovo se može lako uočiti pomoću slika 5.4 i 5.5 na kojima smo grafički predstavili te rezultate (krive a se odnose na severnoameričke, a krive b na zapadnoevropske grupe).

c) Upoređujući  $VT$  grupa IV i V i upoređujući  $VF$  grupa C i D dolazimo do zaključka da i dva američka kontinenta imaju slične varijacije longituda i latituda.

d) Varijacije latituda opservatorija Japanai Azije (grupe B i E) su u korelaciji. Međutim, to nije slučaj sa longitudama (grupe III i IV). Ovo je očigledno ako posmatramo sliku 5.6 na kojoj je predstavljeno  $VT$  i sliku 5.7 na kojoj je predstavljeno  $VF$ . Krive a se odnose na azijske, a krive b na japanske grupe.

Imajući u vidu da Evropa i Azija čine jedan kontinentalni kompleks, mogli bismo pretpostaviti da će rezultati koji se odnose na grupe I, II i III (sl. 5.8 i 5.9) i rezultati koji se odnose na grupe A i B (sl. 5.10) biti u korelaciji. Kod rezidua  $VT$  takva pretpostavka nije ostvarena dok kod  $VF$  postoji izvesna sličnost.

Pojedine krive na poslednje tri slike predstavljaju:

- varijacije longituda Zapadne Evrope (kriva a) i Azije (kriva b) - sl. 5.8;

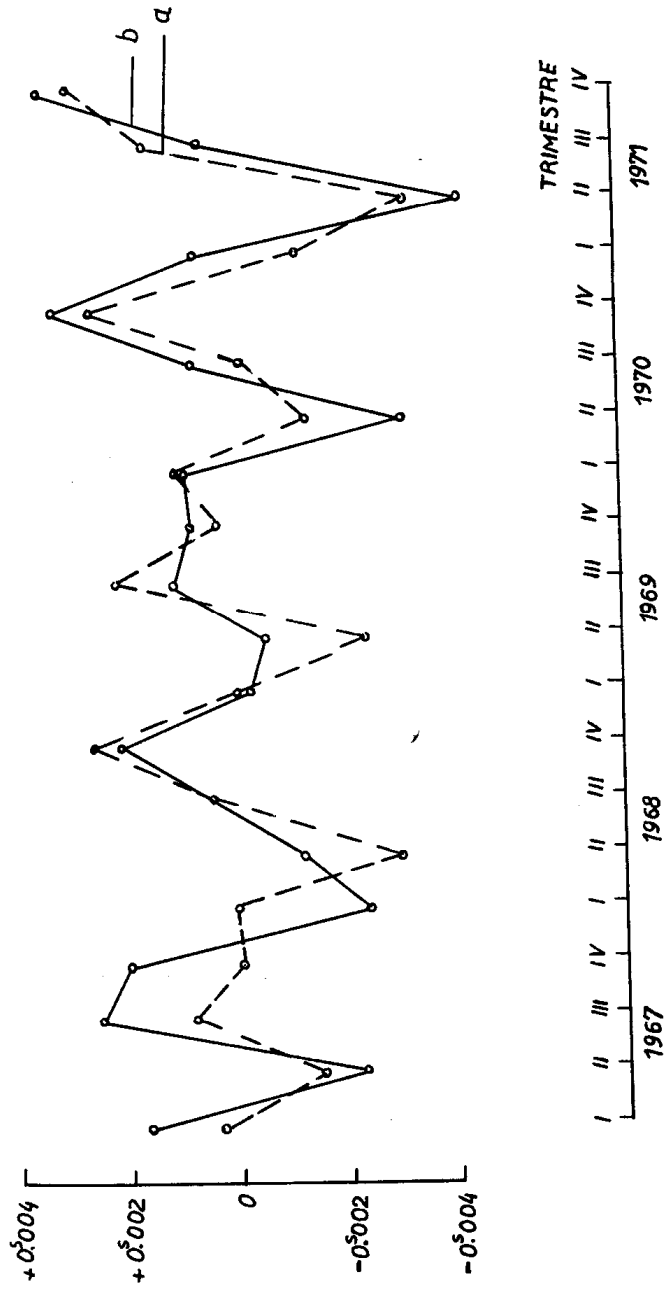


FIG. 5.4

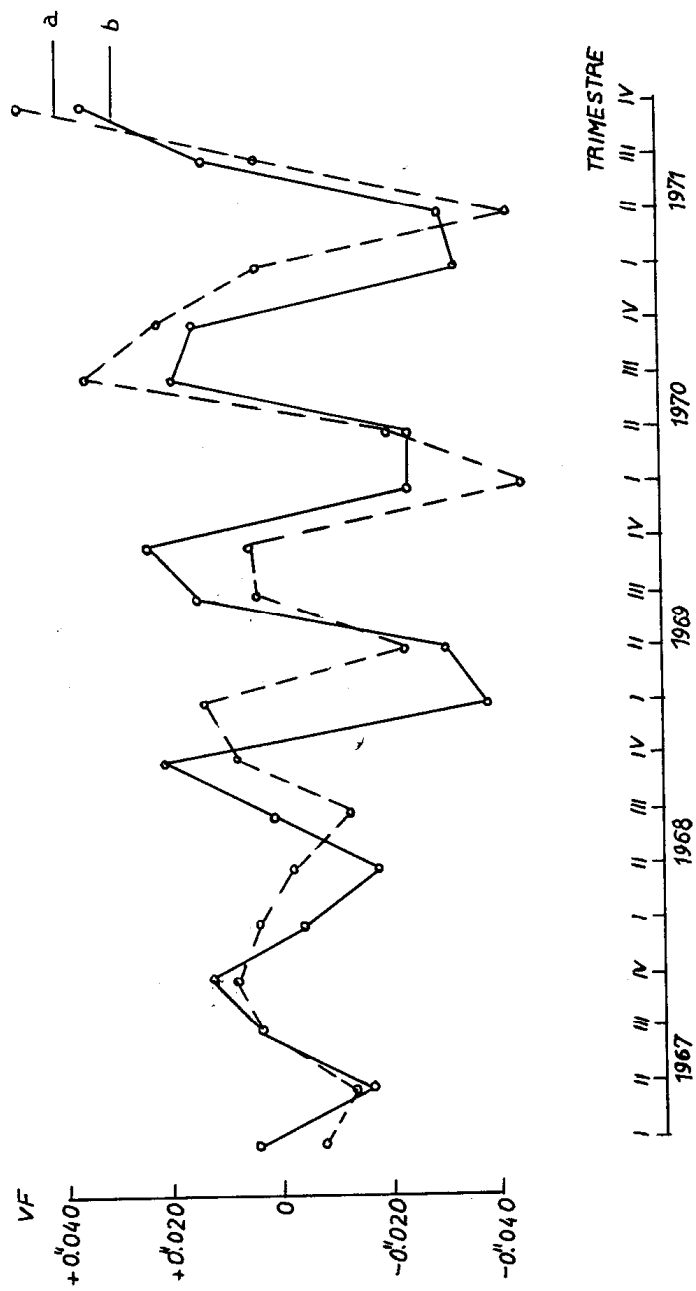


FIG. 5.5

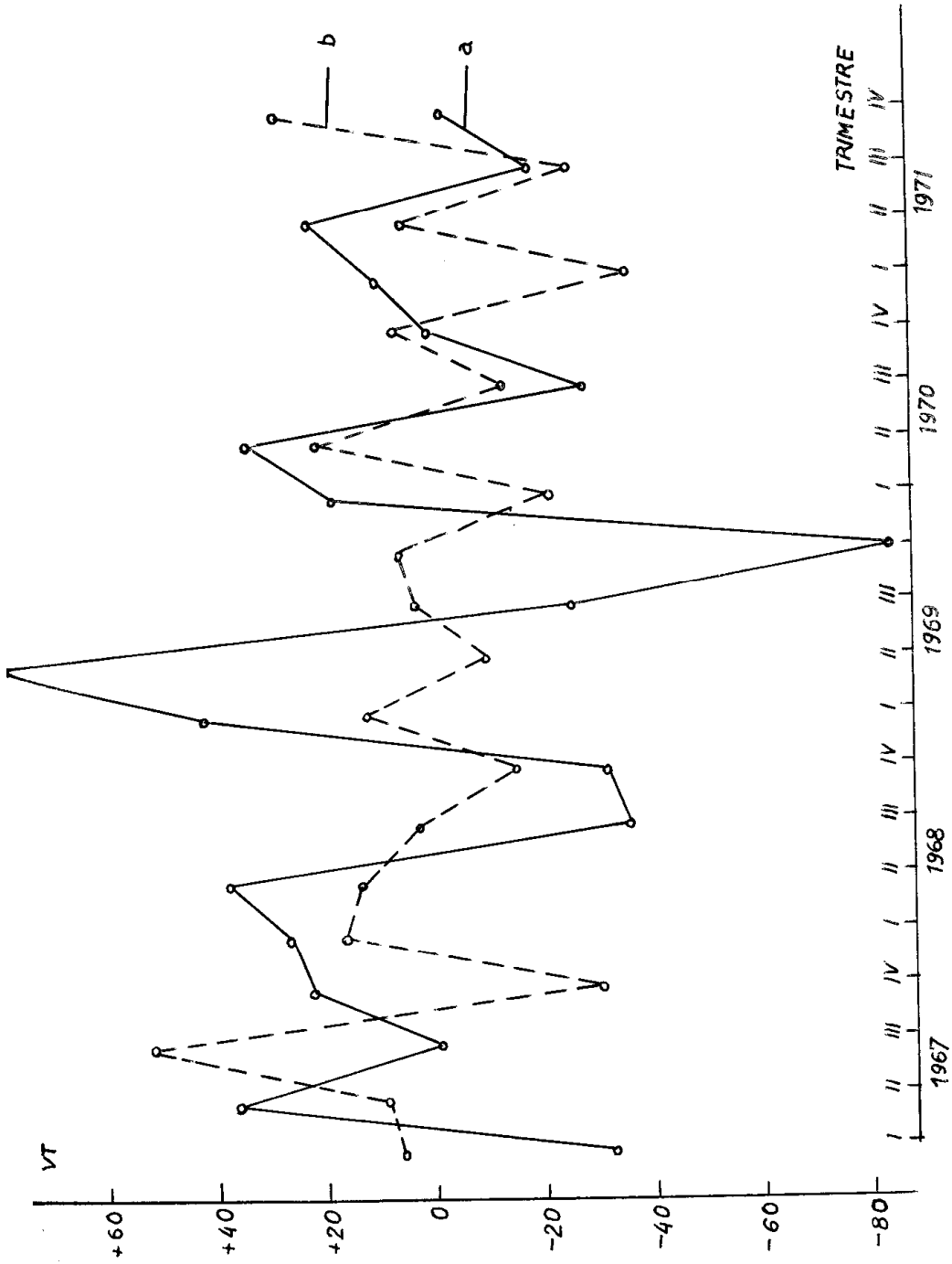


FIG. 5.6

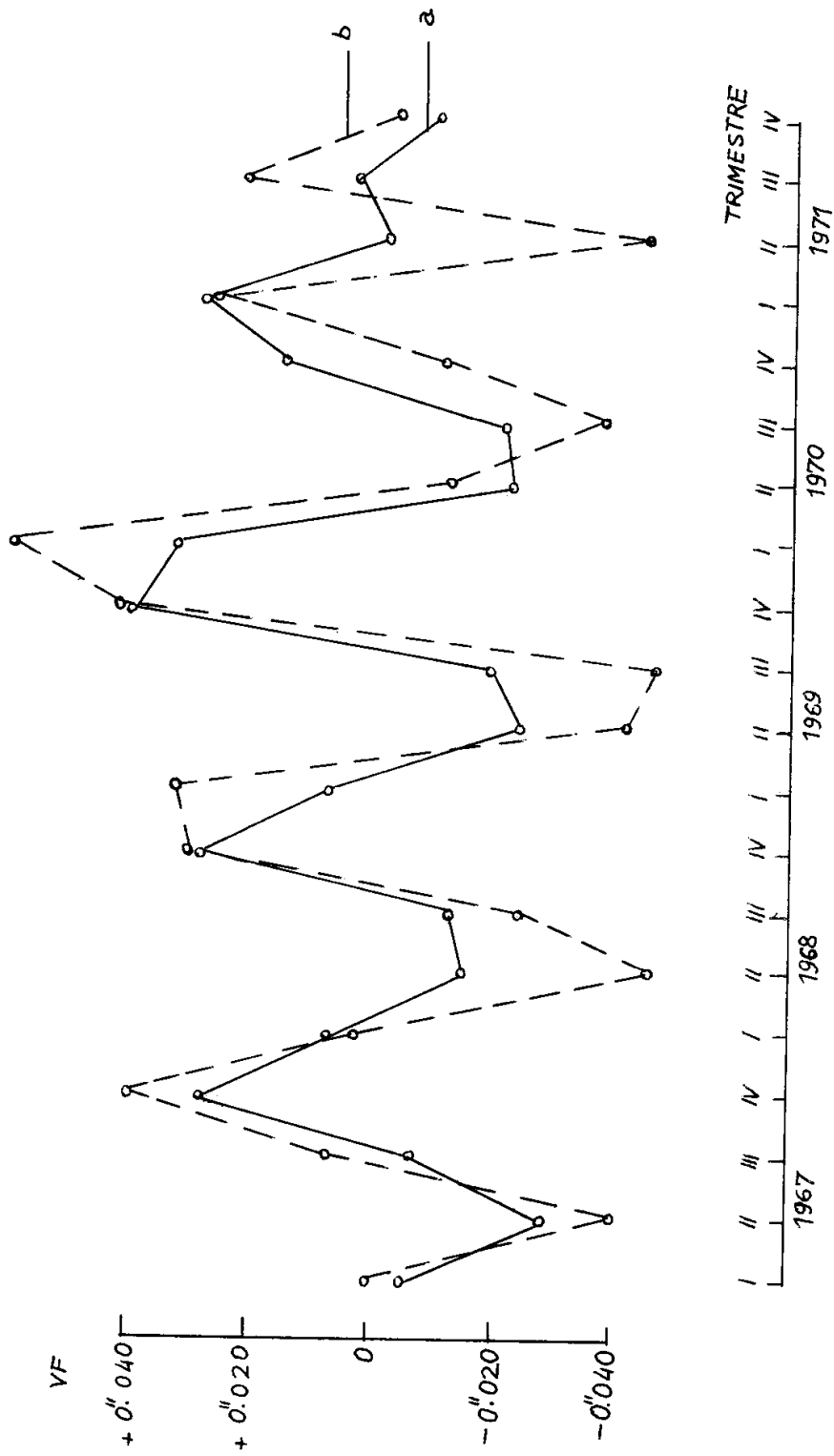


FIG. 5.7

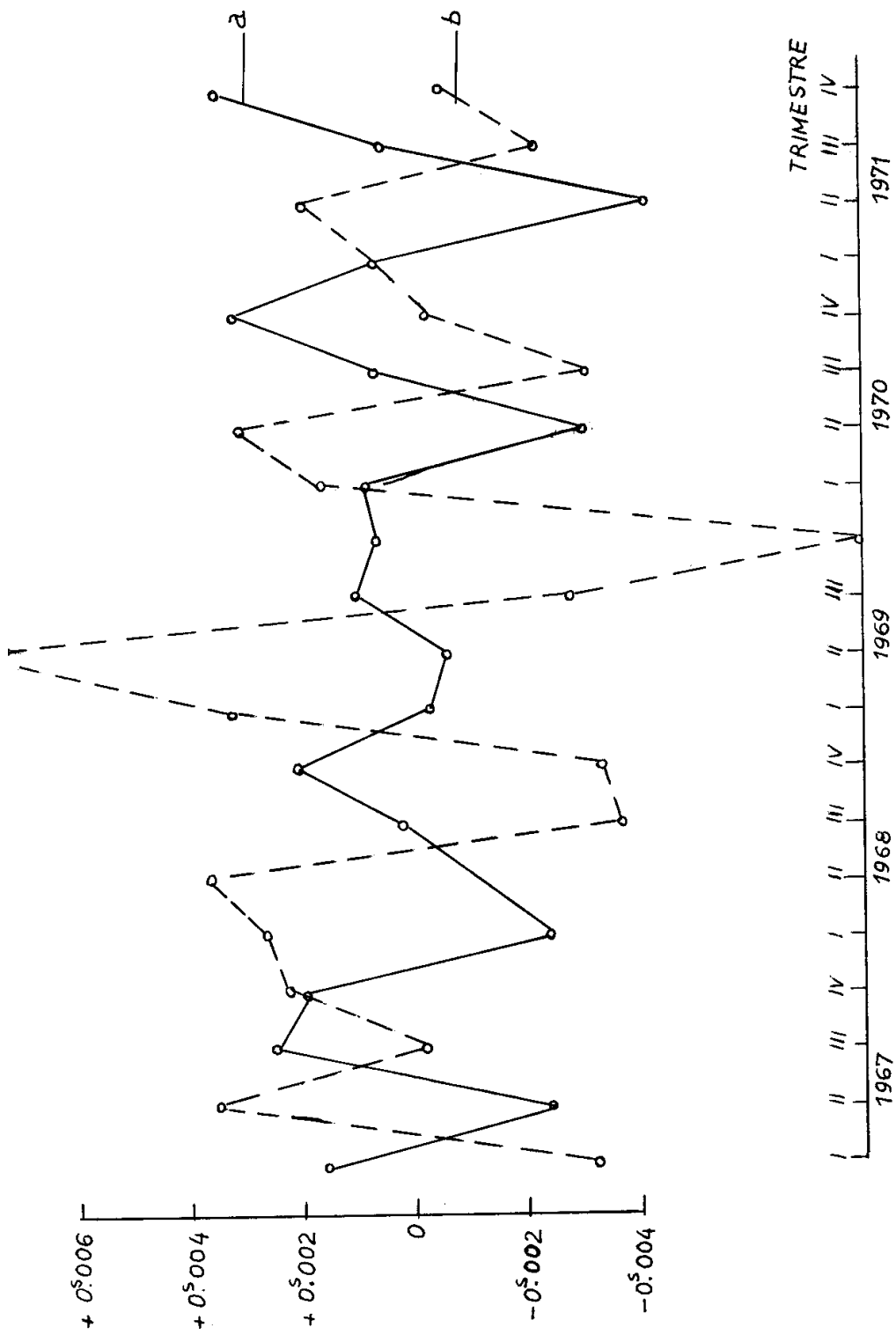


FIG. 5.8

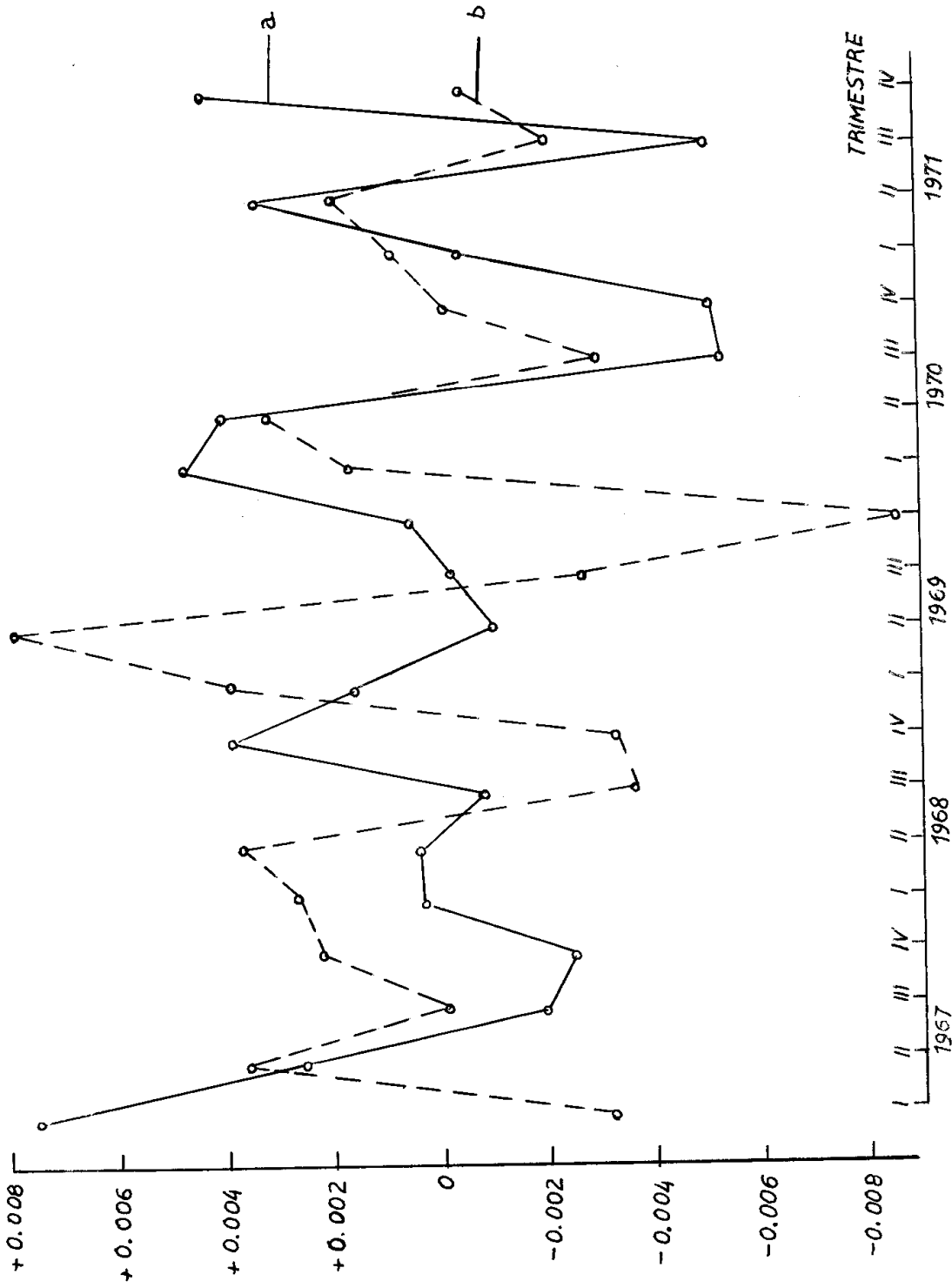


FIG. 5.9

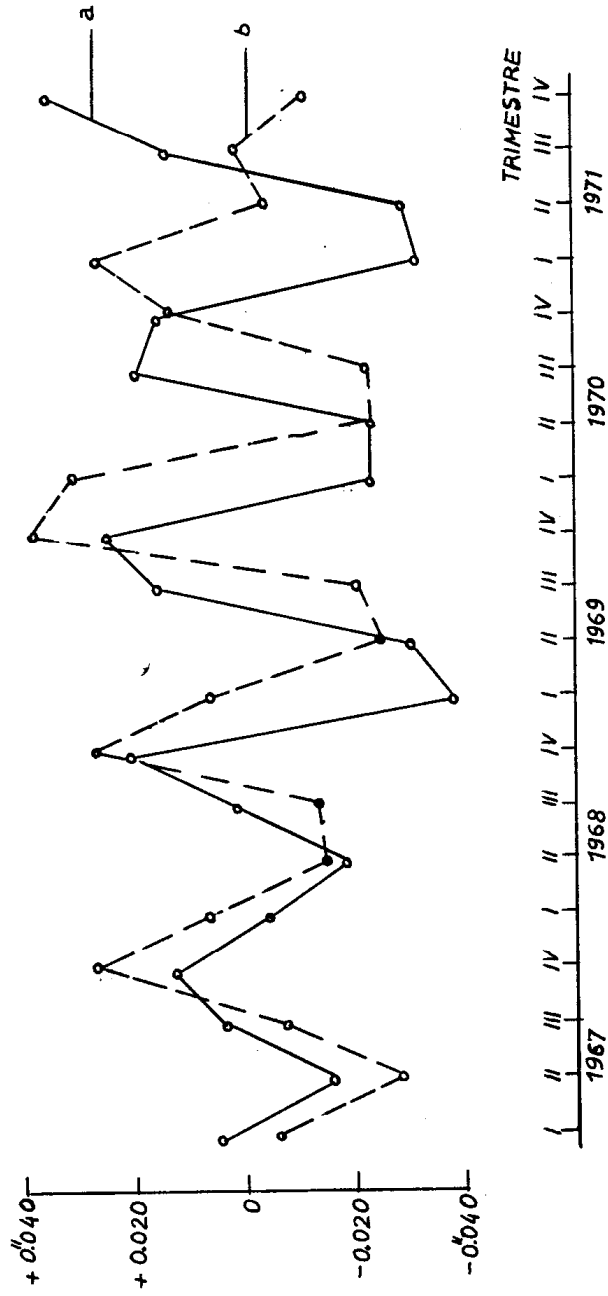


FIG. 5.10



- varijacije longituda Istočne Evrope (kriva a) i Azije (kriva b) - sl.5.9 i

- varijacije latituda Zapadne Evrope (kriva a) i Azije (kriva b) - sl.5.10.

Ako bismo se umesto analize gornjih grafikona oslonili jedino na znak VT, odnosno, smer promena, mogli bismo konstatovati da je on isti za istočnoevropsku i azijsku grupu (II i III).

Rezultati koji se odnose na dve zapadnoevropske grupe (I i A) su slični odgovarajućim rezultatima istočnoevropskih i azijskih grupa, ali između jednih i drugih postoji fazna razlika od jednog tromesečja.

Ako bi rezidui VT i VF rezultirali iz relativnog pomeranja kontinenata, mogli bismo konstatovati da se Zapadna Evropa pomera ranije u odnosu na Aziju i Istočnu Evropu, ali da vrhovi vektora pomeranja imaju skoro iste putanje.

## 5.2 Dugoperiodične varijacije longituda i latituda. Sunčeva aktivnost.

Imajući u vidu da posmatranja koja smo imali na raspolaganju pokrivaju vremenski interval od svega 5 godina, mogućnosti izučavanja dugoperiodičnih varijacija longituda i latituda bile su veoma ograničene.

Polazeći od  $RT_a$  i  $RF_a$  (stranica 11), za svaku opservatoriju računali smo njihovu srednju petogodišnju vrednost  $RT_5$ , odnosno,  $RF_5$ , a zatim i odstupanja:  $VT'_a = RT'_a - RT_5$  i  $VF'_a = RF'_a - RF_5$ . Za svaku grupu računali smo još srednje  $VT'_a$ . Te srednje vrednosti, koje ćemo označiti respektivno sa  $VT_a$  i  $VF_a$ , date su u tablicama 5.4 i 5.5 i grafički predstavljene na slikama 5.11 i 5.12.

Imajući kao cilj ispitivanje veze između Sunčeve aktivnosti i varijacija longituda i latituda,  $VT_a$  i  $VF_a$  smo uporedili sa srednjim godišnjim vrednostima relativnog broja Volfa - R. R je pozajmljeno iz publikacije ASTRONOMISCHE MITTEILUNGEN DER EIDGENOSSISCHEN STERNWARTE ZURICH No 283, 288, 296, 303 i 310.

Kriva na slici 5.13 grafički pokazuje kako se R menjalo u toku 5 godina uzetih u obzir.

Između krive na sl. 5.13, krivih koje predstavljaju godišnje varijacije srednjih longituda dve evropske (I i II) i severnoameričke grupe (IV) kao i krivih koje predstavljaju varijacije longituda južnoameričke (D) i japanske grupe (E) postoji sličnost koja bi mogla da posluži kao argument za dokazivanje veze između Sunčeve aktivnosti i varijacija longituda i latituda. Međutim, neizvesno je da li korelacija kod ovih i odstupanja od korelacije kod ostalih grupa rezultiraju iz stvarnih fizičkih uzroka ili su pak posledica grešaka posmatranja. Odgovor na to pitanje danas je moguće dati ukoliko bi analiza posmatranja obuhvatila veći posmatrački interval.

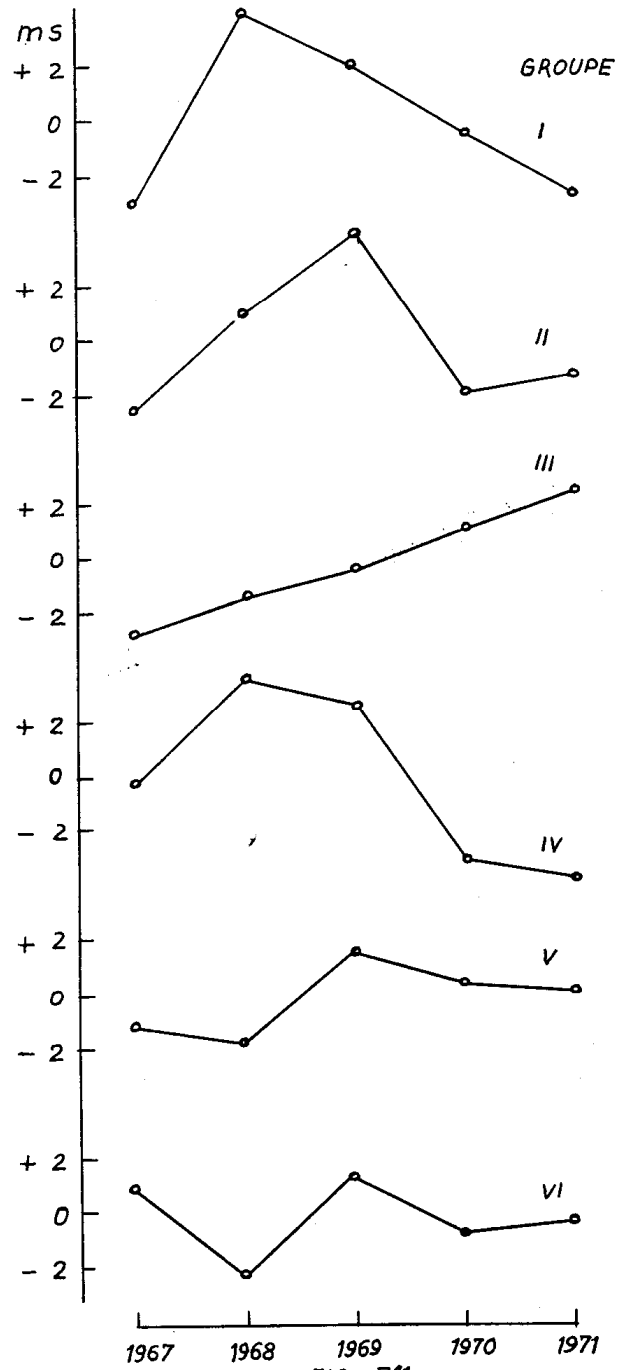
Smatramo da je interesantno naglasiti da su kod severnoameričkih i evropskih opservatorija i godišnje, i sezonske varijacije longituda vrlo slične. Sa stanovišta grešaka posmatranja može se dokazati da to nije slučajno. Čak predpostavljamo da te činjenice imaju objašnjenje u nekom fizičkom uzroku i smatramo naučno interesantnim ispitivanje da li poznata transatlanska pukotina (duga 6000 km) ima ili nema nekakvu ulogu u tome.

Pored korelacije između godišnjih varijacija Sunčeve aktivnosti i godišnjih varijacija longituda i latituda, ispitivali smo korelaciju i između sezonskih varijacija.

Polazeći od VT (tablica 5.2) za svako tromesečje računali smo opštu srednju vrednost (uzimajući u obzir sve opservatorije) dodeljujući svakoj grupi onoliko težinu koliko je broj opservatorija u njoj. Neka je  $VT_{\bar{g}}$  pomenuta opšta srednja vrednost. S druge strane, računali smo  $R_{\bar{g}}$  - srednju godišnju i  $R_t$  - srednju tromesečnu vrednost Volfvog broja R kao i rezidue:  $dR = R_t - R_{\bar{g}}$ .

Poslednje dve promenljive date su u tablicama 5.6 i 5.7 i grafički predstavljene krivim a ( $VT_{\bar{g}}$ ) i b ( $dR$ ) na slici 5.14.

Na osnovi poslednjih podataka smatramo da se može konstatovati da između  $VT_{\bar{g}}$  i  $dR$  nema korelacije.



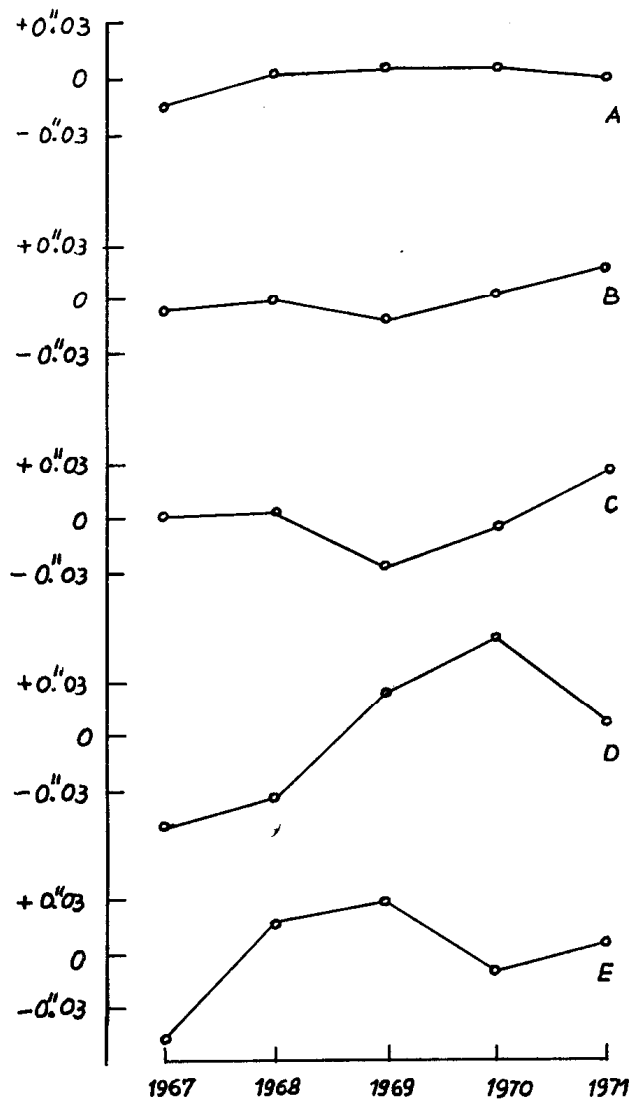


FIG 5.12

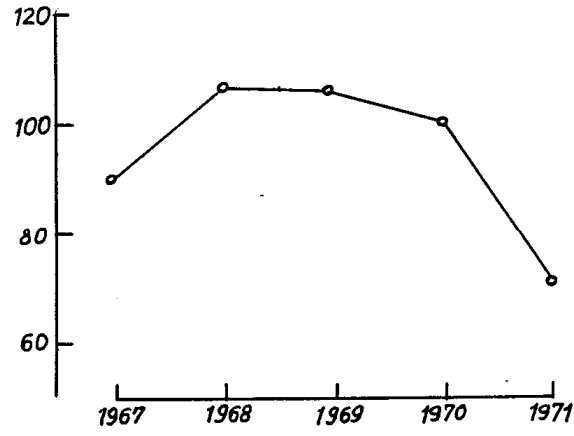


FIG. 5.13

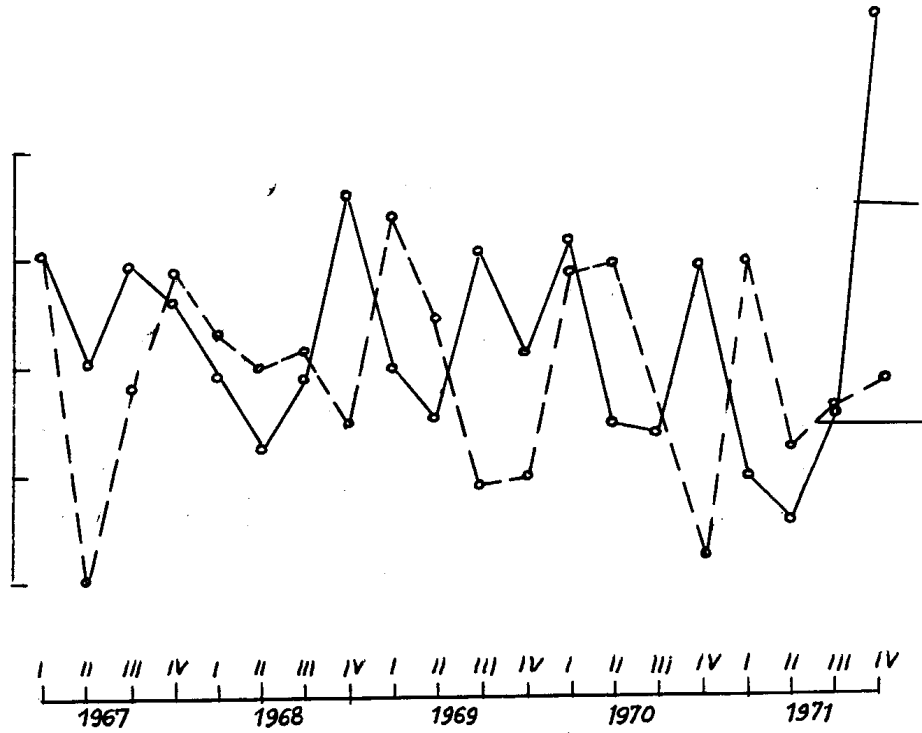


FIG. 5.14

T A B L I C A 5.6Rezidui VT<sub>S</sub>. Jedinica: 0<sup>S</sup>0001

Tromesečje:	1	2	3	4
1967	11	0	9	6
1968	- 1	- 8	- 1	16
1969	0	- 5	11	1
1970	12	- 5	- 6	10
1971	-10	-14	- 4	33

T A B L I C A 5.7

Rezidui R.

Tromesečje:	1	2	3	4
1967	11	-20	- 2	9
1968	3	0	2	- 5
1969	14	5	-11	-10
1970	9	10	- 3	-17
1971	10	- 7	- 3	- 1

## 5.3 DISKUSIJA REZULTATA

a) KIMURIN z ČLAN. Poznato je da Kimurin z član predstavlja harmonijsku funkciju sa godišnjom periodom. Pošto je njena amplituda istog reda veličine kao i amplituda rezidua VF, prvo pitanje koje bi se moglo postaviti je sledeće: da li varijacije latituda o kojima smo govorili predstavljaju srednje tromesečne vrednosti člana z ?

Iz jednoga rada Ane Stojko (Stoyko A., 1972) pozajmili smo srednje mesečne iznose z računate iz posmatranja 5 stanica SIL za period: 1900-1965. godine. Njih dajemo u tablici 5.8.

TABLICA 5.8

Kimurin z član. Jedinica 0!001.

januar	25	maj	-29	septembar	- 1
februar	22	jun	-45	oktobar	23
mart	16	jul	-42	novembar	30
april	- 5	avgust	-23	decembar	36

Uporedjenjem ovih podataka sa onima iz tablice 5.3 dolazimo do zaključka da je gore postavljeno pitanje logično.

Koordinate  $x_0, y_0$  koje su iskorišćene pri računanju VT i VF su iz cirkulara D BIH-a. U sistemima uslovnih jednačina iz kojih su te koordinate određene figuriše z član kao treća nepoznata. Prema tome zajednička nepolarna komponenta u  $x_0$  i  $y_0$  je eliminisana pa se njome ne mogu objasniti VT.

U poznatoj monografiji K.A.Kulikova (Kulikov K.A., 1962), posvećenoj problemima varijacija latituda i longituda, nalazimo da su A.J.Orlov, S.B.Romanskaja, A.E.Filipov i drugi za amplitudu i fazu z člana dobili veoma različite rezultate.

E.Fikera (Fichera E., 1971) je pokazao da z član, uglavnom, zavisi od kataloga na koji se odnose posmatrane latitude.

U jednoj vrlo kompletnoj analizi refrakcijskih anomalija, izvršenoj na beogradskim posmatranjima latituda, B.Ševarlić (Schévarlitch B., 1961) je pokazao da veliki deo z člana može da bude objašnjen termičkim gradijentima koji zavise od konfiguracije terena, od položaja posmatračkog paviljona i zgrada oko njega, itd.

Imajući u vidu da su naše grupe formirane ne vodeći računa o posmatračkim metodama, o programima, o posmatračkim instrumentima, itd., rezidui VF ne mogu poticati od z člana.

D.Djurović (Djurović D., 1970a) analizirajući greške posmatranja časovnih službi došao je do zaključka da su te greške

odredjene, uglavnom, osobinama instrumenta i njegove najbliže okoline. Čak i kad su posmatranja obavljena instrumentima istoga tipa, instaliranim na jednoj istoj opservatoriji ili na bliskim opservatorijama i kad su korišćeni isti posmatrački katalozi, sistemat-ske greške nisu slične. Iz ovoga rada proizilazi da bi hipoteza o postojanju sistematskih grešaka koje bi zavisile od regionalnih meteoroloških uslova bila u suprotnosti sa činjenicama.

Imajući u vidu metodu računanja VF i zaključke koji proističu iz citiranih radova nalazimo da bi zajednička komponenta z člana bila eliminisana u procesu određivanja  $x_0$  i  $y_0$ , a što se tiče lokalnih komponenata, zbog njihove raznolikosti, bile bi znatno kompenzovane i utoliko više ukoliko je grupa brojnija. Drugim rečima, amplituda VF u brojnijim grupama bila bi manja. Pošto dobijeni rezultati nisu u skladu sa jednim takvim zaključkom, smatramo da se z članom ne mogu objasniti sezonske varijacije latituda i lon-gituda.

b) KRETANJA MASA NA ZEMLJINOJ POVRŠINI I UTICAJ VETROVA. Posle Čendlerovog otkrića godišnjeg člana u latitudama, Spitaler (Spitaler R., 1901) je pokušao da ga objasni godišnjim varijacijama at-mosferskog pritiska. Uprkos tome što je poznata činjenica da ampli-tuda i faza atmosferskog pritiska iznad Sibira i Kanade variraju u korelaciji sa amplitudom i fazom godišnjeg člana u kretanju pola (Munk W.H. and Macdonald G.J.F., 1960), meteorološka posmatranja i teorijski radovi nisu dali dovoljno argumenata kojima bi pomenuta veza bila sigurnije dokazana.

U citiranoj monografiji Munka i Makdonalda razmotreni su zaključci iz brojnih radova posvećenih izučavanju raznolikih uti-caja na Zemljinu rotaciju i kretanje polova. Iz ovih razmatranja autori zaključuju da preraspodela vazdušnih masa, sezonske varija-cije količine vodene pare u atmosferi, okeanske struje, vegetacioni i snežni pokrivač ne mogu da uzrokuju posmatrane varijacije u Zem-ljinoj rotaciji. Uticaj vetrova, nasuprot tome, smatra se toliko snažnim da se njime mogu objasniti ubrzanja čak i sto puta veća od posmatranih.

Ima mišljenja da su varijacije amplitude i faze godišnje-ga člana u Zemljinoj rotaciji (Pavlov N.W. i Staritzin G.V., 1962, Djurović D., 1970b) uzrokovane efektima vetrova.

U meteorologiji su poznati veliki sistemi vetrova kao što su planetski (zapadni vetrovi i pasati) i regionalni sistemi (mon-



sunu). Iznad kontinenata pravci i brzine ovih vetrova trpe znatne izmene. Normalno, kao posledice dinamičkih efekata vetrova nastaju sile ogromnih intenziteta. Izvestni autori pretpostavljaju da su ove sile toliko velike da bi mogle da pomeraju kontinente i da deformišu Zemljinu koru (Pavlov N.N., 1968).

Korelacija izmedju VT i VF za Severnu Ameriku i Evropu nije slučajna. Ona bi mogla rezultirati iz izvesnog paralelizma sila koje deluju na dva kontinenta, a koje potiču od zapadnih vetrova i pasata. Iznad Sibira i Kanade nalaze se polja visokih pritiska koji uzrokuju pomenute vazdušne struje. Njihove sezonske varijacije odgovaraju sezonskom karakteru rezidua VT i VF.

Rezultati koje smo dobili u ovome radu nisu dovoljni za dokaz veze izmedju varijacija longituda i latituda i efekata vetrova, ali oni predstavljaju argumente u prilog jednoj takvoj hipotezi.

Velike pukotine u Zemljinoj kori (transatlanska duga 60-70 000 km, pukotine u Centralnoj Evropi i Zapadnoj Evropi) mogu biti posledice pomeranja kontinenata isto kao što su i varijacije longituda i latituda.

Godišnje varijacije latituda i longituda (VF<sub>a</sub> i VT<sub>a</sub>), takodje, mogle bi biti posledice dejstva vetrova, ali teško je naći objašnjenje korelacije izmedju njih i Sunčeve aktivnosti. Nama je nepoznato da postoje vetrovi čija se brzina ili pravac menjaju u zavisnosti od aktivnosti Sunca. Nije isključeno da je neki drugi mehanizam koji zavisi od Sunca uzrok VF<sub>a</sub> i VT<sub>a</sub>. U svakom slučaju, potrebno je preispitati objektivnost pomenutih korelacija, a tek zatim pristupiti istraživanju njihovih uzroka.

Sličnost i godišnjih, i sezonskih varijacija longituda i latituda severnoameričkih i evropskih opservatorija ne može biti slučajna. Ta činjenica čini veoma privlačnim istraživanja fizičkih uzroka ove pojave. Iz odredjenih razloga, pre svega zbog drugojačijih ciljeva koje smo sebi postavili u ovome radu, mi se u to nismo dublje upuštali.

U ovome radu mi smo detaljnije nego što je to uobičajeno u stručnoj literaturi prikazali rezultate drugih autora koji su radili na istom problemu. Ovo smo učinili radi toga da bismo istakli koliko su zaključci po tom pitanju nesigurni i donekle objasni-

li česte kontradiktornosti u interpretiranju posmatračkih činjenica. Po rečima slavnog savremenog geofizičara Harolda Džefrisa (Jeffreys H., 1952), koliko god poznatih geofizičara dokazivaše pomeranje kontinenata, isto toliko, takodje poznatih, geofizičara dokazivaše da ono ne postoji.

Stanje gornjega problema nije bitno promenjeno doprinosima astronoma. Medjutim, mi smatramo da oni nisu iskoristili sve mogućnosti da dodju do zaključaka od veće naučne vrednosti.

#### L i t e r a t u r a

- Brown E.W.(1926): The evidence for changes in the rate of rotation of the Earth and their geophysical consequences with a summary and discussion of the deviations of the Moon and Sun from their gravitational orbits. Transactions of the Astronomical Observatory of Yale University, 3.
- Chévarlitch B.(1961): Contribution à l'étude de la latitude de Beograd (en serbe). Publications de l'Observatoire astronomique de Beograd, No 9.
- Djurović D.(1970a): Primena različitih tipova instrumenata za astronomsko odredjivanje vremena. Magistarski rad na Prirodno-matematičkom fakultetu u Beogradu.
- Djurović D.(1970b): Les irrégularités saisonnières de la rotation de la Terre en 1968. et les systèmes de l'heure. Bulletin de l'Observatoire astronomique de Beograd, 28, 124.
- Fichera E.(1971): Studio del catalogo SII di Melchior-Dejaiffe dalle osservazioni 1935-1947. Istituto Universitario, Nuvale, Napoli.
- Jeffreys H.(1952): The Earth. Cambridge University Press.
- Kulikov K.A.(1962): Izmenjajemost širot i dolgot. Moskva.
- Munk W.H. and Macdonald G.J.F.(1960): The rotation of the Earth. Cambridge University Press.
- Pavlov N.N. i Staritzin G.V.(1952): Ob izmenenii skorosti vrechenija Zemli vookrug osi za vremena MGG i MGS. Astro-nomičeskij žurnal, 39, 1.
- Pavlov N.N.(1968): Izmenenie skorosti vrašenija Zemli, deformacii zemnoi kori i solnetchnaja aktivnost. Izvestija

GAO AN SSSR v Pulkove, No 183.

- Spitaler R.(1901): Die periodischen Luftmassenverschiebungen und ihr Einfluss auf die Langeänderungen der Erdsche. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsband, 29.137.
- Stoyko N.(1932): Sur les déplacements périodiques des continents. Comptes Rendus des Séances de l'Accadémie des Sciences, 194.p.2225.
- Stoyko N.(1933): Sur la mesure du temps et les problèmes qui s'y rattachent. Annales du Bureau des Longitudes, 10,D.1-D.119.
- Stoyko N.(1938):Variations apparents des longitudes. Acta Astronomica, 3,C, p.97-108.
- Stoyko N.(1942): Sur les variations séculaires et périodiques des longitudes. Comptes Rendus des Séances de l'Accadémie des Sciences, 214,p.558.
- Vitinskiy Y.I.(1963):Progozi solničnoj aktivnosti. AN SSSR.
- Wegener A.(1924): La génèse des continents et des océans.Paris.

6. METODE ZA OTKRIVANJE PERIODIČNIH ČLANOVA U ZEMLJINOJ ROTACIJI I KRETANJU POLOVA.

Neka je  $f(t)$  stacionarna funkcija data za  $2n+1$  ekvidistantnih argumenata  $t$ . Funkcije:

$$\begin{aligned} U(\omega) &= 2/2n+1 \sum_{t=-n}^n f(t) \sin \omega t \text{ i} \\ V(\omega) &= 2/2n+1 \sum_{t=-n}^n f(t) \cos \omega t \end{aligned} \quad (6.1)$$

su poznate kao Furijeove integralne transformacije (Serebrenikov N.G. i Pervozvanskij A.A., 1965).

$U(\omega)$  i  $V(\omega)$  imaju ekstremume za one  $\omega$  koji su bliski ili jednaki ugaonim brzinama harmonijskih članova u  $f(t)$ . Amplitude  $A(\omega)$  i faze  $F(\omega)$  tih članova određene su relacijama:

$$\begin{aligned} A^2(\omega) &= U^2(\omega) + V^2(\omega) \text{ i} \\ \text{tg } F(\omega) &= U(\omega)/V(\omega). \end{aligned} \quad (6.2)$$

U cilju smanjenja efekata slučajnih grešaka Džibsa (Gibbs) uvodi u jednačine (6.1) množitelj:  $g(t) = \sin(\pi t/n)/2t/n$  (Lanczoš C. 1957). Dakle, Džibsove transformacije mogu da se predstave jednačinama:

$$\begin{aligned} U_1(\omega) &= 2/2n+1 \sum g(t) f(t) \sin \omega t \text{ i} \\ V_1(\omega) &= 2/2n+1 \sum g(t) f(t) \cos \omega t. \end{aligned} \quad (6.3)$$

Visine ekstremuma funkcija  $U_1(\omega)$  i  $V_1(\omega)$  jednake su 0.926 amplitude  $U(\omega)$ , odnosno,  $V(\omega)$ .

Između spektralne gustine  $S(\omega)$ ,  $U(\omega)$  i  $V(\omega)$  postoji relacija:

$$S(\omega) = 2n+1/8\pi [U^2(\omega) + V^2(\omega)] \quad (6.4)$$

Prema nekim iskustvima (Pilnik G.P., 1970), postoje savremenije metode matematičke analize kao, naprimer, metoda Blekmana-Tjukija (Blackman R.B. and Tukey J.W., 1958) čija je selektivnost veća nego kod klasičnih metoda. U želji da iz raspoloživih rezultata izvučemo maksimum informacija i ujedno ispitamo racionalnost primene različitih metoda u otkrivanju periodičnih varijacija u kretanju Zemljinih polova i u rotaciji Zemlje, pored Džibsove i Furijeove metode, u ovome našem radu koristili smo još dve koje ćemo ukratko opisati: metodu Blekmana-Tjukija i metodu aproksimacija.

Neka je  $r(\tau)$  funkcija definisana jednačinom:

$$r(\tau) = \frac{1}{L-\tau} \sum_1^{L-\tau} f(t) \cdot f(t+\tau).$$

$r(\tau)$  je poznata kao autokorelaciona funkcija u odnosu na

$f(t)$ .  $\tau$  može imati sledeće vrednosti:  $0, 1, 2, \dots, m$ , a  $L = t_{\max}$ . Spektralna funkcija  $Sl(p)$  i autokorelaciona funkcija  $r(\tau)$  vezane su relacijom:

$$Sl(p) = \frac{1}{m} \sum_{\tau=0}^{m-1} \delta_p \tau r(\tau) \left(1 + \cos \frac{\pi \cdot \tau}{m}\right) \cos \frac{p\pi \tau}{m} \quad (6.5)$$

Pojedine promenljive iz gornje jednačine mogu imati sledeće vrednosti:  $p=0, 1, 2, \dots, m$ ;  $\delta_p = 1$  za sve  $p$  i  $\tau$ , sem što je  $\delta_p = 1/2$  za  $\tau \neq 0$ ,  $p=0$  i  $p=m$ , kada je  $m$  paran broj.

Broj  $p$  je poznat kao spektralni broj. Sa periodom  $T$  vezan je relacijom:  $p = 2m/T$ .

Što se tiče metode aproksimacija, mi smo je koristili samo za određivanje perioda, amplituda i faza glavnih harmonijskih članova: polugodišnjeg, godišnjeg, Čendlerovog i dvogodišnjeg. U tom cilju pošli smo od TUC-TUC i na nivou svake opservatorije za ceo petogodišnji interval (1967-1971) formirali po jedan sistem uslovnih jednačina:

$$\begin{aligned} \text{TUC-TUC} = & b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3 + b_4 \sin \omega_1 t + b_5 \cos \omega_1 t + b_6 \sin \omega_2 t + \\ & + b_7 \cos \omega_2 t + b_8 \sin \omega_3 t + b_9 \cos \omega_3 t + b_{10} t \cdot \sin \omega_1 t + \\ & + b_{11} t \cdot \cos \omega_1 t + b_{12} t \sin \omega_2 t + b_{13} t \cdot \cos \omega_2 t + \\ & + b_{14} t \cdot \sin \omega_3 t + b_{15} t \cdot \cos \omega_3 t \quad (6.6) \end{aligned}$$

U ovom izrazu  $\omega_1 = 2\pi/182.62$ ,  $\omega_2 = 2\pi/365.24$  i  $\omega_3 = 2\pi/803.0$ .

Predstavljajući TUC-TUC jednačinom 6.6 imali smo u vidu da ono sadrži progresivni, polugodišnji, godišnji i dvogodišnji član koji izražavaju neravnomernosti Zemljine rotacije i polugodišnji, godišnji i Čendlerov član koji izražavaju periodične varijacije u kretanju polova. Pošto smo pretpostavili da su nam periode pomenuatih članova poznate samo aproksimativno, radi njihovog tačnijeg određivanja uveli smo korektivne članove sa odgovarajućim koeficijentima oblika:  $t \sin \omega t$  i  $t \cos \omega t$ . Njihovo značenje postaće jasnije posle diskusije na jednom primeru.

Pretpostavimo da funkcija  $y(t)$  može biti predstavljena jednačinom:

$$y(t) = A \sin [(\omega_0 + \Delta\omega)t + \alpha] \quad (6.7)$$

u kojoj je  $\omega_0$  približna ugaona brzina, a  $\Delta\omega$  njena popravka koja je toliko mala da je:  $\cos \Delta\omega t \approx 1$  i  $\sin \Delta\omega t \approx \Delta\omega t$ . U tom slučaju jednačina 6.7 može biti napisana u obliku:

$$\begin{aligned} y(t) = & A \cos \alpha \sin \omega_0 t + A \sin \alpha \cos \omega_0 t - A \Delta\omega t \sin \alpha \cdot \\ & \cdot \sin \omega_0 t + A \Delta\omega t \cos \alpha \cos \omega_0 t \quad (6.8) \end{aligned}$$

Posle ove transformacije postaje jasno sa kakvim ciljem su u jednačinu 6.6 uvedeni korektivni članovi.

Postupak odredjivanja  $\omega$  vrši se u aproksimacijama.

Metodom najmanjih kvadrata za svaku opservatoriju došli smo jedan skup koeficijenata  $b_i$  ( $i=0,1,\dots,15$ ).

Rezidui uslovnih jednačina 6.6 biće kasnije korišćeni, pa ćemo ih označiti sa  $\tau'_4$ .

Da bismo u koeficijentima  $b_i$  razdvojili komponente koje potiču od Zemljine rotacije i komponente koje imaju poreklo u kretanju polova, za svako  $b_i$  ( $i \geq 4$ ) formirali smo po jedan sistem jednačina ( ukupan broj jednačina jednak je broju opservatorija, odnosno, jednak je 49):

$$b_i = c_0 - 1/15 c_1 \sin \lambda \operatorname{tg} \varphi + 1/15 c_2 \cos \lambda \operatorname{tg} \varphi \quad (6.9)$$

Metodom najmanjih kvadrata odredili smo  $c_0$ ,  $c_1$  i  $c_2$ .

Jasno je da  $c_0$  predstavlja amplitudu sinus, odnosno, kosinus komponente odgovarajućeg člana u Zemljinoj rotaciji (godišnjeg, polugodišnjeg, itd.), a  $c_1$  i  $c_2$  predstavljaju amplitude sinus ili kosinus komponente tog istog člana u koordinatama pola.

Dobijeni rezultati dati su u tabelici 6.1.

T A B L I C A 6.1

$b_i$	$c_0$	$c_1$	$c_2$	$\varepsilon_0$	$\varepsilon_1$	$\varepsilon_2$
$b_4$	0 <sup>s</sup> .0073	-0 <sup>u</sup> .012	-0 <sup>u</sup> .004	3	6	5
$b_5$	- 73	- 1	6	4	7	6
$b_6$	169	50	- 78	6	12	10
$b_7$	- 115	64	39	7	15	13
$b_8$	- 120	24	18	6	14	11
$b_9$	33	- 13	8	6	13	10
$b_{10}$	0 <sup>s</sup> .0000008	0 <sup>u</sup> .0000024	0 <sup>u</sup> .0000011	5	10	8
$b_{11}$	- 12	- 3	- 10	5	9	8
$b_{12}$	- 3	149	- 40	9	18	15
$b_{13}$	- 29	41	219	11	23	20
$b_{14}$	- 168	- 14	32	14	32	24
$b_{15}$	266	- 144	- 74	22	45	36

$\varepsilon_0$ ,  $\varepsilon_1$  i  $\varepsilon_2$  su srednje kvadratske greške  $c_0$ ,  $c_1$  i  $c_2$ , respektivno. Izražene su u istim jedinicama kao i odgovarajući koeficijenti  $c_i$ .

Iz poslednjih rezultata nalazimo da amplitude A i faze F polugodišnjeg, godišnjeg i dvogodišnjeg člana u TUI-TUC i koordinatama pola x i y iznose:

	A	F
a) polugodišnji član:		
TUI-TUC .....	0 <sup>s</sup> 0103	- 45 <sup>o</sup> .0
x .....	0 <sup>!</sup> 012	-175.2
y .....	0.007	- 33.7
b) godišnji član:		
TUI-TUC.....	0 <sup>s</sup> 0204	- 34.2
x .....	0 <sup>!</sup> 081	52.0
y .....	0 <sup>!</sup> 087	152.4
c) dvogodišnji član		
TUI-TUC.....	0 <sup>s</sup> 0125	164.6
x .....	0 <sup>!</sup> 027	- 28.4
y .....	0 <sup>!</sup> 020	24.0

Faze F se odnose na datum : 1969., jun 27, 0<sup>h</sup> TU ( Julijjanski datum : D.J. = 2440 399.5).

U narednim paragrafima videćemo da su rezultati dobijeni drugim metodama vrlo bliski ovima do kojih smo došli metodom aproksimacija.

#### L i t e r a t u r a

- Blackman R.B. and Tukey J.W.(1958): The Measurement of Power Spectra.  
Dover, New York.
- Lanczoš C.(1957): Applied Analysis. Pitman, London.
- Pilnik G.P.(1970): Astronomičeskie nabljudenija zemnih prilivov.  
Fizika Zemli, 3.
- Serebrenikov M.G. i Pervozvanski A.A.(1965): Vijavlenije skritih  
periodičnosti. Moskva.

## 7. PERIODIČNE VARIJACIJE U SVETSKOM VREMENU.

**7.1. DVOGODIŠNJI ČLAN.** Otkrili su ga nedavno japanski astronomi Ižima i Okazaki (Ijima S. and Okazaki S., 1972). Polazeći od TU2-A3 računatog u BIH-u za period 1955,5-1969,0 našli su da je perioda ovoga člana  $P=2.14$  godina (782 dana), amplituda  $A=9.4$  ms i faza  $\phi$  u odnosu na  $t=1960,0$   $190^{\circ}4$ .

Po mišljenju citiranih autora, dvogodišnji član u Zemljinj rotaciji uzrokovan je stratosferskom cirkulacijom vazduha u tropskom pojasu čiji se intenzitet periodično menja. Osobnost ovoga uzroka je velika nestabilnost njegove periode. Prema rezultatima amerikanca Rida (Reed R.J., 1965), ona se menja u granicama od 21 do 30 meseci.

Dvogodišnje ubrzanje u Zemljinj rotaciji i dvogodišnje periodične varijacije latituda analizirali smo koristeći kao bazu sledeće funkcije:  $(TU1-TUC)u, x_u, y_u, (TU1-TUC)o, x_o$  i  $y_o$ . Pritom smo koristili tri metode: Džibsovu, Furijeovu i metodu aproksimacija.

Progresivne članove pobrojanih funkcija predstavili smo polinomima trećega reda. Njihove koeficijente odredjivali smo metodom najmanjih kvadrata. Rezidui koji ostaju posle zamene tih koeficijenata u uslovnim jednačinama transformisani su u funkcije  $U(\omega)$ ,  $V(\omega)$ ,  $U1(\omega)$ ,  $V1(\omega)$  i  $S(\omega)$ .

Spektralne gustine funkcija  $(TU1-TUC)u$  i  $(TU1-TUC)o$  u dijapazonu perioda između 400 i 900 dana grafički su predstavljene na slici 7.1.

Veoma dobro izraženi maksimumi između 600 i 700 dana predstavljaju potvrdu postojanja dvogodišnjeg člana u Zemljinj rotaciji. U istoj oblasti nalazimo maksimume i u spektrogramima ostalih analiziranih funkcija, osim funkcije  $y_u$ .

Za periodu  $F$ , amplitude  $A_F$  i  $A_G$  i faze  $\phi_F$  i  $\phi_G$  u odnosu na 1969., juni 27,  $0^h$  TU, dobili smo rezultate koje dajemo u tablici 7.1. Dva indeksa  $F$  i  $G$  označavaju kojom metodom je dobijen rezultat:  $F$  se odnosi na Furijeovu, a  $G$  na Džibsovu metodu.

Iz tih rezultata mogli bismo zaključiti da je perioda dvogodišnjeg člana znatno manja od one koju su odredili drugi autori: Ižima i Okazaki 1972. godine nalaze  $P=782$  dana (Ijima S. and Okazaki S., 1972), De Prins i Gijar 1971. nalaze  $P=822$  dana (De Prins et Gillard R., 1971), Korsun i Sidorenkov 1970. godine nalaze  $P=800$  dana (Korsun A.A. i Sidorenkov N.S., 1970), itd.



T A B L I C A 7.1

funkcija	P	$A_F$	$A_G$	$\phi_F$	$\phi_G$
(TUI-TUC) <sub>u</sub>	622	0 <sup>s</sup> .0115	0 <sup>s</sup> .0142	81 <sup>o</sup> .1	79 <sup>o</sup> .5
(TUI-TUC) <sub>o</sub>	622	74	55	73.4	73.0
$x_u$	692	0 <sup>o</sup> .031	0 <sup>o</sup> .025	71.0	25.5
$x_o$	602	50	31	82.5	76.4
$y_u$	-	-	-	-	-
$y_o$	632	53	47	247.0	270.6

Imajući u vidu prirodu uzroka dvogodišnjeg člana pretpostavili smo da je njegovo predstavljanje sinusoidom na celom petogodišnjem intervalu gruba aproksimacija. Kao posledica toga, rezultati iz tablice 7.1, dobijeni pod pretpostavkom da je perioda konstantna, ne opisuju datu pojavu dovoljno objektivno. Da bismo videli kako on realno izgleda odlučili smo da ga izdvojimo iz TUI-TUC. Pošli smo od hipoteze da su progresivni, godišnji i polugodišnji član relativno pravilni, a da najveća odstupanja TUI-TUC od funkcije koju predstavlja jednačina 4.6 potiču od nepravilnosti dvogodišnjeg ubrzanja.

Iz TUI-TUC eliminisali smo progresivni, godišnji i polugodišnji član, a zatim analizirali rezidue  $R_1$ . Ovo smo postigli rešavajući metodom najmanjih kvadrata sledeći sistem jednačina:

$$(TUI-TUC)_v = d_0 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 \sin 2\pi t + d_4 \cos 2\pi t + d_5 \sin 4\pi t + d_6 \cos 4\pi t \quad (7.1)$$

Rezidui uslovnih jednačina 7.1  $-R_1$  grafički su predstavljani na slici 7.2, a njihove srednje vrednosti u intervalima od 50 dana date su u tablici 7.2.

Na osnovi rezultata koje smo dobili rešavajući sisteme jednačina 6.6 našli smo da je kod predstavljanja progresivnih promena TUI-TUC polinomima, kubni član zanemarljiv. Zbog toga jednačina 7.1 ima dati oblik.

Iz rezidua  $R_1$  vidimo da je naša hipoteza o relativno velikoj nepravilnosti dvogodišnjeg člana bila umesna.

Velika razlika u dužinama perioda za prvu i drugu polovinu posmatračkog perioda je osnovni razlog zbog koga metoda Džibsa i metoda Furijeja ne daju najobjektivnije rezultate.

Kao što smo gore pomenuli, dvogodišnji član smo identifikovali i u koordinatama pola. Ižima i Okazaki su 1972. godi-

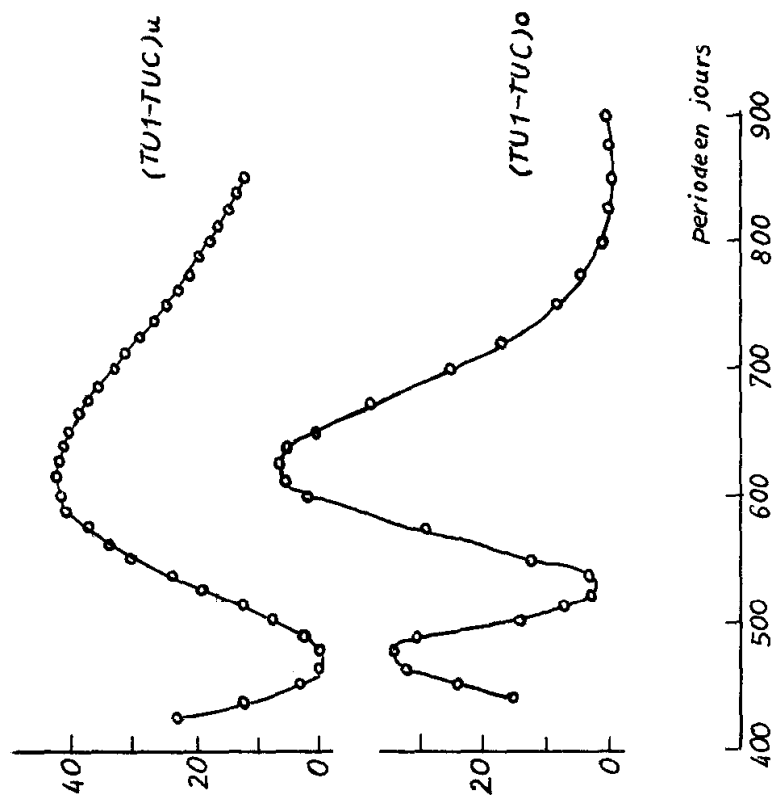


FIG. 7.1

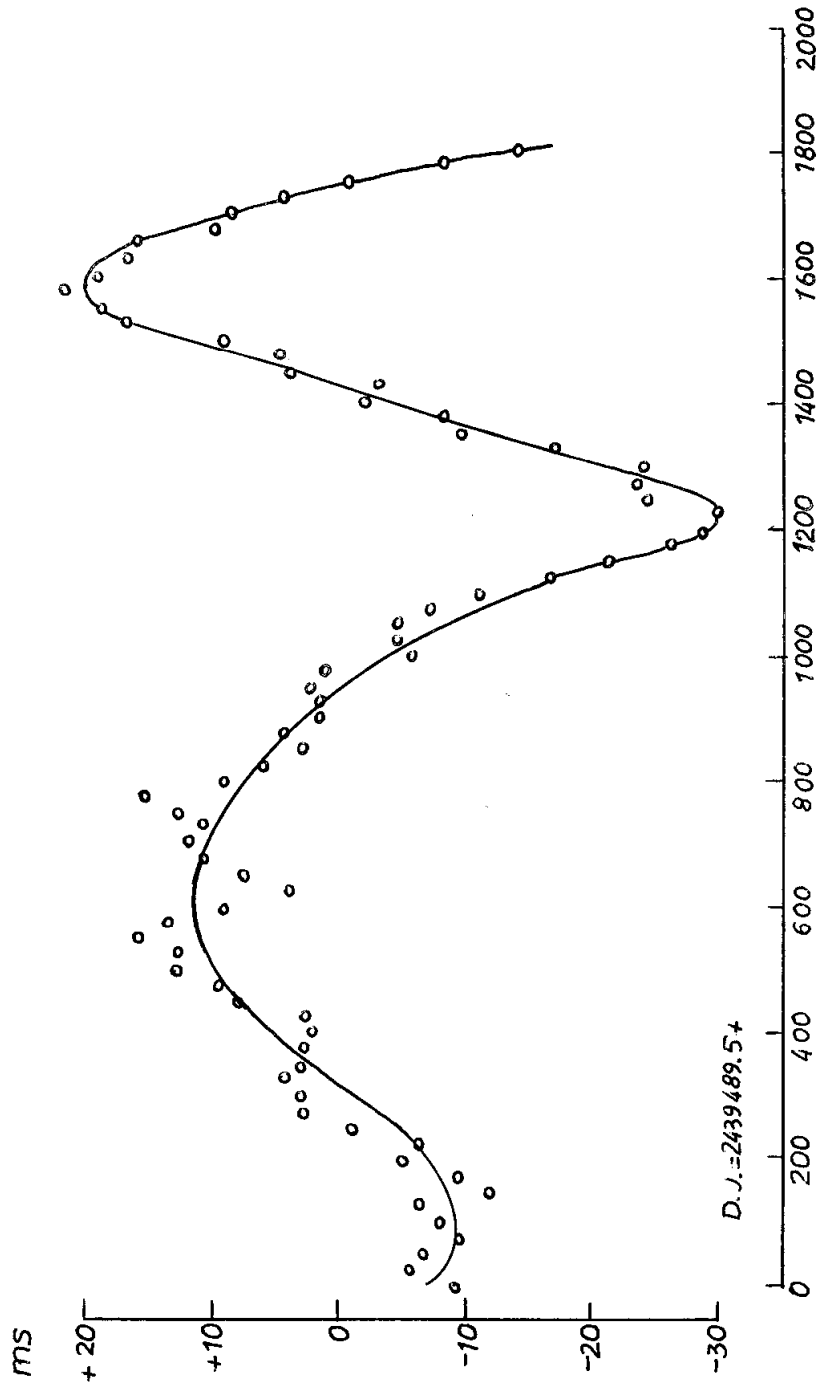


FIG. 7.2

## T A B L I C A 7.2

Rezidui  $R_i$ . Jedinica: 0.0001.

Julijanski datum	$R_i$	Julijanski datum	$R_i$
2439 489.5+			
25	+ 69	975	14
75	- 80	1025	- 52
125	- 88	1075	- 54
175	- 88	1125	- 164
225	- 49	1175	- 245
275	22	1225	- 273
325	54	1275	- 236
375	23	1325	- 175
425	12	1375	- 70
475	103	1425	- 19
525	133	1475	43
575	135	1525	161
625	59	1575	215
675	100	1625	183
725	133	1675	118
775	144	1725	46
825	62	1775	- 77
875	25	1825	- 136
925	11		

ne ispitivali  $x$  i  $y$  u oblasti frekvencija oko dvogodišnjeg člana, ali nisu ga identifikovali. Mi smatramo da se ta činjenica može objasniti prisustvom velikih sistematskih grešaka u koordinatama pola (to se vidi iz naših analiza u paragrafu 4) koje se superponuju sa polarnim harmonijskim članovima  $i$ , s druge strane, uticajem godišnjeg i Čendlerovog člana.

Ako su  $\omega_j$  i  $\omega_{j+1}$  ugaone brzine dva harmonijska člana, a  $2L$  dužina posmatračkog intervala, pri uslovu:

$$L |\omega_{j+1} - \omega_j| \geq 8$$

uticaj jedne harmonike na amplitudu druge manji je od 9% (Serebrenikov M.G. i Pervozvanski A.A., 1965). Ako je  $\omega_{j+1}$  ugaona brzina Čendlerovog, a  $\omega_j$  ugaona brzina dvogodišnjeg člana, Čendlerov član bi u datom slučaju ( za  $L=5$ , odnosno,  $L=6$  godina) na apscisi  $\omega_j$  mogao da

uzrokuje komponentu od  $0^{\circ}010-0^{\circ}015$ . Približno isti je i uticaj godišnjeg člana. Pošto  $x$  i  $y$  koje su analizirali Ižima i Okazaki (to su koordinate pola u odnosu na CIO, Vicente R.O. and Yumi S., 1969) pokrivaju skoro 2.5 puta duži interval nego što je naš, uticaji godišnjeg i Čendlerovog člana su manji, ali ipak ostaju kao činiooci zbog kojih je dvogodišnji član teško identifikovati.

Metodom aproksimacija (paragraf 6), iz uporedjenja koeficijentata  $b_8, b_9, b_{14}$  i  $b_{15}$ , za periodu dvogodišnjeg člana dobili smo  $P=661$  dan, što nije daleko od rezultata iz tablice 7.1.

Iz prethodnih rezultata smatramo da se mogu izvući sledeći zaključci:

a) Dvogodišnje ubrzanje u Zemljinoj rotaciji ima promenljivu amplitudu i periodu. Sa slike 7.2 vidimo da je prva perioda približno 1200 dana, a druga 800 dana.

b) Pri izučavanju dvogodišnjeg člana primena metoda matematičke analize u kojima se pretpostavlja konstantnost periode, amplitude i faze nije preporučljiva. Neki autori smatraju da od metode analize zavisi da li će on biti identifikovan ili ne.

c) Koordinate pola, takodje, imaju jednu periodičnu varijaciju sa periodom od oko dve godine.

Izvestni autori (Ijima S. and Okazaki S., 1968., Proverbio E. and Carta F., 1968) dobili su rezultate iz kojih bi se moglo zaključiti da u Zemljinoj rotaciji postoji ubrzanje sa periodom od oko tri godine. Po našem mišljenju, nije isključeno da se tu radi o ubrzanju koje nazivamo dvogodišnjim. Na tu pretpostavku došli smo na osnovi naših rezultata (sl. 7.2) iz kojih proizilazi da se perioda dvogodišnjeg ubrzanja menja u vrlo širokom dijapazonu. Ti naši rezultati su u saglasnosti sa hipotezom da je ono uzrokovano stratosferskom cirkulacijom sa periodom koja varira između 2 i 3 godine.

#### L i t e r a t u r a

De Prins J. (1966): Étude de la rotation de la Terre de 1957.5 à 1965. par l'analyse des observations au PZT de Neuchâtel. Bulletin Classe des Sciences de l'Académie Royal de Belgique, 5, 52.

De Prins J. and Gillard R. (1971): Study of the Rotation of the Earth. J. interdiscipl. Cycle Res. 2, 3.

- Ijima S. and Okazaki S.(1966):On the biennial component in the rate of rotation of the Earth.Journal Geodes. Society, Japan,12,2.
- Ijima S. and Okazaki S.(1972): Short Period Terms in the Rate of the Rotation and in the Polar Motion of the Earth. Publications of the Astronomical Society of Japan,24,1.
- Korsun A.A. i Sidorenkov N.S.(1970): Spektralnij analiz pulzacij skorsti vrachenija Zemli. Astronomičeskij žurnal, 47,5.
- Proverbio E. and Carta F.(1968): On two new Periods in the Rate of Earth's Rotation. Proceedings of the Colloq. on the Problems of the Time Determination,keeping and synchronisation.Brera-Milan Astronomical Observatory.
- Reed R.J.(1965): The present status of the 26 months oscillation. Bulletin American Meteorological Society,46,7.
- Serebrenikov M.G. i Pervozvanskij A.A.(1965): Vijavlenije skritih periodičnostei.Nauka,Moskva.
- Vicente R.O. and Yumi S.(1969): Coordinates of the Pole (1899-1968) referred to the Conventional International Origin. Publications International Latitude Observatory,Mizusawa,7,41.

## 7.2. HARMONIJSKI ČLANOVI SA PERIODAMA IZMEDJU 60 I 600 DANA.

Sezonska neravnomernost u Zemljinoj rotaciji predstavlja se dobro poznatim izrazom:

$$\begin{aligned} \Delta T_s &= a \sin 2\pi t + b \cos 2\pi t + c \sin 4\pi t + d \cos 4\pi t = \\ &= A \sin(2\pi t + \alpha_1) + B \sin(4\pi t + \beta_1), \end{aligned} \quad (7.3)$$

u kome je  $t$  vreme u godinama računato od jednog proizvoljno izabranog trenutka.

Za računanje  $\Delta T_s$  u BIH-u se danas koriste sledeći iznosi koeficijenata gornje jednačine:  $a=22.0$  ms,  $b=-12.0$  ms,  $c=-6.0$  ms i  $d=7.0$  ms.

Od vremena otkrića sezonske neravnomernosti (Stoyko N., 1936, 1937) do danas, za amplitude  $A$  i  $B$  i faze  $\alpha_1$  i  $\beta_1$  njenih komponenata dobijani su vrlo različiti rezultati. Ta činjenica je bila dovoljna da se posumnja u stabilnost amplituda i faza.

N. Stoyko (Stoyko N., 1950), Finch (Finch H., 1950) i Šajbe i Adelsberger (Scheibe A. and Adelsberger U., 1950) na bazi određivanja stanja kvarcnih časovnika iz astronomskih posmatranja dobili su, respektivno, sledeće rezultate za  $A$ : 81 ms, 52 ms i 76 ms. Iz vašingtonskih posmatranja na PZT u periodu 1951-1957. godine V. Markovic (Markowitz W., 1959) je dobio  $A=29.5$  ms i  $B=9.7$  ms. Fligel i Hawkins (Fliegel H.F. and Hawkins T.P., 1967), takodje, iz vašingtonskih posmatranja na PZT, ali iz perioda 1954.5-1965.7, dobili su  $A=20.4$  ms i  $B=9.2$  ms. Sem toga, oni nalaze da, u proseku,  $A$  i  $B$  variraju za  $\pm 5.8$  ms i  $\pm 3.3$  ms.

D. Djurović (Djurović D., 1971) je otkrio relativno veliku varijaciju  $A$  u 1968. godini zbog koje TU2-TUC koje je računato u BIH-u sadrži sezonski talas.

Neki autori nalaze da su takodje i faze godišnjeg i polugodišnjeg člana promenljive. Na primer, Pavlov i Staricic (Pavlov N.M. i Staritzin G.V., 1962) smatraju da je u 1959. godini došlo do promene  $\alpha_1$  za čitavih  $31^\circ$ .

Pored objektivnih promena amplituda i faza, raznolikost rezultata njihovog određivanja uzrokovana je dobrim delom sistematskim greškama kataloga, sezonskim greškama posmatranja, sezonskim varijacijama hodova kvarcnih časovnika (uzrokovanim uticajem vlažnosti i drugim činiocima) itd.

Da bismo bolje izučili godišnji i polugodišnji član u Zemljinoj rotaciji pokušali smo da ih izdvojimo od ostalih i analiziramo njihove promene iz godine u godinu.

U prethodnom paragrafu bilo je govora o tome kako su dobijeni rezidui koji su grafički predstavljeni na slici 7.1. Sa krive na toj slici za svaki dan čitali smo po jednu vrednost dvogodišnjeg člana koju ćemo označiti sa  $\Delta T_{ba}$ . Neka su još  $\Delta T_a$  i  $\Delta T_{sa}$  vrednosti godišnjeg i polugodišnjeg člana (respektivno).

Poslednje dve promenljive dobijene su na sledeći način:

a) Formirana su i rešena metodom najmanjih kvadrata dva sistema uslovnih jednačina:

$$(TU1-TUC)u = d_0 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 \sin 4\pi t + d_4 \cos 4\pi t \quad (7.4)$$

$$(TU1-TUC)u = e_0 + e_1 t + e_2 t^2 + e_3 \sin 2\pi t + e_4 \cos 2\pi t. \quad (7.5)$$

t je vreme u godinama počev od sredine posmatračkog intervala.

b) Izračunati su rezidui uslovnih jednačina 7.4 i 7.5 koje ćemo označiti sa R1 i R2.

$\Delta T_a$  i  $\Delta T_{sa}$  su dobijeni iz relacija:

$$\Delta T_a = R1 - \Delta T_{ba} \quad (7.6)$$

$$\Delta T_{sa} = R2 - \Delta T_{ba}.$$

Poslednji rezultati grafički su predstavljeni na slici 7.3.

Pažljivijim posmatranjem slike 7.3 kod oba člana uočavamo sistematska kolebanja amplituda. Između najmanjeg i najvećeg  $\Delta T_a$  razlika je oko 5 ms, a kod  $\Delta T_{sa}$  taj raspon je oko 8 ms.

Čitajući sa grafika našli smo da srednje amplitude godišnjeg i polugodišnjeg člana iznose 20 ms i 11 ms.

S druge strane, metodama Furijea i Džibsa primenjenim na rezidue: R3 = (TU1-TUC)u - progresivni član i R4 = (TU1-TUC)o - progresivni član za A, B,  $\alpha_1$  i  $\beta_1$  dobili smo sledeće vrednosti:

a) iz (TU1-TUC)u:

$$A=19.2 \text{ ms}, B=10.3 \text{ ms}, \alpha_1 = -34^{\circ}.1 \text{ i } \beta_1 = -39^{\circ}.8 ;$$

b) iz (TU1-TUC)o:

$$A=20.2 \text{ ms}, B=12.1 \text{ ms}, \alpha_1 = -27^{\circ}.9 \text{ i } \beta_1 = -41^{\circ}.4.$$

Faze se odnose na sredinu našeg posmatračkog intervala:

1969. god., jun 27, 0<sup>h</sup> TU ( D.J. = 2440 399.5).

Rezultati pod a) dobijeni su iz posmatranja za period 1967-1971. godine, a rezultati pod b) iz posmatranja za period 1965.5-1971.

Naši poslednji rezultati veoma su bliski onima koje su na vašingtonskoj opservatoriji dobili Fligel i Havkins i, možemo slobodno reći, bliski su rezultatima najsavremenijih određivanja pomoću



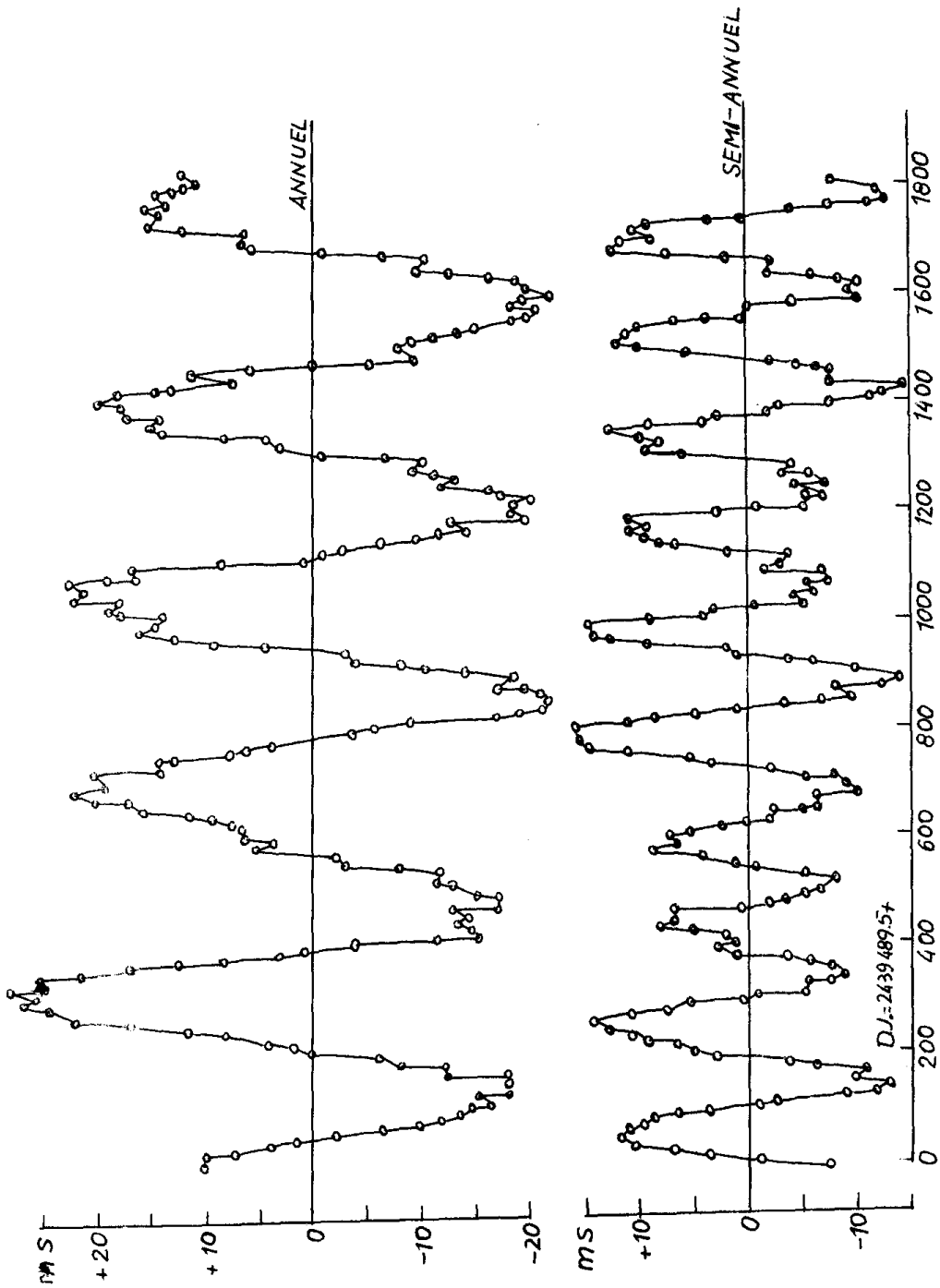


FIG. 7.3

najpreciznijih instrumenata, uz korišćenje FK4 kataloga i atomskih časovnika.

Poslednjih godina neki autori smatraju da su u Zemljinoj rotaciji identifikovali harmonijske članove za koje je vrlo teško naći objašnjenje ili čak naslutiti uzrok.

Ižima i Okazaki (Ijima S. and Okazaki S.,1972), Korsun i Sidorenkov (Korsun A.A. i Sidorenkov M.S.,1970) nalaze harmonijske članove sa periodama od 0.85 i 1.4 godine.

Iz posmatranja na Danžonovom astrolabu pariske opservatorije, koja su obavljena u periodu 1956.5-1963.0, C. Debarba (Débarbat S.,1970) nalazi dve spektralne linije u blizini polugodišnjeg člana: na 170 i 200 dana.

U spektrima rezidua R3 i R4 mi smo identifikovali nekoliko pikova koji odgovaraju ranije nepoznatim članovima. Na slici 7.4 na kojoj su dati spektrogrami funkcija R3 i R4 vidimo izvestan broj ekstremuma kojima odgovaraju sledeće amplitude i periode:

a) funkcija R3:

Perioda	Amplituda
91 <sup>+</sup> dan	1.3 ms
97	1.4
107	0.9
127	1.2
149	1.8
161	2.9
210 <sup>+</sup>	3.7
240	4.0
276	5.3

b) funkcija R4:

98	1.1
122 <sup>+</sup>	1.8
144	3.6
154	4.5
166	6.1
200 <sup>+</sup>	7.0
242	6.4
307	7.4
472	6.0

+) označava članove kojima, približno, odgovaraju dnevne plime (Melchior P.,1971).

Na osnovi onoga što znamo o Zemlji, o unutrašnjem rasporedu i fizičkom stanju masa, o plinskom potencijalu, itd. ne možemo naći teorijska objašnjenja za harmonijske članove koje smo identifikovali u R3 i R4. S druge strane, sa stanovišta slučajnih grešaka, kao što ćemo kasnije videti, ne mogu se objasniti članovi čije su amplitude iznad 0.3-0.4 ms. Zbog svih tih razloga logična je hipoteza da su pomenuti članovi podharmonike glavnih harmonijskih članova: polugodišnjeg, godišnjeg i dvogodišnjeg, pa ćemo malo detaljnije razmotriti u kojoj je meri ta hipoteza osnovana.

Pretpostavimo da je  $x(t)$  stacionarna funkcija vremena oblika:

$$x(t) = h \sin(\omega_0 t + H) \quad (7.8)$$

Furijeove transformacije gornje funkcije mogu se napisati u obliku:

$$U(\omega) = f(\omega) h \sin H \quad (7.9)$$

$$V(\omega) = g(\omega) h \cos H \quad (7.10)$$

Ako je  $\lambda' = (2n+1)/2 (\omega_0 - \omega)$ ,  $\mu' = (2n+1)/2 (\omega_0 + \omega)$ ,  $\lambda'' = \lambda' / (2n+1)$  i  $\mu'' = \mu' / (2n+1)$ , gde je  $2n+1$  ukupan broj ekvidistantnih vrednosti funkcije  $x(t)$ ,  $f(\omega)$  i  $g(\omega)$  su definisane jednačinama:

$$f(\omega) = 1/(2n+1) (\sin \lambda' \operatorname{cosec} \lambda'' + \sin \mu' \operatorname{cosec} \mu''), \quad (7.11)$$

$$g(\omega) = 1/(2n+1) (\sin \lambda' \operatorname{cosec} \lambda'' - \sin \mu' \operatorname{cosec} \mu''). \quad (7.12)$$

Pretpostavimo da je  $P_0 = 2\pi / \omega_0$  perioda jednog harmonijskog člana, samerljiva sa intervalom koji pokriva funkcija  $x(t)$ . U tom slučaju,  $f(\omega)$  i  $g(\omega)$  su jednaki nuli u svim tačkama samerljivosti. Kao posledica toga,  $U(\omega)$  i  $V(\omega)$  takodje su jednaki nuli u tim tačkama. Drugim rečima, jedan harmonijski član čija je perioda samerljiva sa intervalom nad kojim je zadata funkcija  $x(t)$  u spektru te funkcije ne može dati parazitske ekstremume ni u jednoj od tačaka definisanih odnosom:  $2n+1/k$  ( $k=1, 2, \dots, 2n+1$ ). Ako to pravilo primenimo na rezidue R3 ( $2n+1=1819$  dana) onda te tačke odgovaraju periodama: 91, 96, 101, 107, 114, 122, 130, 140, 152, 165, 183, 202, 228, 260, 303, 365, 455, 606 i 909 dana. Dakle, jedino bi članovi od 240 i 276 dana mogli da predstavljaju podharmonike godišnjeg i polugodišnjeg člana.

Varijacije faza i amplituda godišnjeg i polugodišnjeg člana, o kojima smo ranije govorili, nisu toliko velike da bi mogle uzrokovati parazitske pikove sa amplitudama od nekoliko milisekunada. Jedino bi dvogodišnji član, zbog njegove relativno velike nepravilnosti, mogao da predstavlja verovatni uzrok pomenu-

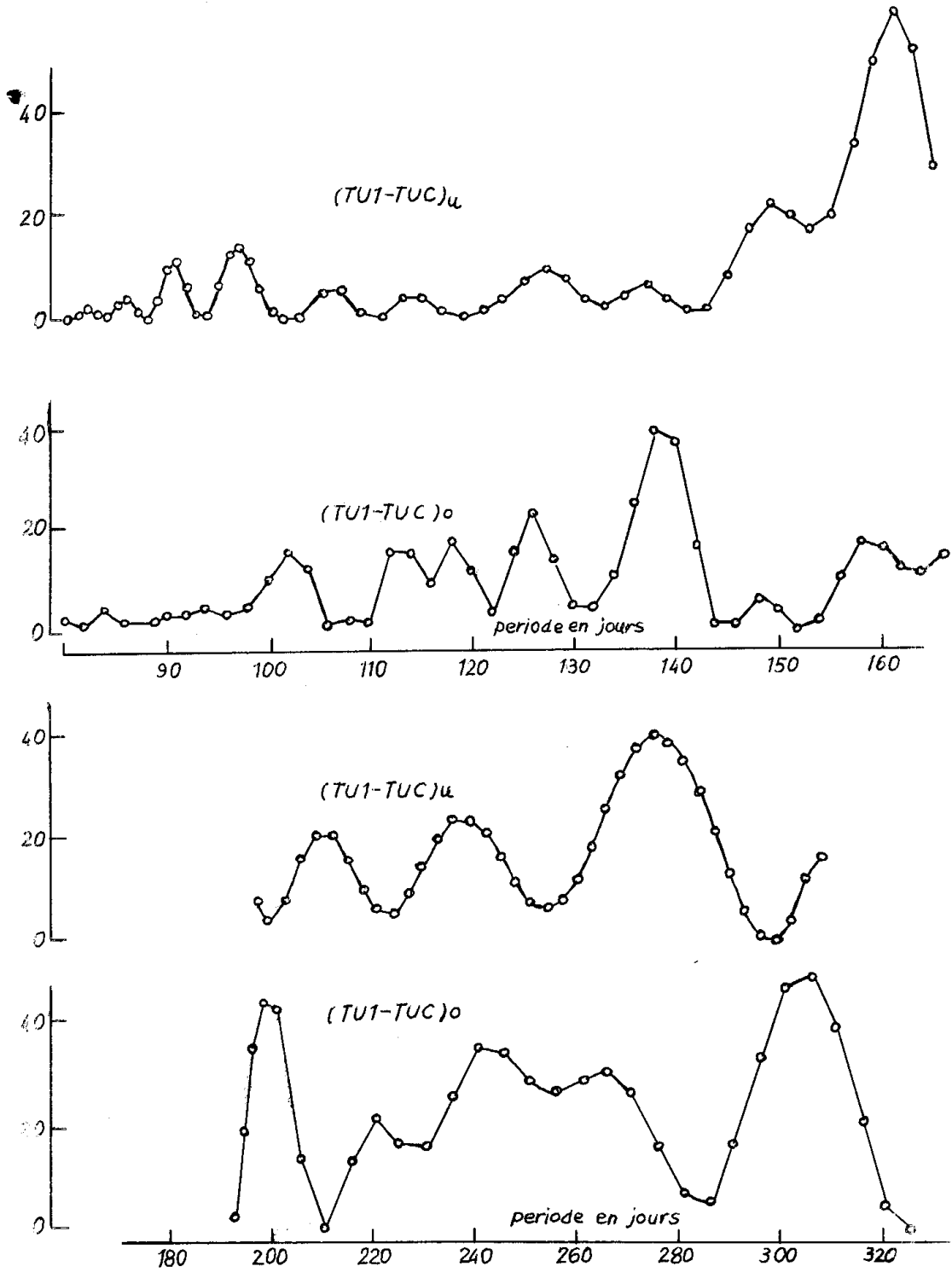


FIG. 7.4

tih ekstremuma u spektrima funkcija R3 i R4.

Da bismo ispitali gornju pretpostavku, spektralnu analizu smo ponovili, ali na reziduima iz kojih smo eliminisali još i dvogodišnji i godišnji član. Prvi smo eliminisali zbog relativno najveće nepravilnosti, a drugi zbog najveće amplitude.

Metodom najmanjih kvadrata za svaku godinu računali smo progresivni i godišnji član funkcija  $(T_{U1}-T_{UC})_u$  i  $(T_{U1}-T_{UC})_o$ . Da bismo što sigurnije eliminisali dvogodišnji član, progresivni smo predstavljali polinomima trećega reda.

Kontinuitet računatih funkcija je osiguran na taj način što je za nezavisni član za godinu  $i+1$  uziman iznos računate funkcije za poslednji dan godine  $i$ . Vreme  $t$  je računato od tog dana.

Za prvu godinu nezavisni član je smatran nepoznatom.

Neka su R5 i R6 rezidui funkcija  $(T_{U1}-T_{UC})_u$  i  $(T_{U1}-T_{UC})_o$ , dobijeni posle eliminacije progresivnog, dvogodišnjeg i godišnjeg člana.

Spektralnom analizom rezidua R5 i R6 identifikovali smo sledeće ekstremume:

a) rezidui R5:

Perioda	Amplituda
96 dana	1.4 ms
123	2.8
159	1.4

b) rezidui R6:

90	0.9
99	1.1
123	3.0
159	0.9

Upoređujući ove rezultate sa onima koji su dobijeni iz rezidua R3 i R4 dolazimo do zaključka da je pri istraživanju harmonijskih članova u Zemljinoj rotaciji i u kretanju polova potrebna velika obazrivost. Ovo je naročito važno u uslovima kada neke pretpostavke za primenu analitičkih metoda nisu ispunjene. U konkretnoj situaciji, zbog varijacija perioda, amplitude i faza glavnih harmonijskih članova u spektrogramima analiziranih funkcija pojavili su se parazitski pikovi.

Mi verujemo da neki harmonijski članovi koje smo identifikovali u funkcijama R5 i R6, kao i neki harmonijski članovi koje su identifikovali drugi autori, predstavljaju fiktivne članove

nastale zbog primene neadekvatnih analitičkih metoda.

D. Djurović i P. Melkior (Djurović D. et Melchior P., 1973) sa posebnom pažnjom analizirali su član od 122 dana koga su identifikovali u Zemljinoj rotaciji i u kretanju polova.

Metodama Furijea i Džibsa za periodu, amplitudu i fazu ovoga člana oni su dobili sledeće rezultate:

funkcija	perioda	amplituda	faza
(TUL-TUC)u	121.7 dana	0 <sup>s</sup> 0028	161 <sup>o</sup>
(TUL-TUC)o	123.0	30	149
x <sub>u</sub>	120.0	0 <sup>s</sup> 003	—
x <sub>o</sub>	132.0	4	—
y <sub>u</sub>	129.0	2	—
y <sub>o</sub>	126.0	6	—

Faze se odnose na trenutak: 1969. god., januar 0, 0<sup>h</sup> TU.

Spektrogrami gornjih funkcija predstavljeni su na slikama 7.5 i 7.6.

Na krivim koje se odnose na (TUL-TUC)u i (TUL-TUC)o mogu se uočiti ekstremumi koji odgovaraju tromesečnom članu koga je otkrio Belocerkovskij (Belocerkovskiy D.Y., 1963).

Interesantno je da se amplitude člana od 122 dana u Zemljinoj rotaciji i kretanju polova razlikuju za red veličine.

Izučavajući periodične varijacije atmosferskog pritiska E. Smets (Smets E., 1972) je zapazio da član od 122 dana ima skoro najveću amplitudu. U ovome radu E. Smets je obradio srednje mesečne vrednosti atmosferskog pritiska merenog više od 100 godina na tri stanice: De Bildt (Amsterdam), Kju (London) i Ikl (Brisel). Primenjena je metoda Blekmana-Tjukija.

Korelacija između atmosferske cirkulacije i pritiska i varijacija u brzini Zemljine rotacije i u kretanju polova nije otkrivena samo u citiranim radovima Ižime i Okazakija, Djurovića i Melkiora i Smetsa. K. Takahasi (Takahasi K., 1971) je našao da se u varijacijama atmosferskog pritiska može identifikovati Čendlerov član. U radovima Pavlova (Pavlov N.M., 1968), Pavlova i Staricina (Pavlov N.N. i Staricin G.V., 1962), Munka i Mekdonalda (Munk W.H. and Macdonald G.J.F., 1960) i još mnogih drugih nalazimo dokaze međusobne povezanosti između atmosferskih pojava i varijacija u Zemljinoj rotaciji i polarnom kretanju.

Djurović i Melkior pretpostavljaju da bi član od 122 dana mogao biti objašnjen još i jednim efektom tesimalne plime Zemljine

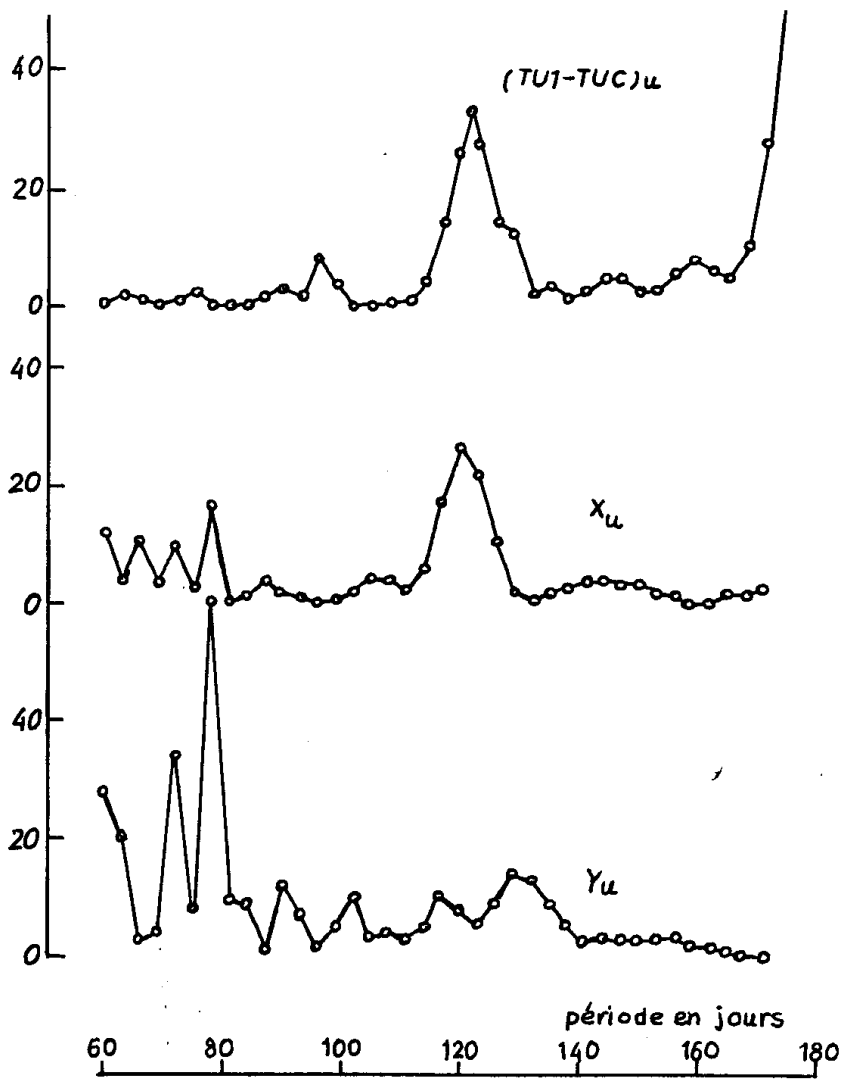


FIG. 75

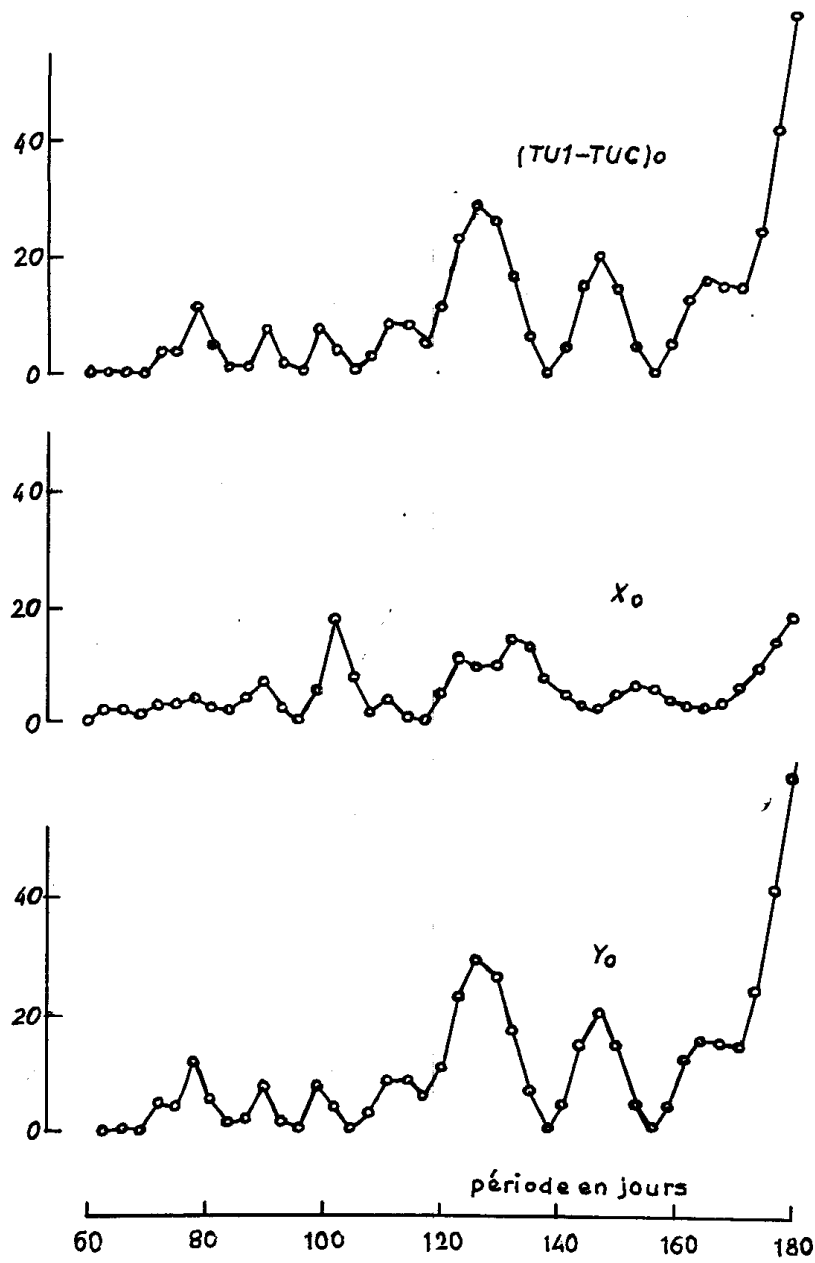


FIG. 7.6



kore. Džefris i Visente u jednoj studiji dinamičkih efekata tečnog Zemljinog jezgra našli su rezonantnu frekvenciju kojoj odgovara časovna ugaona brzina od  $14.9388$ . Njoj odgovara nutacija sa periodom od 146.657 dana.

Poslednja vrednost počiva na jednom modelu koji aproksimativno predstavlja Zemlju, te bi se uz odgovarajuće manje odstupanje od toga modela mogla dokazati i nutacija sa periodom od 122 dana.

Na kraju ove diskusije, posvećene harmonijskom članu od 122 dana, zabeležićemo da se u poznatoj Vularovoj seriji (Woolard E.W., 1959) nalazi jedan talas zonske plime sa periodom od 122 dana, ali ako se za Lovov broj uzme  $k=0.317$  (Melchior P., 1971a) amplituda toga talasa je svega  $0.00019$ .

Vularova serija, takodje, izračunata je sa nizom aproksimacija i pretpostavki, te zbog te činjenice zonsku plimu treba smatrati jednim od mogućih uzroka člana od 122 dana.

#### L i t e r a t u r a:

- Belocerkovskiy D.Y. (1963): Korotkoperiodičeskaja neravnomernost vrašenija Zemli. Vrašenie Zemli, Kiev.
- Débarbat S. (1970): Irrégularités de la mesure du temps déduites de 13.5 années d'observations astronomiques. Communication présentée au Congrès de chronométrie Franco-Allemand, Constance, 1970.
- Djurović D. (1970): Les irrégularités saisonnières de la rotation de la Terre en 1968. et les systèmes de l'heure. Bulletin de l'Observatoire astronomique de Beograd, 28.
- Djurović D. et Melchior P. (1973): Sur un terme harmonique de 122 jours dans la rotation de la Terre et dans le mouvement du pôle ( en presse). Communication de D. Djurović pendant "Journées luxembourgeoises de géodynamique", novembre 1972.
- Finch H. (1950): On a periodic fluctuation in the length of the day. Monthly Notices, Royal Astronomical Society, 110, 3.
- Fliegel H.F. and Hawkins T.P. (1967): Analysis of Variations in the Rotation of the Earth. The Astronomical Journal, 72, 4.

- Ijima S. and Okazaki S.(1972): Short Period Term in the rate of the Rotation and in the Polar Motion of the Earth. Publications Astronomical Society, Japan, 24.
- Korsun A.A. i Sidorenkov N.S.(1970): Spektrelnij analiz pulzacij skorosti vrašeniija Zemli. Astronomičeskij žurnal, 47, 5.
- Markowitz W.M.(1959): Variations in Rotation of the Earth, Results obtained with the Dual Rate Moon Camera and Photographic Zenith Tubes. The Astronomical journal, 64, 1268.
- Melchior P.(1971): Precession-Nutations and Tidal Potential. Celestial Mechanics, 4, 2.
- Melchior P.(1971a): Rapport sur les marées terrestres. Asssemblée Générale UGGI, Moskva, 1971.
- Munk W.H. and Macdonald G.J.F.(1960): The Rotation of the Earth. Cambridge University Press.
- Pavlov N.N. i Staritzin G.V.(1962): Ob izmenenii skorosti vrašeniija Zemli vookrug osi za vremja MGG i MGS. Astro-nomičeskij žurnal, 39, 1.
- Pavlov N.N.(1968): Izmenenije skorosti vrašeniija Zemli, deformacii zemnoi kori i solnečnaja aktivnost. Izvestija GAO AN SSSR v Pulkove, No 183.
- Smets E.(1972): On some gravitational oscillations in the atmosphere, in ocean tides and in the velocity of the Earth's rotation. "Journées luxembourgeoises de géodynamique", novembar 1972.
- Sceibe A. and Adelsberger U.(1950): Die Gangleistungen der PTR-Quarz uhren und die jährliche Schwankung der astronomischen Tageslänge. Zeitschrift für Physik, 127, 416.
- Stoyko N.(1936): Sur l'irrégularité de la rotation de la Terre. Comptes Rendus des Séances de l'Accadémie des Sciences, 203, 29.
- Stoyko N.(1937): Sur la périodicité dans l'irrégularité de la rotation de la Terre. Comptes Rendus des Séances de l'Accadémie des Sciences, 205, 79.
- Stoyko N.(1950): Sur la variation saisonnière de la rotation de la Terre. Comptes Rendus des Séances de l'Accadémie des Sciences, 230, 514.

- Takahasi K.(1971): On the Spectral Analysis of the Chandler Wobble from Meteorological Elements in the Upper Atmosphere. Proceedings of the International Latitude Observatory of Mizusawa,11.
- Woolard E.W.(1959): Inequalities in the Mean Solar Time from Tidal Variation in the Rotation of the Earth. Astronomical Journal, 64,1269.

### 7.3. SKRETANJA VERTIKALA I PLIMSKA UBRZANJA U ZEMLJINOJ ROTACIJI.

Astronomska posmatranja koja se obavljaju u cilju odredjivanja vremena i varijacija latituda mogu da posluže i za izučavanje fizičkih svojstava Zemlje. Još 1909. godine Lov (Love) i Larmor (Larmor), nezavisno jedan od drugoga, izvode relaciju:

$$k = \left( \frac{2\alpha}{m} - 1 \right) \left( 1 - \frac{T_0}{T} \right) \quad (7.13)$$

U ovoj jednačini  $k$  je poznati Lovov broj koji karakteriše elastična svojstva Zemlje,  $\alpha$  je Zemljina spljoštenost,  $m = \omega^2 a/g$ ,  $\omega$  - ugaona brzina rotacije,  $a$ -ekvatorski poluprečnik,  $g$ - ubrzanje sile teže,  $T_0$ - Ojlerova i  $T$ - čendlerova perioda.

Problem odredjivanja  $k$  iz posmatranja ubrzanja u Zemljinoj rotaciji prvi je rešio Harold Džefris (Jeffreys H., 1928).

Pretpostavimo da je zbog deformacija Zemlje, izazvanih privlačnim dejstvima Sunca i Meseca, promena potencijala sile teže u tački na površini proporcionalna potencijalu tih sila, tj. pretpostavimo da je  $U = k \cdot V$ . Osim toga, pretpostavimo da su horizontalna elastična pomeranja  $\nu$  proporcionalna horizontalnoj komponenti poremećajne sile:  $\nu = l \cdot F$ . Kada su dva gornja uslova ispunjena, zbog skretanja vertikalne u pravcu istok-zapad, dolazi do varijacija longituda, odnosno, do varijacija u sistemu mesnog zvezdanog vremena koje, u odnosu na sistem definisan preko srednjeg nepokretnog meridijana, mogu da se izraze jednačinom (Jeffreys H., 1952):

$$\Delta u_1 = (1+k-l) \frac{1}{E \rho} \sec^2 \varphi \frac{\partial V}{\partial \lambda} \quad (7.14)$$

$l$  je poznati broj koga je još 1912. godine uveo u geofiziku T. Šida (Shida T.),  $\rho$  je geocentrična daljina tačke na površini, a  $\lambda$  i  $\varphi$  geografske koordinate te tačke.

Plimski potencijal može biti izražen jednačinom (Melchior P., 1966):

$$V = G \left( \frac{a}{r} \right)^3 (S_1 + T_1 + Z_1) \quad (7.15)$$

u kojoj  $S_1$ ,  $T_1$ ,  $Z_1$  i  $G$  predstavljaju:

$$S_1 = \cos^2 \varphi \cos^2 \delta \cos 2H,$$

$$T_1 = \sin^2 \varphi \sin^2 \delta \cos H,$$

$$Z_1 = 3(\sin^2 \varphi - 1/3) (\sin^2 \delta - 1/3) i$$

$$G = 3/4 \left( \frac{M}{E} \right) \frac{a^2 \rho^2}{3} \cdot S_1.$$

U poslednjim jednačinama sa  $M$  je označena masa tela koje uzrokuje plimu, sa  $E$ - masa Zemlje, sa  $a$ -srednji poluprečnik Zemlje,

sa  $r$ - geocentrična daljina mase  $M$ , sa  $c$ - srednja vrednost  $r$ , sa  $g_1$ -ubrzanje sile teže na površini Zemlje-sfere poluprečnika  $a$ , sa  $H$  i  $\delta$  časovni ugao i deklinacija poremećajnog tela.

U novom sistemu konstanata IAU ( Generalna Skupština IAU Hamburg, 1964)  $G=26\ 277.6\ \text{cm}^2/\text{sec}^2$ .

Tri člana jednačine 7.15 predstavljaju tri tipa sfernih funkcija drugoga reda. One definišu tri tipa plima: sektorsku (poludnevnu), teseralnu (dnevnu) i zonsku.

Iz jednačina 7.14 i 7.15 proizilazi da periodične varijacije svetskog vremena, uzrokovane plimskim skretanjem vertikalna, mogu da se izraze jednačinom:

$$\Delta u_1 = \frac{2G}{g\rho} \left(-\frac{c}{r}\right)^3 (\text{tg}\varphi \sin 2\delta \sin H + \cos^2 \delta \sin 2H). \quad (7.16)$$

$g$ - lokalno ubrzanje sile teže.

Gubanov (Gubanov V.S., 1969) je u novom sistemu konstanata IAU za  $G/\rho g$  našao sledeći izraz:

$$206\ 264''8\ G/\rho g = 0''008\ 708(1 - 0.00867 \sin^2 \varphi + 0.00007 \cdot \sin^4 \varphi + 3h/a_1).$$

$h$ -visina u odnosu na Zemlju-sferoid.

Zanemarujući poslednji član gornje jednačine, za skup opservatorija čija smo posmatranja obradili u ovom našem radu, dobili smo sledeći izraz:

$$206\ 264''8\ 2G/\rho g = 0''01\ 736 = 0''001\ 156.$$

U slučaju Meseca  $(c/r)^3$  može da se izrazi u funkciji srednje anomalije  $M$  i razlike srednjih longituda Sunca i Meseca- $D$ :

$$\begin{aligned} (c/r)_m^3 &= 1.005 + 0.164 \cos M + 0.031 \cos(M-2D) + 0.027 \cos 2 \\ &+ 0.013 \cos 2M \text{ ili:} \end{aligned}$$

$$(c/r)_m^3 = 1.005 + 0.164 \cos M = 1.005 + 0.164 \cos(\ell - \omega_p).$$

Sa  $\ell$  označili smo srednju longitudu Meseca, a sa  $\omega_p$  longitudu perihela Mesečeve putanje.

Izražavajući  $\cos^2 \delta$  i  $\sin 2\delta$  u funkciji ekliptičkih koordinata i uzimajući za nagib Mesečeve putanje u odnosu na ekvator

$\theta = 28^\circ\ 35'$  mi smo izračunali dve komponente  $\Delta u_1$ : jednu koja potiče od teseralne plime -  $\Delta u(T)$  i drugu koja potiče od sektorske plime -  $\Delta u(S)$ .

Ako uzmemo samo nekoliko najvećih članova, pomenute komponente određene su izrazima:

$$\begin{aligned} \Delta u(T) &= (1+k-1) \text{tg}\varphi [ 0''000\ 556 \cos(2(\ell - S)) - 0''000\ 556 \cos S \\ &+ 0''000\ 046 \cos(\ell - S + \omega_p) + 0''000\ 046 \cos(\ell + S - \omega_p) - \\ &- 0''000\ 046 \cos(3(\ell - S) - \omega_p) - 0''000\ 046 \cdot \\ &\cdot \cos(\ell - S - \omega_p) + \dots ] \end{aligned} \quad (7.17)$$

$$\Delta u(S) = (1+k-l) [-0.001062 \sin(2Q - 2S) - 0.000087 \sin(Q - 2S + \omega_p) - 0.000087 \sin(3Q - 2S - \omega_p) - 0.000046 \sin(4Q - 2S) + 0.000046 \sin 2S - \dots] \quad (7.18)$$

Prvi članovi jednačina 7.17 i 7.18 su teorijski izrazi za varijacije stanja časovnika uzrokovane skretanjem vertikalna zbog plime tipa  $O_1$  i  $M_2$ . Ako ih označimo sa  $\Delta u(O_1)$  i  $\Delta u(M_2)$ , možemo pisati sledeće jednačine:

$$\Delta u(O_1) = 0.000556(1+k-l) \operatorname{tg} \varphi \cos(2Q - S), \quad (7.19)$$

$$\Delta u(M_2) = -0.001062(1+k-l) \sin(2Q - 2S). \quad (7.20)$$

Gubanov (Gubanov V.S., 1969) je za  $\Delta u(O_1)$  i  $\Delta u(M_2)$  našao:

$$\Delta u(O_1) = 0.000436(1+k-l) \operatorname{tg} \varphi \cos(2Q - S) \text{ i}$$

$$\Delta u(M_2) = -0.001054(1+k-l) \sin(2Q - 2S).$$

Revidirajući teoriju rotacije apsolutno čvrste Zemlje Vullar (Woolard E., 1953) je dao novu teoriju forsiranih nutacija i odgovarajućih varijacija longituda:  $\Delta \lambda'$ . Vodeći računa o elastičnosti Zemlje Fjodorov (Fedorov E.P., 1958) nalazi da sve koeficijente u  $\Delta \lambda'$  treba pomnožiti sa 0.76. Posle toga  $\Delta \lambda'$  postaje (Gubanov V.S., 1966):

$$\Delta \lambda' = [0.0066 \cos S - 0.0047 \cos(2Q - S) - 0.0022 \cos(2Q - S) + \dots] \operatorname{tg} \varphi \quad (7.21)$$

Prema tome, odgovarajuće varijacije stanja časovnika mogu se izračunati pomoću jednačine:

$$\Delta u(\Delta \lambda') = 0.000313 \operatorname{tg} \varphi \cos(2Q - S) \quad (7.22)$$

Najzad, sa argumentom  $2Q - S$  postoji nutacija poznata pod imenom dvonedeljna nutacija.

Prema tome, varijacije svetskog vremena koje su funkcije  $2Q - S$  imaju tri komponente: prva je od plime, druga od forsirane nutacije i treća koja potiče od netačnog koeficijenta dvonedeljne nutacije.

Tačna perioda gornjih komponenta je 14.191 srednjih sunčanih dana.

Plimski talas tipa  $M_2$  uzrokuje periodična kolebanja svet skog vremena sa periodom od 14.765 dana.

Privlačno dejstvo Sunca, takodje, uzrokuje skretanja vertikalna i odgovarajuće varijacije svetskog vremena:  $\Delta u_2$ .

Pošto je jednačina 7.16 opšta,  $\Delta u_2$  će biti predstavljeno izrazom:

$$\Delta u_2 = 2G_{\odot} / \rho_{\oplus}(c/r)^3 (\operatorname{tg} \varphi \sin 2\delta_{\odot} \sin H_{\odot} + \cos^2 \delta_{\odot} \sin 2H_{\odot}). \quad (7.2)$$

Uzinajući da je  $(c/r)^3=1$  i zanemarujući članove trećeg i višeg reda od sine, gde je  $e$  nagib eklirike u odnosu na ekvator, za  $\Delta u_2$  dobili smo:

$$\Delta u_2 = 0.000490 \sin 2H_0 + 0.000021 \sin 2(\Theta+H) - 0.000021 \sin 2(\Theta-H) - 0.000053 \operatorname{tg} \varphi \cos(\Theta+H) + 0.000053 \operatorname{tg} \varphi \cos(\Theta-H). \quad (7.24)$$

Pošto je  $G_0 = 0.46051 G$  (Melchior P., 1968) i  $2G/\rho g = 0.001156$ , koeficijent  $2G_0/\rho g$  biće jednak  $0.000532$ .

Astronomska posmatranja vremena skocentrisana su oko  $23^h$  gradjanskog vremena. Sa dovoljnom tačnošću možemo uzeti da je  $H = \text{const}$ . Prema tome, skretanja vertikalna zbog Sunčeva privlačenja imaju dve najveće komponente od kojih jedna ima godišnju, a druga polugodišnju periodu. U oblasti viših frekvencija ne postoje varijacije stanja časovnika koje bi imale uzrok u skretanjima vertikalna izazvanih Sunčevom plimom.

Deformacije Zemlje, uzrokovane zonskom plimom, predstavlja ju još jedan izvor varijacija u sistemima vremena definisanim pomoću Zemljine rotacije. Periodične promene glavnog momenta inercije

$\Delta C$  i odgovarajuće promene ugaone brzine  $\Delta \omega$ , pri uslovu nestišljivosti (zbir promena glavnih momenata inercije jednak je nuli), vezane su relacijom:

$$\Delta C/C = -\Delta \omega/\omega.$$

E. Vular (Woolard E., 1959) je izračunao da varijacije srednjeg sunčanog vremena u odnosu na jedan uniformni sistem vremena-

$\Delta u_3$  (smer: uniformno vreme minus srednje sunčano) mogu da se izračunaju pomoću reda:

	argument sinusa	perioda	
$u_3 = +0.00032 k$	$2C + M$		
+ 13 k	$2C + M - d$	9.1 dana	Mtm
+ 249 k	$2C$	13.7	Mf
+ 103 k	$2C - d$		
+ 10 k	$2C - 2d$		
+ 11 k	$2M$	13.8	
+ 23 k	$2C - 2\Theta$	14.8	
+ 265 k	$M$		Mm
- 17 k	$M + d$	27.6	
- 17 k	$M - d$		
- 14 k	$2C - M$	27.1	
- 6 k	$2C - M - d$		

	argument sunca	perioda	
+0.00059 k	24 M-20	51.8	MSm
+ 61 k	20-M'	122	
+ 1553 k	20	183	Ssa
- 38 k	20- $\delta$		
+ 496 k	M'	365	Ja
- 23 k	20-M'	365	
+0.5198 k		18.6 godina	
-0.0027 k	$\delta$	9.3 godina	(7.25

M je srednja anomalija Meseca, a M' srednja anomalija Sunca.

Koeficijenti jednačine 7.25 računati su u novom sistemu konstanata IAU (Pilnik G.P.,1970).

Prve pouzdanije rezultate istraživanja plimskih varijacija svetskog vremena objavili su Gubanov (Gubanov V.S.,1966,1969), Pilnik ( Pilnik G.P.,1970), Gino (Guinot B.,1970) i Djurović i Melkior (Djurović D.et Melchior P.,1972).

Obradivši posmatranja sovjetskih časovnih službi iz perioda 1953-1967. godine, Pilnik je za Lovov broj dobio  $k=0.301$ . Gino je iz TU2-TUC za period 1967-1969. god. dobio  $k=0.302$ . Poslednje dve vrednosti veoma su bliske  $k=0.3015$  koje odgovara poznatom „modelu II“ Molodenskog ( Molodenskiy M.S.,1961). To je model Zemlje sa tečnim jezgrom u kome se nalazi još jedno manje i čvrsto jezgro.

Osnovni razlog zbog koga smo računali srednji sistem TU1-TUC jeste da se dobiju podaci koji su za izučavanje uticaja plime pogodniji od onih koje daje sistem (TU1-TUC)o. Mi smo uspeli da dobijemo rezultate čije su slučajne greške manje nego u sistemima vremena koje su koristili Gino, Pilnik i Gubanov. U radu Pilnika TU1-TUC je svakodnevno određivano, a srednja kvadratska greška pojedinih godina iznosi čak i 8 ms. Kao što smo već videli, kod nas je ona 3.1 ms. Gino je koristio TU2-TUC računato za svaki peti dan. Ako bismo te rezultate <sup>smatrali</sup> srednjim od pet, srednja kvadratska greška TU2-TUC, određenoj iz posmatranja za jedan dan, bila bi oko 4-5 ms.

Za identifikaciju plimskih članova u sistemu svetskog TU1 vremena koristili smo dve serije rezidua koje ćemo označiti sa  $\tau_3$  i  $\tau_4$ .

Rešavajući sisteme uslovnih jednačina 6.6 i zamenjujući u njima najverovatnije vrednosti nepoznatih, za svaku opservatori-



ju dobili smo po jedan skup rezidua  $\tau_4'$ . Dalje, uzimajući u obzir sve opservatorije, za svaki dan računali smo srednju vrednost  $\tau_4'$ . Te srednje vrednosti označili smo sa  $\tau_4$ .

Težine dodeljene pojedinim opservatorijama računane su na standardni način bazirajući ih na disperzijama  $\tau_4'$ .

Za računanje rezidua  $\tau_3$  ceo posmatrački interval (5 godina) podeljen je na 10 polugodišnjih i za svaki od ovih manjih intervala formiran je po jedan sistem jednačina:

$$(TUI-TUC)u = e_0 + e_1 t + e_2 t^2 + e_3 t^3 + e_4 \sin 4\pi t + e_5 \cos 4\pi t + e_6 \sin 8\pi t + e_7 \cos 8\pi t. \quad (7.26)$$

$t$  je vreme u godinama računato od početka datog polugodišnjeg intervala.

Rezidue jednačina 7.26 označili smo sa  $\tau_3$ . Oni ne sadrže progresivni član, niti tromesečni, polugodišnji, godišnji i članove dužih perioda.

Godišnji član i članovi dužih perioda eliminisani su zajedno sa progresivnim članom.

Da bismo identifikovali harmonijske članove u serijama  $\tau_3$  i  $\tau_4$  koristili smo tri metode: Furijeovu, Džibsovu i metodu Blekmana-Tjukija.

Probnu periodu  $P$  varirali smo od 3 do 40 dana sa priraštajem od 0.2 dana. Na predlog prof. Pola Melkiora račun je ponovljen sa teorijskim iznosima perioda zonskih plima sa tačnošću od  $\pm 0.0005$  dana (Melchior P., 1971). Na taj način amplitude i faze plima su preciznije određene. Ova činjenica posebno je istaknuta u jednom drugom našem radu (Djurović D. et Melchior P., 1972).

Na slici 7.7 predstavljen je spektrogram  $\tau_3$ , a na slici 7.8 spektrogram funkcije  $\tau_4$ . Jedan i drugi dobijeni su istom metodom-metodom Furijeja. U cilju uporedjenja, na slici 7.9 predstavili smo još jedan spektrogram  $\tau_4$ , ali ovaj poslednji dobijen je metodom Blekmana-Tjukija.

Zaključak koji smo mogli izvesti iz uporedjenja dva spektrograma  $\tau_4$  jeste da, u datom slučaju, dvema različitim metodama mogli smo identifikovati iste harmonijske članove.

Zanemarujući sve one ekstremume spektralnih funkcija  $S(\omega)$  čije su amplitude manje od  $0.00020$  (smisao ovoga kriterijuma videćemo nešto kasnije) identifikovali smo izvestan broj

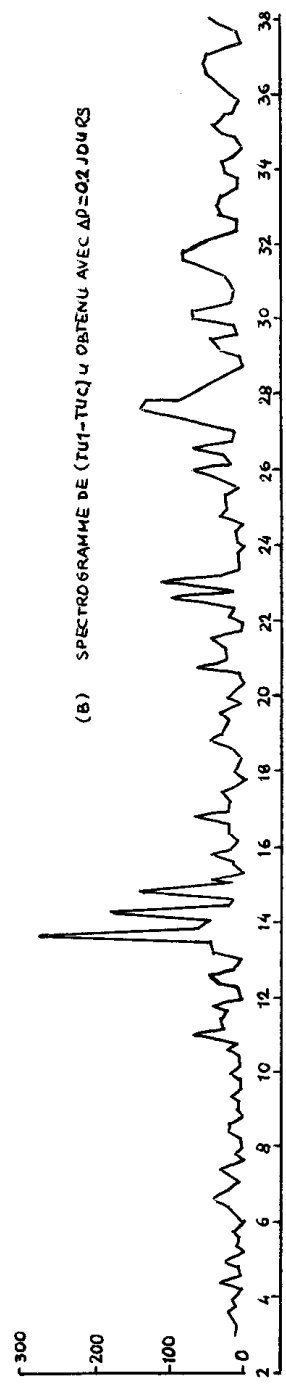
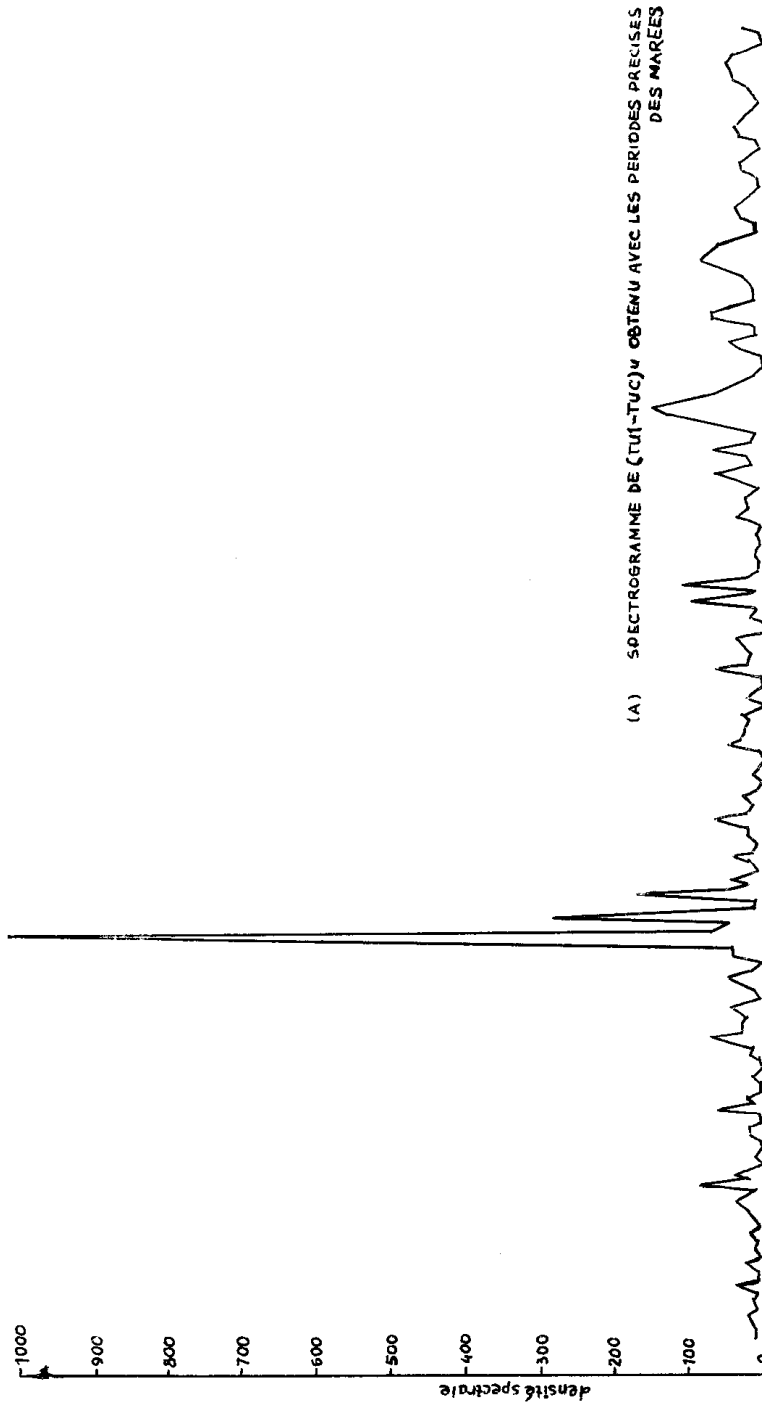


Fig. 10

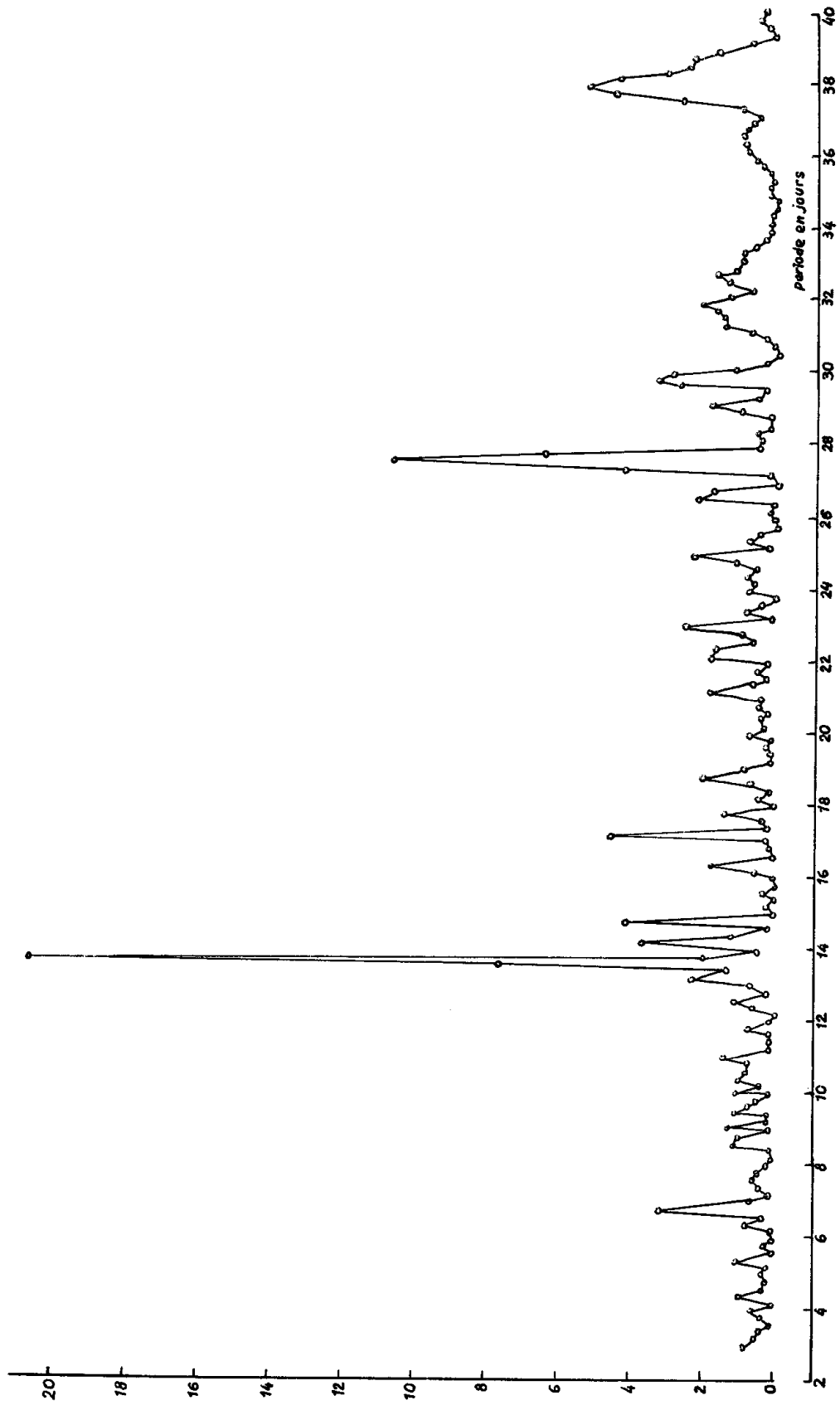


FIG. 7.8

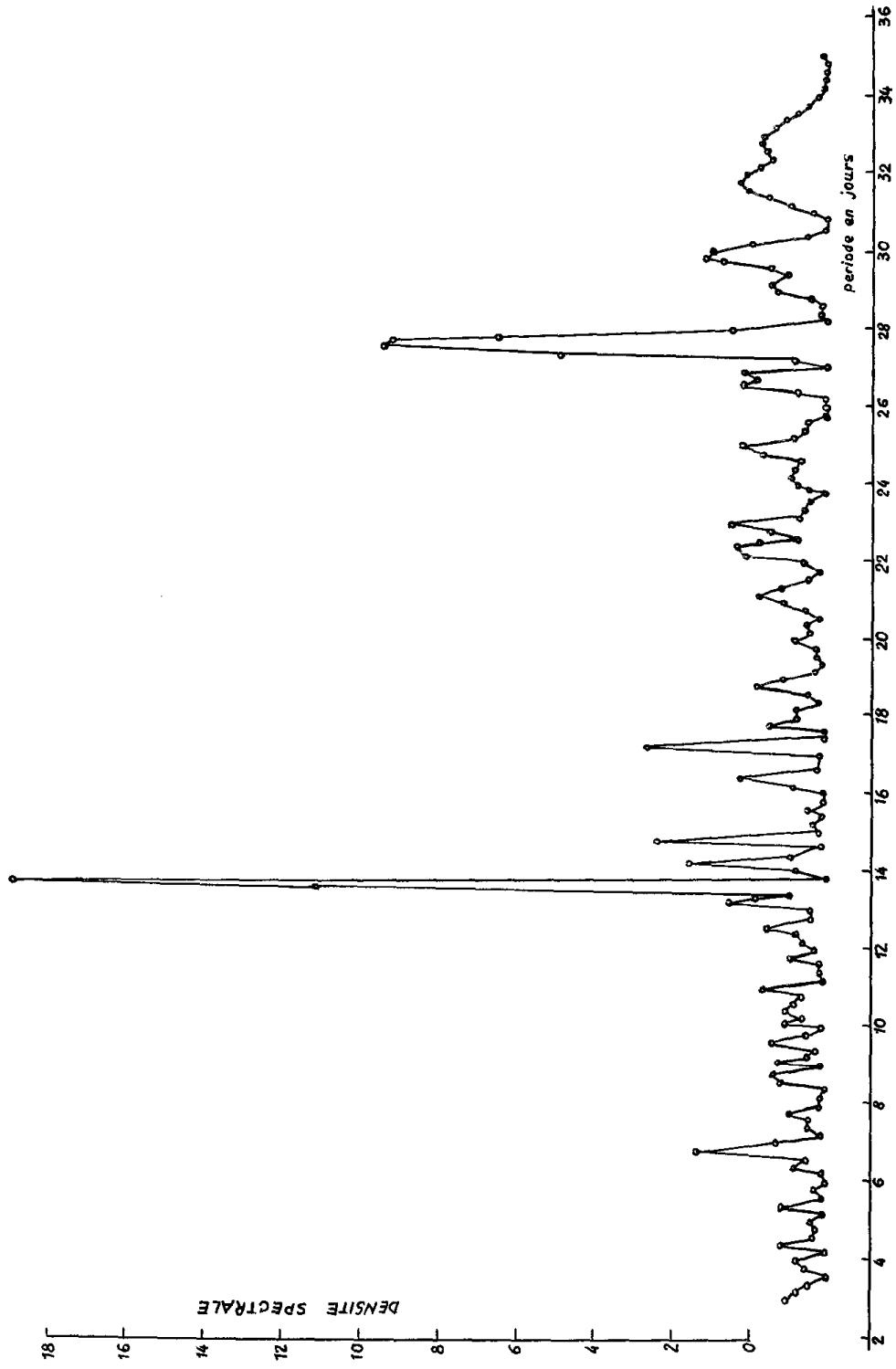


FIG. 7.9

harmonijskih članova čije periode  $P$ , amplitude  $A_P$ -računate metodom Furijea i  $A_G$ -računate metodom Džibsa, dajemo u tablicama 7.3 i 7.4.

Ako  $S(\omega)$  ima pik baš za  $P$  koje odgovara teorijskoj plimi, to  $P$  dato je sa tačnošću od  $\pm 0.0005$  dana.

Da bismo imali izvestnu ocenu statističkog značenja  $A_P$  koristili smo Šusterov (Shuster) kriterijum (Kendal M.G., 1946):

$$Q \left\{ \overline{S(\omega)} \geq k \frac{\epsilon_T^2}{2\pi} \right\} = e^{-k} \quad (7.27)$$

Ako je  $\tau$  ( $\tau_3$  ili  $\tau_4$ ) slučajna promenljiva koja se pokorava normalnom, Gausovom, zakonu, verovatnoće sa srednjom vrednošću nula i disperzijom  $\epsilon_T^2$ ,  $Q$  predstavlja verovatnoću da spektralna gustina bude veća ili jednaka  $k \frac{\epsilon_T^2}{2\pi}$ . Ova verovatnoća odnosi se na jedno slučajno izabrano  $S(\omega)$ .

Verovatnoću  $Q'$  da u celom skupu bar jedno  $S(\omega)$  bude veće ili jednako  $k \frac{\epsilon_T^2}{2\pi}$  računali smo pomoću Volkerove (Walker) formule:

$$Q' \left\{ \overline{S(\omega)} \geq k \frac{\epsilon_T^2}{2\pi} \right\} = 1 - (1 - e^{-k})^n \quad (7.28)$$

$n$  je broj članova pomenutog skupa koji je u našem slučaju jednak 200.

Pomoću jednačina 7.27 i 7.28 izračunali smo  $Q$  i  $Q'$  za nekoliko amplituda  $A_P$ . Pritom koristili smo poznatu relaciju između  $A_P$  i  $S(\omega)$ . Rezultati su sledeći:

$A_P$	$Q'$	$Q$
0.00020	1.000	0.1496
25	1.000	0.0518
30	0.942	0.0140
35	0.458	0.0030
40	0.100	0.0005
45	0.014	0.0001
50	0.000	0.0000

Iz gornjih rezultata vidimo da sa verovatnoćom od samo 0.10 ili, u procentima, od 10% bar jedno  $S(\omega)$  će preći iznos koji odgovara amplitudi  $A_P = 0.00040$ . Drugim rečima, sa verovatnoćom od 90% nijedno  $S(\omega)$  neće preći iznos koji odgovara  $A_P = 0.00040$ .

Promenljiva  $Q$  predstavlja verovatnoću da dato  $A_P$  može rezultirati iz slučajnih zbivanja, tj. da je slučajnog porekla.

Tačnost računatih amplituda ocenili smo polazeći od toga

da je srednja kvadratska greška  $\tau_3$  ili  $\tau_4$   $\epsilon_T = 3.1$  ms, a njihov ukupan broj  $2P = 1820$ .

Veoma lako može se pokazati da je srednja kvadratska greška amplitude računata metodom Furijeja  $\epsilon_A$  jednaka:

$$\epsilon_A = \epsilon_T : \sqrt{N+1}.$$

Ovom formulom dobili smo  $\epsilon_A = \pm 0.00010$ .

Harmonijski članovi iz tablica 7.3 i 7.4 često predstavljaju „rezultante“ više talasa koji, zbog ograničene selektivnosti metoda, nisu mogli biti razdvojeni. Da bismo imali sliku o tome koje sve „komponente“ učestvuju u formiranju datoga pika, za svako P računali smo  $\Delta P$  takvo da svaki drugi harmonijski član čija je perioda veća od  $P + \Delta P$  i manja od  $P - \Delta P$  ne može u P imati komponentu koja bi bila veća od 10% njegove amplitude.

Na osnovi jednačina 7.9-7.12 može se dokazati da se uticaj susednog člana čija je ugaona brzina  $\omega_{j+1}$  i amplituda  $A_{j+1}$  na amplitudu člana čija je ugaona brzina  $\omega_j$  može izračunati pomoću jednačine:

$$\Delta A_j = A_{j+1} \frac{\sin L(\omega_{j+1} - \omega_j)}{L(\omega_{j+1} - \omega_j)} \quad (7.29)$$

Poslednja jednačina važi pri uslovu:

$$L(\omega_{j+1} + \omega_j) \gg 1.$$

U svim slučajevima koji će nas interesovati u ovome radu taj uslov biće zadovoljen.

Funkcija  $R(\lambda) = \sin \lambda / \lambda$  ima najveći maksimum za  $\lambda = 0$  i niz sekundarnih maksimuma čije amplitude uniformno opadaju kada  $\lambda \rightarrow \infty$ . Maksimum čija amplituda iznosi 10% od amplitude najvećeg ima apscisu  $\lambda = 6.366\pi/2$ . Napomenućemo još da uslovu  $\lambda \gg 3$  odgovara relacija:

$$\Delta P \approx 3P^2/2L \quad (7.30)$$

Iz gornje relacije računali smo  $\Delta P$  koje odgovara jednakosti leve i desne strane poslednje relacije. To  $\Delta P$ , odgovarajuće P (iz tablica 7.3 i 7.4), teorijske periode i amplitude ( $P_T$  i  $A_T$ ) zonskih (Z) i tesimalnih (T) plima dajemo u tablici 7.5.

$P_T$  i  $A_T$  su pozajmljeni iz jednoga rada P. Melkiora (Melchior P., 1971).

$A_T$  je izraženo u jedinicama Dudsonove (Doodson) konstante G.

Pošto se neki intervali preklapaju, tačkicama su označena mesta na kojima bi trebali da budu  $P_T$  i  $A_T$  koji su već ranije

dati za neki od prethodnih intervala.

$N$  označava IAU nutaciju koja ima istu periodu kao i data tesimalna plima. Sa  $p$  smo označili jednu, dve, itd. glavnih zonskih plima koje odgovaraju datom intervalu  $P \pm \Delta P$ .

Da bismo mogli proceniti još i to koliko pojedine teorijske plime utiču na formiranje datoga pika, za izvestan broj perioda  $P$  računali smo sa koliko procenata ( u odnosu na sopstvenu amplitudu) jedan harmonijski član čija je perioda  $P + \Delta P$  ili  $P - \Delta P$  učestvuje u amplitudi pika koji ima apscisu  $P$ . Rezultati su sledeći:

P:	5	10	15	20	25	30	35	40
$\Delta P$ :								
0.1	3	10	24	70	87	93	96	98
0.2	2	8	18	8	54	74	87	91
0.3	1	6	13	21	16	50	70	81

$P$  i  $\Delta P$  izraženi su u danima.

Iz poslednje tablice jasno se vidi sa kojom brzinom opada selektivnost metode pri rastu periode  $P$ . Tako, naprimer, za  $P=5$  i  $P=0.3$  dana medjusobni uticaj harmonijskih članova je svega 1%, dok za isto  $\Delta P$  i  $P=40$  dana taj uticaj je 81%.

Čak i letimičan pregled rezultata iz tablice 7.5 dovoljan je da se uoče dva intervala u kojima je identifikovan (eksperimentalno) izvestan broj harmonijskih članova, ali u tim intervalima nema nijedna teorijska plima.

Pomenuti intervali su: 2.985-6.672 dana i 15.956-22.370 dana.

Nedovoljno poznavanje unutrašnje strukture Zemlje i, naročito, dinamičkih efekata tačnog Zemljinog jezgra predstavlja ju glavni razlog zbog koga teorija nije sasvim usaglašena sa rezultatima posmatranja. Bi smatramo da bi odsustvo teorijskih plima u pomenuta dva intervala moglo biti objašnjeno time što teorije plima baziraju na modelima koji nisu dovoljno realni.

Sa stanovišta slučajnih grešaka nikako se ne može objasniti pomenuti nesklad između teorije i posmatranja. Ako čak i sa velikom rezervom gledamo na kriterijume Šustera i Volkera, harmonijski članovi iz pomenuta dva intervala ne mogu se smatrati slučajnim događajima.

Koristeći neke rezultate iz tablica 7.3 i 7.4 računali

T A B L I C A 7.3

Harmonijski članovi koji su identifikovani u reziduima  $\tau_3$ . P je izraženo u danima,  $A_F$  i  $A_G$  u  $0^{\text{S}}.0001$ .

P	$A_F$	$A_G$	P	$A_F$	$A_G$
4.4	23	19	21.6	24	29
6.6	23	32	22.6	37	29
7.081	35	32	23.0	39	32
8.4	18	22	24.8	22	21
9.121	30	28	26.0	31	29
11.0	32	34	26.6	32	25
12.6	27	30	27.667	45	59
13.661	120	120	30.2	31	38
14.192	63	62	31.664	35	35
14.765	49	52	33.0	24	25
15.8	25	28	35.2	25	21
16.8	31	31	36.8	27	32
18.8	27	27	38.0	27	22
20.8	30	32	39.2	23	19

T A B L I C A 7.4

Harmonijski članovi koji su identifikovani u reziduima  $\tau_4$ . P je izraženo u danima,  $A_F$  i  $A_G$  u  $0^{\text{S}}.0001$ .

P	$A_F$	$A_G$	P	$A_F$	$A_G$
3.0	23	32	17.8	32	28
4.0	22	29	18.8	38	27
4.4	27	19	20.0	23	29
5.4	28	40	21.2	37	37
6.846	47	49	22.2	36	45
7.0	22	20	23.0	42	42
7.6	21	20	23.4	25	19
9.121	30	29	24.0	24	25
9.557	28	37	25.0	40	32
10.085	27	26	25.4	29	15
11.0	32	41	26.6	40	37
11.8	23	24	27.667	86	93
12.6	29	37	29.2	36	31
13.2	41	35	29.934	48	46
13.661	120	116	31.961	38	47



T A B L I C A 7.4 (nastavak)

P	A <sub>P</sub>	A <sub>G</sub>	P	A <sub>P</sub>	A <sub>G</sub>
14.192	51	51	32.764	34	28
14.765	54	57	36.6	26	35
16.4	36	50	38.0	60	72
17.2	56	56			

T A B L I C A 7.5

P	P <sub>±</sub> ΔP	P <sub>T</sub>	A <sub>T</sub>	Primedbe
3.0	2.985-3.015			
4.0	3.974-4.026			
4.4	4.368-4.432			
5.4	5.352-5.448			
6.6	6.528-6.672			
6.846	6.770-6.922	6.846	16	Z
		6.852	164	Z p
		6.859	396	Z p
		6.852	180	T N
		6.859	955	T N
7.0	6.919-7.081	6.961	- 7	Z
		6.991	7	Z
		7.081	18	Z
		6.961	- 16	T
		6.976	- 11	T
		6.991	15	T
7.081	7.000-7.162	7.081	18	Z
		7.088	200	Z p
		7.096	483	Z p
		7.127	24	Z
		7.088	218	T N
		7.096	1153	T N
7.6	7.500-7.700			
8.4	8.284-8.516			
9.121	8.984-9.258	9.045	- 5	Z
		9.057	- 11	Z

## T A B L I C A 7.5 (nastavak)

P	$P \pm \Delta P$	$P_T$	$A_T$	Primedbe
		9.108	114	Z
		9.121	1240	Z p
		9.133	2995	Z p
		9.172	- 8	Z
		9.172	- 9	Z
		9.184	54	Z
		9.057	- 28	T
		9.108	- 42	T N
		9.121	1360	T N
		9.133	7216	T N
		9.184	- 19	T
9.557	9.427-9.707	9.531	21	Z
		9.543	235	Z p
		9.557	569	Z p
		9.600	- 14	Z
		9.614	213	Z
		9.627	22	Z
		9.543	258	T
		9.557	1371	T N
		9.614	- 78	T N
		9.627	24	T
10.085	9.920-10.250	10.085	41	Z
		10.085	- 14	T
11.0	10.800-11.200			
11.8	11.570-12.030			
12.6	12.338-12.862	12.663	- 6	Z
		12.787	- 18	Z
		12.810	- 47	Z
		12.663	- 17	T
		12.787	- 20	T
		12.810	- 113	T N
13.2	12.913-13.487	13.143	- 14	Z
		13.168	- 54	Z

T A B L I C A 7.5 (nastavak)

P	$P_{\pm} \Delta P$	$P_T$	$A_T$	Primedbe	
		13.276	- 7	Z	
		13.143	- 15	T	
		13.168	- 130	T	N
13.661	13.351-13.971	13.579	- 14	Z	
		13.606	605	Z	p
		13.663	6482	Z	p
		13.661	15645	Z	p
		13.749	- 44	Z	
		13.777	676	Z	
		13.805	- 36	Z	
		13.606	- 218	T	N
		13.663	7105	T	N
		13.661	37689	T	N
		13.777	- 243	T	N
		13.805	- 40	T	N
14.192	13.829-14.495	14.162	10	Z	
		14.192	46	Z	
		14.192	- 16	Z	
		14.254	- 7	Z	
		14.317	9	Z	
		14.162	12	T	
		14.192	115	T	N
14.765	14.404-15.126	14.632	- 9	Z	
		14.733	- 87	Z	
		14.765	1366	Z	p
		14.797	98	Z	
		14.632	- 491	T	
		14.733	- 21	T	N
		14.765	14	T	N
		14.797	107	T	N
15.8	15.388-16.212	15.387	90	Z	
		15.906	26	T	N
		15.387	- 33	T	N

T A B L I C A 7.5 (nastavak)

P	$P \pm \Delta P$	$P_T$	$A_T$	Primedbe
16.4	15.956-16.844			
16.8	16.334-17.266			
17.2	16.712-17.688			
17.8	17.277-18.323			
18.8	18.217-19.383			
20.0	19.340-20.660			
20.8	20.086-21.514			
21.2	20.458-21.942			
21.6	20.830-22.370			
22.2	21.387-23.443	22.469	- 6	Z
		22.469	- 14	T
23.0	22.127-23.873	.....		
		23.775	- 11	Z
		23.858	- 59	Z
		23.858	- 63	T
23.4				
24.0	22.496-25.382	.....		
24.4		23.942	- 116	Z p
		23.942	- 278	T N
24.8				
25.0	23.785-25.815	.....		
		25.622	- 43	Z
		25.622	15	T N
25.4				
26.0	24.336-27.115	.....		
		26.878	- 49	Z
		26.985	- 180	Z
		27.093	- 441	Z p
		26.878	17	T N
		26.985	- 197	T N
		27.092	- 1065	T N

T A B L I C A 7.5 (nastavak)

P	P <sub>±</sub> ΔP	P <sub>T</sub>	A <sub>T</sub>	Primedbe	
26.6	25.432-27.768	.....			
		27.443	- 535	Z	p
		27.555	8255	Z	p
		27.667	- 542	Z	p
		27.443	85	T	N
		27.555	-2964	T	N
27.667	26.401-28.933	.....			
		27.780	7	Z	
		27.780	17	T	N
29.2					
29.9	27.793-31.705	29.263	- 11	Z	
		29.531	- 46	Z	
		29.673	- 5	Z	
		29.803	50	Z	
		29.934	- 5	Z	
		31.664	- 101	Z	
		29.531	16	T	N
		29.803	- 18	T	N
31.961	30.281-33.641	.....			
		31.812	1579	Z	p
		31.961	- 113	Z	p
		32.606	- 16	Z	
		32.764	- 6	Z	
		31.812	- 566	T	N
32.8	31.025-34.797	.....			
		33.0	34.669	- 5	Z
35.2	33.156-37.244	.....			
		34.847	67	Z	
		35.026	- 5	Z	

T A B L I C A 7.5 (nastavak)

P	$P_{\pm} \Delta P$	$P_T$	$A_T$	Primedbe
		34.847	- 24	T N
36.6	34.399-39.034	.....		
36.8				
38.0	35.750-40.250			

smo Lovov broj  $k$  i kombinaciju  $\Lambda = 1+k-\lambda$ . U narednim redovima ukratko ćemo izložiti metode koje smo u tom cilju koristili kao i rezultate koje smo dobili.

Zbog forsirane nutacije sa argumentom  $2\ell - S$  i zbog skretanja vertikala, uzrokovanih plimom tipa  $O_1$ , svetsko vreme varira u odnosu na uniformni sistem za  $\Delta t$  koje, obzirom na jednačine 7.19 i 7.22, može da se izračuna iz relacije:

$$\Delta t(O_1) = 0^s000\ 556 \operatorname{tg} \varphi (\Lambda + \frac{213}{556}) \cos(2(\ell - S)). \quad (7.31)$$

Astronomska posmatranja iz kojih računamo TUC-TUC za datu posmatračku noć traju od jedan do desetak časova. Zbog toga će posmatrana amplituda  $\Delta t(O_1)$  biti manja od one koju bismo dobili kad bi posmatranja bila trenutna. Redukcioni faktor je  $f = \sin \frac{\Delta S}{2} / \frac{\Delta S}{2}$  gde je  $\Delta S$  interval posmatranja izražen u zvezdanim danima.

Iz istog razloga i amplituda  $\Delta u(M_2)$  će biti redukovana. Redukcioni faktor je  $g = \sin \Delta S / \Delta S$ .

Vodeći računa o težinama opservatorija, za period 1967-1970. našli smo da na "srednjoj" opservatoriji posmatranja traju prosečno 0.206 dana. Prema tome,  $1/f = 1.073$  i  $1/g = 1.345$ .

Da bismo eliminisali efekat trajanja posmatranja, posmatrane amplitude  $\Delta t(O_1)$  i  $\Delta u(M_2)$  treba pomnožiti sa  $1/f$  i  $1/g$ .

Ako za definitivne usvojimo srednje rezultate dobijene iz  $\mathcal{T}_3$  i  $\mathcal{T}_4$  metodama Furijea i Džibsa, posle njihova množenja sa  $1/f$ , odnosno, sa  $1/g$ , amplitude pomenutih varijacija svetskog vremena biće:

$$\Delta t_p(O_1): 0^s000\ 612 \text{ i}$$

$$\Delta u_p(M_2): 0^s000\ 713.$$

Indeks  $p$  označava da se radi o posmatranim veličinama.

Košto je za "srednju" opservatoriju  $\varphi = 38^\circ 30'$  i  $\operatorname{tg} \varphi = 0.804$ , iz uporedjenja  $\Delta t_p(O_1)$  i  $\Delta t(O_1)$  i iz uporedjenja  $\Delta u_p(M_2)$  i  $\Delta u(M_2)$  dobijamo sledeće vrednosti  $\Lambda = 1+k-\lambda$  :

$$\text{iz } \Delta t(O_1) \dots\dots\dots 0.807 \text{ i}$$

$$\text{iz } \Delta u(M_2) \dots\dots\dots 0.675.$$

Iz velikog broja posmatranih latituda na opservatorijama: Micisava, Karloforte, Jukaja, Gaitersburg, Čaržuj, Cincinnati, La-Plata, Grinič, Vašington, Pulkovo, Poltava, Babelsberg, Pino-Torines i Tokio, Pol Melkior (Melchior P., 1966) je kao najverovatniju vrednost dobio  $\Lambda = 1.13$ . Međutim, treba istaći da je disperzija  $\Lambda$  og-

romna. Tako je, naprimer,  $\Lambda_{\min}=0.25$  dok je  $\Lambda_{\max}=2.23$ .

Lovov broj računali smo iz plimskih ubrzanja tipa  $M_f$  i  $M_m$ . Pošto je dati posmatrački interval kratak da bismo mogli razdvojiti plimska ubrzanja sa argumentima  $2Q$ ,  $2Q-d$  i  $2Q-2d$ , a, ta-  
kodje, i ubrzanja sa argumentima  $M$ ,  $M+d$  i  $M-d$  možemo, s obzi-  
rom na jednačinu 7.25, izvesti sledeće relacije:

$$\begin{aligned} \Delta u(M_f) = & +0^{\circ}00249 k \sin 2Q + \\ & +0^{\circ}00103 k \sin(2Q - d) + \\ & +0^{\circ}00010 k \sin(2Q - 2d) \quad \text{i} \quad (7.32) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta u(M_m) = & +0^{\circ}00265 k \sin M - \\ & -0^{\circ}00017 k \sin(M+d) - \\ & -0^{\circ}00017 k \sin(M-d). \quad (7.33) \end{aligned}$$

Pošto longitudu uzlaznog čvora Mesečeve putanje  $d$  ne možemo smatrati konstantnom za ceo posmatrački interval ( $d_{1967,0} = 43^{\circ}3$ ,  $d_{1969,0} = 355^{\circ}0$  i  $d_{1972,0} = 306^{\circ}6$ ),  $\Delta u(M_f)$  i  $\Delta u(M_m)$  predstavili smo jednačinama:

$$\Delta u(M_f) = n k \sin(2Q - N) \quad \text{i} \quad (7.34)$$

$$\Delta u(M_m) = n_1 k \sin(M - N_1). \quad (7.35)$$

Pomoćne promenljive  $n, n_1, N$  i  $N_1$  definisane su jednači-  
nama:

$$\begin{aligned} n \sin N = & 0^{\circ}00103 \sin d + 0^{\circ}00010 \sin 2d, \\ n \cos N = & 0^{\circ}00249 + 0^{\circ}00103 \cos d + 0^{\circ}00010 \cos 2d, \\ n_1 \sin N_1 = & 0 \quad \text{i} \\ n_1 \cos N_1 = & 0^{\circ}00265 - 0^{\circ}00034 \cos d. \end{aligned}$$

Da bismo uzeli u obzir efekat osrednjavanja, u posled-  
nje 4 jednačine  $\sin d$ ,  $\cos d$ ,  $\sin 2d$  i  $\cos 2d$  treba zameniti sa:

$$\begin{aligned} \sin d & = \sin \frac{\Delta d}{2} / \frac{\Delta d}{2} & \sin d_m & = 0.899 \sin d_m, \\ \cos d & = \sin \frac{\Delta d}{2} / \frac{\Delta d}{2} & \cos d_m & = 0.899 \cos d_m, \\ \sin 2d & = \sin \Delta d / \Delta d & \sin 2d_m & = 0.589 \sin 2d_m \quad \text{i} \\ \cos 2d & = \sin \Delta d / \Delta d & \cos 2d_m & = 0.589 \cos 2d_m. \end{aligned}$$

$\Delta d$  je promena  $d$  koja iznosi 1.687 radijana, a  $d_m$  je sred-  
nja vrednost  $d$  za koju smo uzeli  $d_m = d_{1969,5}$ , tj vrednost  
za sredinu našeg posmatračkog intervala.

Posle gornjih korekcija jednačine 7.34 i 7.35 postaju:

$$\Delta u(M_f) = 0^{\circ}00347 k \sin(2Q + 1^{\circ}5) \quad \text{i} \quad (7.37)$$

$$\Delta u(M_m) = 0^{\circ}00235 k \sin(M + 0^{\circ}0). \quad (7.38)$$

Poslednje dve jednačine daju teorijske srednje iznose



plimskih ubrzanja tipa Mf i Mm za period:1967-1971. godina.

Ako uporedimo srednje amplitude talasa Mf i Mm iz tablica 7.3 i 7.4 i njihove teorijske iznose date u jednačinama 7.37 i 7.38, za Lovov broj dobijamo sledeće vrednosti:

	k
iz Mf .....	0.440
iz Mm .....	0.301.

Kao što vidimo, k koje smo odredili iz plimskog ubrzanja Mm veoma je blisko iznosima koje su dobili Gino ( Guinot B.,1970) i Pilnik(Pilnik G.P.,1970) iz analize periodičnih varijacija u brzini Zemljine rotacije kao i vrednostima dobijenim iz najsavremenijih odredjivanja geofizičkim metodama (Melchior P.,1971a).

Što se tiče broja  $\Lambda = 1+k-2$ , verovatno je da razlika iznosa dobijenih iz širinskih posmatranja i onih koje smo mi dobili potiče od velikih grešaka posmatranja.

Rezultat koji je dobio Gubanov (Gubanov V.S.,1966)  $\Lambda = 0.846$  je bliži rezultatima koje smo mi dobili.

Na kraju smatramo da je interesantno istaći i činjenicu da se  $\Lambda$  dobijeno iz posmatranja latituda na kontinentalnim stanicama sistematski razlikuje od  $\Lambda$  odredjenog iz posmatranja na stanicama pri obalama mora i okeana. Dakle, nije sasvim isključeno da razlika naših rezultata i onoga koji je dobio Pol Melkior ( $\Lambda = 1.13$ ) ima odredjeno fizičko objašnjenje.

#### L i t e r a t u r a

- Djurović D et Melchior P.(1972): Recherche des termes de marée dans les variations de la vitesse de rotation de la Terre. Bulletin de l'Accadémie des Sciences Belge, , .
- Fedorov E.P.(1958): Mutacija i vinuždenoje dviženie poljusov Zemli po dannim širotnih nabljudenij.Kijev, 1958.
- Guinot B.(1970): Short Period Terms in Universal Time. Astronomy and Astrophysics,8.
- Gubanov V.S.(1966): Amplitudi i fazi voln  $M_2$  i  $O_1$  v prilivnom kolebanii otvesnoi linii po rezultatam nabljudenij služb vremeni v Pulkove,Griniče i Tokio. Astronomičeskij žurnal,43,2.

- Gubanov V.S.(1969): Prilivne deformacii i dvuhnedelnaja nutacija Zemli po rezultatam pjati služb vremeni. *Astronomičeskij žurnal*, 46, 3.
- Jeffreys H.(1928): Possible Tidal Effects on Accurate Time-keeping. *Monthly Notices Royal Astronomical Society*, *Geophysical Supplement* 2, 1.
- Jeffreys H.(1952): *The Earth*. Cambridge University Press.
- Melchior P.(1971): Precessions-Nutations and Tidal Potential. *Celestial Mecanics*, 4, 2.
- Melchior P.(1971a): Rapport sur les marées terrestres. *Assemblée Générale UGGI*, Moskva, 1971.
- Melchior P.(1966): *The Earth Tides*. Pergamon Press, Oxford-London-Edinbourg-New-York-Paris-Frankfurt.
- Kendal M.G.(1946): *The Advanced Theory of Statistics*, 2, London.
- Molodenskii M.S.(1961): Zemnie prilivi i nutacija Zemli. AN SSSR.
- Pilnik G.P.(1970): Astronomičeskije nabljudenija zemnih prilivov. *Izvestija AN SSSR, Fizika Zemli*, 3.
- Woolard E.(1953): Theory of the Rotation of the Earth around its Center of Mass. *Astr.Pap.Amer.Ephemer. and Nautical Almanah*, 15, part I.
- Woolard E.(1959): Inequalities in Mean Solar Time from Tidal Variations in the Rotation of the Earth. *Astronomical Journal*, 64, 140.

### 3. PERIODIČNE PROMENE LATITUDA.

Da bismo ispitali postoje li u koordinatama pola harmonijski članovi sa periodama između 10 i 40 dana analizirali smo dve funkcije:  $x_u$  i  $y_u$ . Primenjene su metode Furijea i Džibsa sa priraštajem periode  $dP=0.2$  dana.

Rezultati koje smo dobili (tablica 8.1) predstavljaju činjenice iz kojih zaključujemo da u domenu između 10 i 40 dana nema periodičnih varijacija koordinata pola čija bi amplituda bila veća od  $0^{\circ}003$ . Amplitude identifikovanih pikova su toliko male da bi se mogle objasniti slučajnim efektima.

Srednje kvadratske greške  $x_u$  i  $y_u$  približno su jednake  $\epsilon(x_u) \approx \epsilon(y_u) \approx \pm 0^{\circ}018$ . Ukupan broj članova u svakoj od dve serije je  $2N=364$ . Prema tome, srednja kvadratska greška amplitude  $\epsilon(A) = \epsilon(x_u)/\sqrt{N+1}$ , odnosno,  $\epsilon(A) = \epsilon(y_u)/\sqrt{N+1}$ . Iz poslednjih relacija dobijamo:  $\epsilon(A) = \pm 0^{\circ}0014$ .

Sve amplitude u tablici 8.1 manje su od  $2\epsilon(A)$  što potvrđuje našu gornju pretpostavku o slučajnom poreklu datih pikova.

M. Fejssel i drugi (Feissel M. et al., 1972) smatraju da su u koordinatama pola  $x_0$  i  $y_0$  identifikovali periodične članove od 16.2 dana (u  $x_0$ ) i od 15.5 dana (u  $y_0$ ). Njihove amplitude su  $0^{\circ}006$ .

U spektrima  $x_u$  i  $y_u$  ima jedan pik za  $P=15.4$  dana, ali njegova amplituda je veoma mala. Za  $P=16.4$  pik ne postoji. Mi smatramo da pomenuti članovi koje su našli M. Fejssel i drugi ne postoje objektivno i predstavljaju ili slučajne rezultate, ili su podharmonike drugih harmonijskih članova.

U intervalu perioda između 60 i 900 dana analizirali smo, pored  $x_u$  i  $y_u$ , još i  $x_0$  i  $y_0$ . Imajući u vidu, kao jedan od osnovnih ciljeva, tačnije određivanje glavnih harmonijskih članova (Čendlerovog i godišnjeg) obradili smo  $x_0$  i  $y_0$  za period od 6 godina: 1966-1971.

Posle eliminacije eventualnog progresivnog člana (koji je određen metodom najmanjih kvadrata) dobili smo rezidue čiji su spektrogrami predstavljeni na slikama 8.1 i 8.2.

Amplitude A i periode P identifikovanih pikova (metodom Furijea) date su u tablici 8.2.

Pošto znamo da je selektivnost korišćenih analitičkih me-

T A B L I C A 8.1

Amplitude A( u 0'0001) i periode P( u danima) harmonijskih članova identifikovanih u  $x_u$  i  $y_u$ .

funkcija: $x_u$		funkcija: $y_u$	
P	A	P	A
15.4	11	14.2	11
16.8	12	15.4	14
19.6	16	16.4	13
20.6	14	20.6	12
21.6	20	22.8	12
24.0	16	24.2	15
24.6	18	24.8	15
25.0	16	26.6	14
26.0	16	28.2	16
27.2	18	29.8	26
28.0	20	31.2	18
31.2	16	33.4	14
33.8	15	35.4	26
36.4	17	38.8	20

T A B L I C A 8.2

Amplitude A(u 0'0001) i periode P( u danima) harmonijskih članova identifikovanih u  $x_u, x_o, x_c$  i  $y_o$ .

$x_u$		$x_o$		$x_c$		$y_o$	
P	A	P	A	P	A	P	A
90	41	98	87	86	37	102	55
96	53	104	61	100	56	114	57
102	46	112	69	108	48	118	61
108	50	118	108	114	52	126	71
114	55	130	94	124	33	138	92
122	52	138	118	138	63	148	38
130	83	146	87	152	60	158	62
140	103	156	122	166	118	168	60
154	79	168	97	184	56	182	65
168	95	180	198	212	178	196	67
186	206	196	173	277	260	212	145
212	203	217	231	362	982	237	148

T A B L I C A 8.2 (nastavak)

P	A	P	A	P	A	P	A
242	162	237	164	412	1309	262	197
277	275	262	316	-	-	297	326
362	982	297	407	-	-	352	941
412	1168	352	1010	-	-	442	1203
692	304	442	1108	-	-	632	528
-	-	602	499	-	-	-	-

T A B L I C A 8.3

$x_u$	102	114	122	140	154	185
$x_o$	104	112	118	138	156	180
$y_u$	100	114	124	138	152	184
$y_o$	102	114	118	138	158	182
$P_m$	102	114	120	138	155	183
$A_m$	0:0054	0:0058	0:0064	0:0094	0:0081	0:0131
$A'_m$	24	36	36	48	48	72
$x_u$	212	242	277	362	412	692
$x_o$	217	237	297	352	442	602
$y_u$	212	-	277	362	412	-
$y_o$	212	237	297	352	442	632
$P_m$	213	239	287	357	427	642
$A_m$	0:0189	0:0158	0:0317	0:0979	0:1197	0:0444
$A'_m$	84		156	263		263

toda ograničena ( ovo pitanje detaljnije je razmotreno u paragrafu 7.3), lako zaključujemo da se izvestni rezultati iz tablice 8.2 mogu odnositi na iste harmonike, bez obzira što su za periode dobijeni rezultati koji se nešto malo razlikuju. Prema tome, verovatno je da se periode mogu grupisati kao što je pokazano u tablici 8.3.

S obzirom na to da za većinu članova iz tablica 8.2 i 8.3 ne postoje teorijska objašnjenja, logično je postaviti pitanje da li oni predstavljaju podharmonike godišnjeg i Čendlerovog člana.

Funkcija  $R(\lambda) = \sin \lambda / \lambda$ , gde je  $\lambda = L(\omega_{j+1} - \omega_j)$  im ekstremume za  $\lambda = 4.49, 7.72, 10.91, \dots$  radijana. Ako uzmemo da je  $L=910$  dana i Čendlerova perioda  $P=1.208$  godina (melchior P., 1954), apscise ekstremuma biće za sledeće iznose P: 676(0.22), 329(0.22), 277(0.13), 240(0.09), 212(0.07), 189(0.06), 172(0.05), 157(0.04), 144(0.04), 134(0.03), 124(0.03), 117(0.03), 109(0.03), 103(0.02) ...

Brojevi u zagradama su amplitude funkcije  $R(\lambda)$  za dato P.  $P_m$  i  $A_m$  u tablici 8.3 su srednje periode i amplitude, a  $A'_m$  je isto što i  $\Delta A_j$  iz jednačine 7.29 koje se odnosi na Čendlerov član. Za amplitudu poslednjega usvojili smo  $A=0.1197$  (tablica 8.3)

Prema aproksimativnoj proveni, baziranoj na  $A'_m$  iz tablice 8.3, 50%  $A_m$  može da se objasni uticajem Čendlerovog člana. Iz razumljivih razloga, zaključujemo da ostatak ima poreklo u godišnjem članu.

U tablici 8.2, između ostalih, zapažamo član koji odgovara skoro dnevnoj nutaciji Molodenskog koja reprodukuje varijaciju latituda sa periodom od 204 srednja dana.

Molodenski je računao ovu nutaciju za dva modela Zemlje. Periode koje im odgovaraju razlikuju se za 2 sekunde.

Jatskiv (Yatskiv) i Emec(Emetz) (Yatskiv Y.S., 1972) smatraju da su identifikovali skoro dnevnu nutaciju u latitudama posmatranim u Pulkovu u periodu između 1905. i 1941. godine i, takođe, u latitudama posmatranim u Vašingtonu između 1916. i 1940. godine. Oni su našli tri spektralne linije u pulkovskim posmatranjima: na 194,208 i 219 dana i tri linije u vašingtonskim posmatranjima: na 206,219 i 234 dana.

Primenjena je metoda spektralne analize Blekmana-Tjukija.

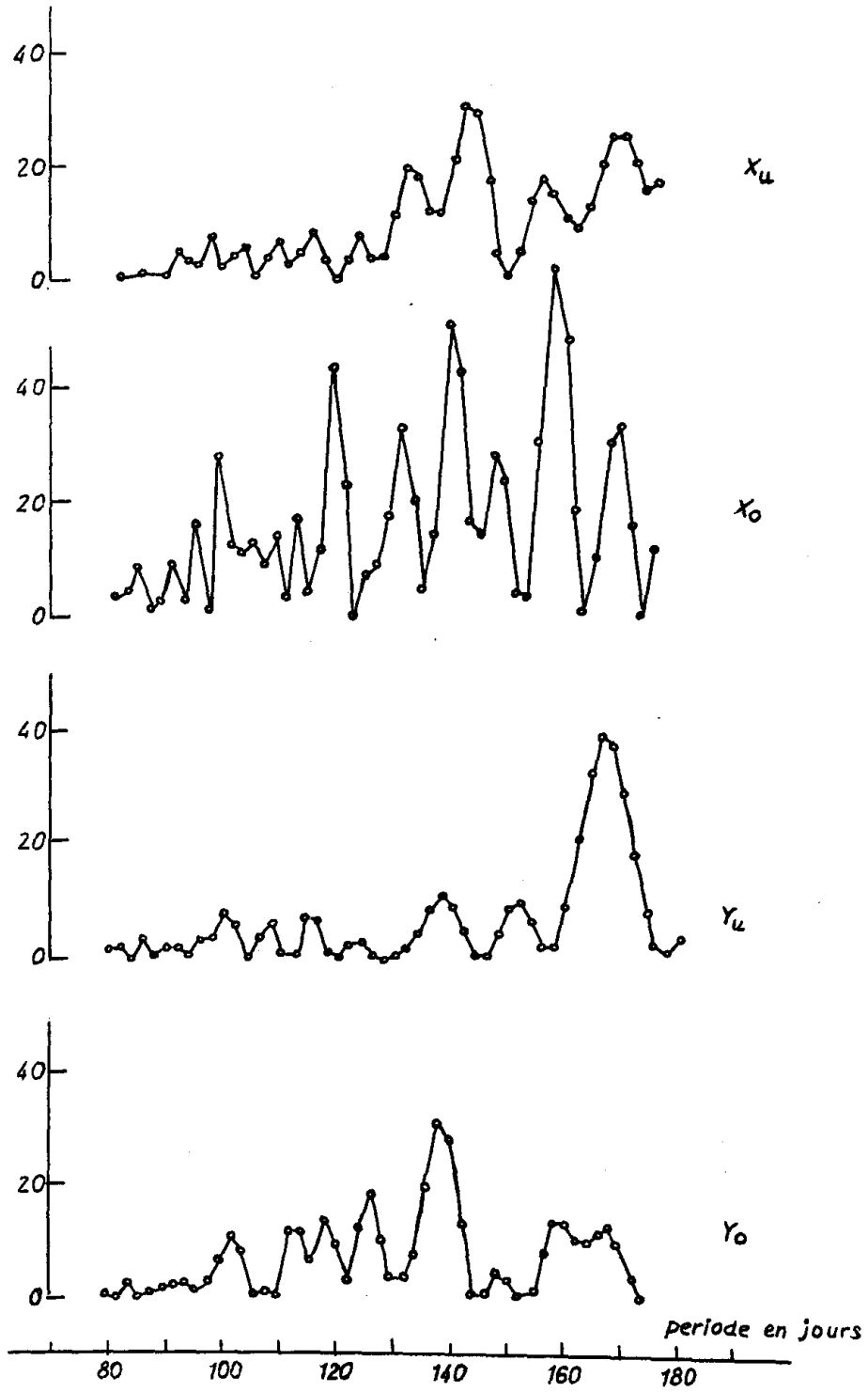


FIG. 8.1

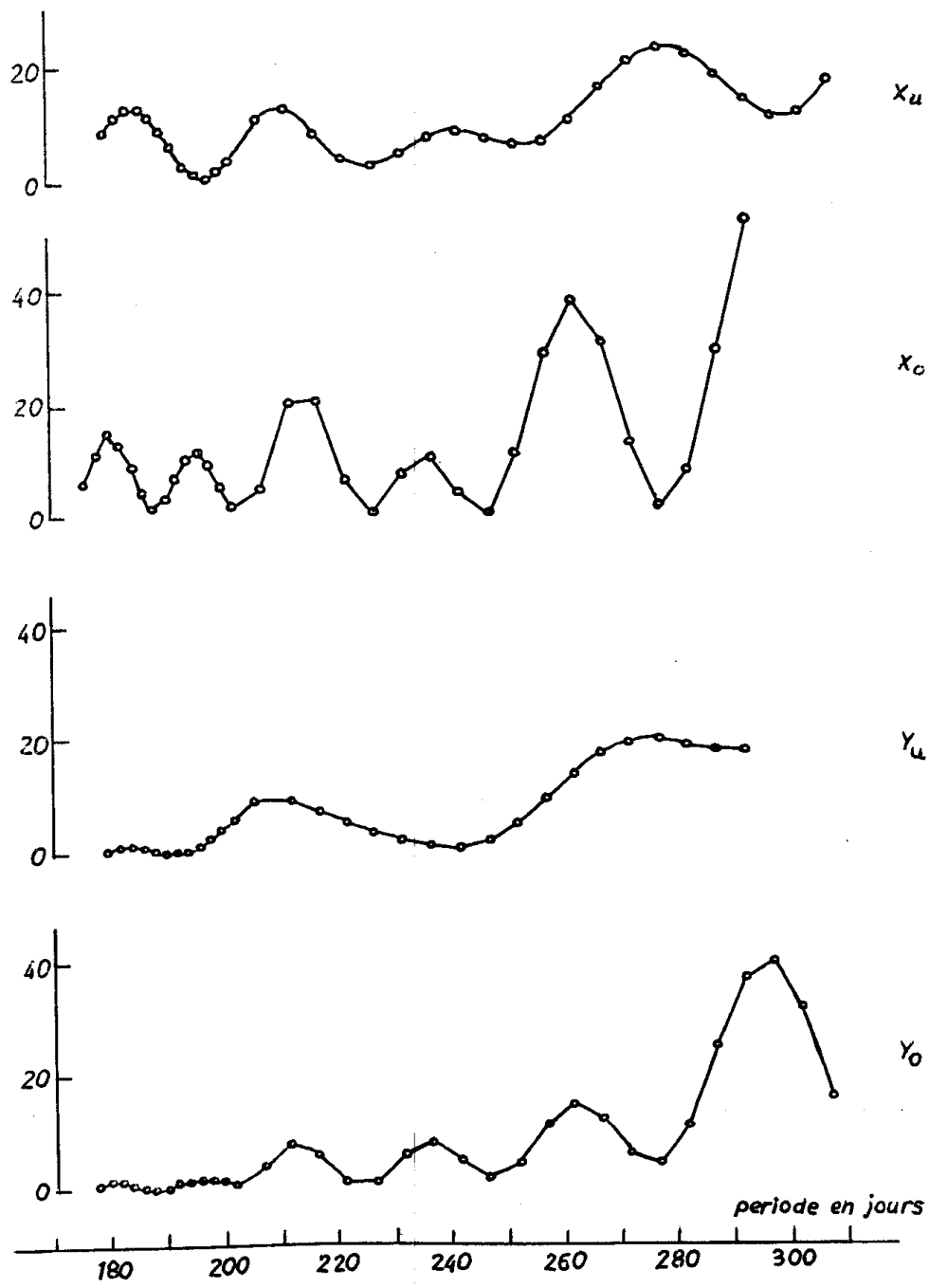


FIG. 8.2



Suzan Debarba (Débarbat S., 1969, 1970) smatra da je identifikovala skoro dnevnu nutaciju u rezultatima dobijenim iz posmatranja na astrolabu pariske opservatorije.

Iz citiranog rada Jatskiva pozajmili smo rezultate koje su drugi autori dobili za amplitudu varijacija širine sa periodom od 204 dana. Te rezultate dajemo u tablici 8.4.

T A B L I C A 8.4

Ckoro dnevna nutacija Molodenskog.

autor	amplituda u 0 <sup>o</sup> 001	posmatrački period	
Popov	12(1)	1939-1969	Poltava
Kulagin, Kovbasjuk	26(4)	1953-1962	Gorki
Thomas	6(5)	1958-1961	Grinič
Yatskiv	10(1)	1915-1929	Pulkovo
Débarbat	8(4)	1956-1963	Pariz
Kulagin, Kovbasj.	13(5)	1961.5-1965.5	Gorki
Yatskiv, Emetz	4(1)	1905-1941	Pulkovo
Yatskiv, Emetz	9(0)	1916-1940	Vašington
Sugawa, Ooe	5(3)	1955-1967	ILS

Brojevi u zagradama su  $\Delta A_j$  koji potiču od Čendlerovog člana.

Imajući u vidu relativni odnos između amplituda i  $\Delta A_j$  iz tablice 8.4 i znajući da i godišnji član, također, daje parazitske efekte skoro istoga iznosa kao i Čendlerov, zaključujemo da su za identifikaciju skoro dnevne nutacije potrebne dosta duge serije posmatranja.

Kada se kao cilj postavi identifikacija jednoga člana toliko male amplitude kao što je amplituda člana od 204 dana, po našem mišljenju, neophodno je striktno voditi računa o tome da periode godišnjeg, Čendlerovog i člana od 204 dana budu celobroj- ni delovi posmatračkog intervala. Ovaj dobro poznati uslov (uslov samerljivosti) je neophodan da bi se anulirao uticaj glavnih članova na član od 204 dana.

Pošto je 204 dana = 0.56 godina, intervali od  $42 \cdot n$  ( $n=1, 2, \dots$ ) zadovoljavaju gornji uslov.

Kao što se vidi iz podataka u tablici 8.4 taj uslov nije poštovan u citiranim radovima koji se odnose na član od

204 dana. Zbog toga smatrao da su dobijeni rezultati nedovoljno pouzdani. Tome u prilog, između ostalog, svedoče i velike razlike u iznosima faza.

Odredjivanje slobodne nutacije Zemljine ose rotacije i godišnjega člana na bazi  $x_u$  i  $y_u$ , teorijski strogo uzevši, nije preporučljivo jer, kao što znamo, te funkcije pokrivaju interval od svega 5 godina. Medjusobni uticaj poslednjih članova u amplitudi iznosi 15%. Medjutim, u paragrafu 4 videli smo da sistemat-ske razlike koordinata računatih iz različitih posmatranja mogu da sadrže periodične članove čije su amplitude i do nekoliko puta veće od medjusobnog uticaja Čendlerovog i godišnjeg člana. Zbog te činjenice smatrali smo da njihovo odredjivanje na bazi  $x_u$  i  $y_u$  ima izvestan praktični smisao.

Kao što smo ranije rekli,  $x_o$  i  $y_o$  pokrivaju interval od 6 godina, tj interval sa kojim su samerljive periode Čendlerovog i godišnjeg člana.

Za amplitudu i fazu godišnjeg (Aa i Fa) i Čendlerovog člana (Ac i Fc) dobili smo sledeće rezultate:

	Aa	Fa	Ac	Fc
$x_u$ .....	0°098	213.2	0°117	285.2
$x_o$ .....	.101	190.3	.111	315.1
$y_u$ .....	.098	311.7	.131	20.7
$y_o$ .....	0°094	107.2	0°120	55.9

Fa i Fc se odnose na  $t_o=1969.$  god., januar 0,12<sup>h</sup> TU(D.J.= 2440 222).

Iz ogromnog broja posmatranja na stanicama Međunarodne brze službe širina (Service International Rapide des Latitudes-SIR) i posmatranja na stanicama Međunarodne službe širina (SIL) obavijenih tokom 77 godina (između 1890. i 1966. godine) Ana Stojko (Stojko A., 1972) je dobila za Aa i Fa:

	Aa	Fa
x	0°087	113.1
y	0°067	204.4

Ovi rezultati se razlikuju od naših, s jedne strane, zbog nepolarnih periodičnih varijacija širina i , s druge strane, zbog uticaja Čendlerovog člana koji dolazi do većeg izražaja u našim rezultatima.

Što se tiče Čendlerove periode ili periode slobodne nutacije Zemljine ose rotacije, veliki broj autora (Labrouste H. et Labrouste Y., 1946., Melchior P., 1954., Nicolini T., 1949., Stoyko A., 1972., Yatskiv Y., 1965., itd) nalazi dve periode:  $P_1=1.20$  i  $P_2=1.17$  godina. Odgovarajuće amplitude sistematski se razlikuju. To se može lako uočiti na osnovi rezultata pomenutih autora, predstavljenih u tablici 8.5.

T A B L I C A 8.5

Slobodna nutacija Zemljine ose rotacije.

autor	$P_1$	$A_1$	$P_2$	$A_2$	posm. period
Labrouste	1.208	0°089	1.170	0°102	1900-1940
Melchior	.233	.087	.183	.162	1890-1950
Nicolini	.230	.072	.185	.136	1890-1948
Stoyko A.	.203	.096	.177	.153	1890-1965
Yatskiv	.215	.080	.165	.118	1891-1960
sred.vred.	1.218	0°085	1.176	0°134	

Analizirajući koordinate pola u odnosu na Međunarodni konvencionalni pol (OCI) -  $x_c, y_c$  koje su objavili Vicente i Jumi (Vicente R. and Yumi S., 1969) Mihajlov (Mihailov A.A., 1971) je došao do zaključka da se godišnje kretanje pola vrši po elipsi sa poluosama od 0°098 i 0°076, a Čendlerovo kretanje po elipsi sa poluosama: 0°125 i 0°120.

Ižima i Okazaki (Ijima S. and Okazaki S., 1972) obradili su  $x_c$  i  $y_c$  za period: 1955.5-1969.0 i dobili sledeće rezultate:

	$A_a$	$F_a$	$A_c$	$F_c$
$x_c$	0°104	229.3	0°166	170.7
$y_c$	0.078	229.2	0.170	83.0

$F_a$  i  $F_c$  su redukovani na 1969.0.

Za periodu slobodne nutacije iz  $x_c$  dobili su 1.193, a iz  $y_c$  1.190 godina.

Iz  $x_0$  i  $y_0$  za periodu i amplitudu Čendlerovog člana mi smo dobili rezultate veoma bliske srednjim iznosima  $P_1$  i  $P_2$ , odnosno,  $A_1$  i  $A_2$  iz tablice 8.5.

Amplitude Čendlerovog i godišnjeg člana koje smo izračunali iz  $x_u$  i  $y_u$  su skoro jednake vrednostima dobijenim iz  $x_0$  i  $y_0$ .

Ujedino smo za periodu Čendlerovog člana dobili manju vrednost. Verovatno objašnjenje ove činjenice je u uticaju godišnjega člana.

Ako rezimiramo sve činjenice iznete u ovom paragrafu, smatramo da možemo izvući sledeće zaključke:

1. U oblasti perioda između 10 i 40 dana koordinate pola ne sadrže harmonijske članove sa amplitudama za koje bismo bili sigurni da imaju sistematsko poreklo.

2. Između 60 i 900 dana spektri x i y sadrže relativno veliki broj ekstremuma od kojih većina predstavlja podharmonike godišnjeg i Čendlerovog člana.

3. Skoro dnevna nutacija koju je teorijski predvideo Molodenski nije identifikovana, uprkos činjenici da u spektrogramima x i y nalazimo odgovarajuće pikove.

Izvesni autori smatraju da su identifikovali skoro dnevnu nutaciju, ali moramo konstatovati da nisu vodili računa o međusobnom uticaju glavnih harmonijskih članova i člana od 204 dana. Takvi rezultati ne mogu poslužiti kao dokaz postojanja periodičnih varijacija latituda sa periodom od 204 dana.

#### L i t e r a t u r a:

- Débarbat S.(1969): Nearly Diurnal Nutation and Periodic Terms in Local Coordinates. *Astronomy and Astrophysics*, 1,334.
- Débarbat S.(1970): Irrégularités de la mesure du temps déduites de 13.5 années d'observations astronomiques. Contribution aux "Journées Scientifiques de la Deutsche Gesellschaft für Chronometrie et la Société Chronométrique de France. Constance.
- Feissel M. et al. (1972): Comparison of the coordinates of the pole as obtained by classical astrometry (IPMS, BIH) and as obtained by Doppler measurement on artificial satellites (Dahlgren polar monitoring service). *Rotation of the Earth. Simpozijum IAU No 48, Morioka.*
- Labrouste H. et Labrouste Mme Y.(1946): Composantes périodiques de la variation des latitudes. *Annales Géoph. 2.*

- Melchior P.(1954): Contribution à l'étude des mouvements de l'axe instantané de rotation par rapport au Globe terrestre. Observatoire Royal de Belgique. Monografija No 3.
- Mihailov A.A.(1971): O dviženii zemnih poljusov. Astronomičeskij žurnal, 48, 6.
- Nicolini T.(1949): Caratteristiche osservate delle componenti del moto polare. Contrib.Astr.Osservat. Capodimonte, Serie II, IV, 4.
- Stoyko A.(1972): Le mouvement du pole instantané. La variation des latitudes et des longitudes. Visitas in Astronomy, 13.
- Vicente R. and Yumi S.(1969): Coordinates of the pole referred to the Conventional International Origin. Publications ILO Mizusawa, VII, 1.
- Ijima S. and Okazaki S.(1972): Short Period Terms in the Rate of Rotation and in the Polar Motion of the Earth. Publications of the Astronomical Society, Japan, 24, 1.
- Yatskiv Y.S.(1965): Spectral Analysis of Polar Motion. Izmenjajemost šrot. Naukova Dumka, Kijev.
- Yatskiv Y.S.(1972): On the Comparison of Diurnal Nutation derived from Separate Series of Latitude and Time Observations. Rotation of the Earth. Simpozijum IAU No 48. Morioka.

ZAKLJUČCI

Problemi kretanja polova i Zemljine rotacije bavio se u prošlosti relativno veliki broj astronoma, ali uprkos toj činjenici za mnoge probleme iz ove dve oblasti nisu nadjena objašnjenja ni do danas. To je pre svega rezultat složenosti geofizičkih mehanizama, meteoroloških i drugih spoljašnjih uticaja koji predstavlja ju uzroke raznovrsnih periodičnih i neperiodičnih varijacija u kretanju polova i Zemljinoj rotaciji. S druge strane, sistematske i slučajne greške astronomskih posmatranja bile su i ostaju važna prepreka u boljoj spoznaji pomenutih problema. Pokušaji da se klasična astronomska posmatranja širine zamene posmatranjima Zemljinih veštačkih satelita pomoću lasera i Dopler-uredjaja veoma su ohrabrujući, ali, nažalost, i ove najnovije metode izbacile su na površinu veoma teške probleme čije rešavanje je u toku. Astronomska posmatranja širina i vremena ostaju i dalje izvor dragocenih informacija koje znatno dopunjuju sliku Zemlje-fizičkog tela dobijenu savremenim geofizičkim metodama.

Tretirajući astronomska odredjivanja TUO-TUC na 49 opservatorija i posmatranja  $\Delta\varphi$  na 42 opservatorije (tablice I i II) obavljena u petogodišnjem periodu (1967-1971.) došli smo do sledećih zaključaka:

1. Disperzija rezultata dobijenih fotografskim zenitskim tubama (PZT) su manje od disperzija rezultata dobijenih pomoću astrolaba, pasažnih instrumenata i vizuelnih zenit-teleskopa. Ovo pravilo je punovažno kako kod posmatranja TUO-TUC, tako i kod posmatranja  $\Delta\varphi$ .

Amplitude sezonskih grešaka TUC-TUC su, takodje, najmanje u rezultatima koji su dobijeni pomoću PZT, ali kod širinskih posmatranja nije ista situacija: greške  $S'_a$  praktično su jednake kod PZT i VZT.

2. Pri izravanju posmatranja sa ciljem eliminacije slučajnih grešaka metoda Witekera-Robinsona-Vondraka ima izvestne prednosti u odnosu na metodu najmanjih kvadrata. Pre svega, u njoj je nepotrebno subjektivno zadavanje analitičkog izraza što nije slučaj u metodi najmanjih kvadrata. S druge strane, njena primena nije ograničena na funkcije odredjenog tipa, dok je metoda najmanjih kvadrata ograničena na linearne funkcije nepoznatih.

Parametar  $\gamma$  koji određuje "hrapavost" izravnavajućih krivih je blizak iznosu od  $10^7$ .

3. Menjajući značaj sistematskih grešaka u formiranju težina opservatorija videli smo da razlike srednjih sistema TUI-TUC prelaze čak i 10 ms. Pomoću testa analitički predstavljenog jednačinom 4.6 našli smo da su odstupanja TUI-TUC od datog izraza najmanja za sledeće vrednosti  $M$  ( jednačina 4.1): 11, 12 i 13. Zbog izvestne subjektivnosti pomenutog testa i praktične jednakosti

$\epsilon_m$  iz tablice 4.1, za definitivni srednji sistem usvojili smo onaj za koji je  $M = 1$ .

4. Metoda dve aproksimacije koju smo primenili kako kod računanja TUI-TUC, tako i kod računanja  $x$  i  $y$  dala je relativno dobre rezultate. Njihova disperzija je nešto manja nego u odgovarajućim rezultatima BIH-a.

5. Izravnanjem TUC-TUC metodom Vitakera-Robinsona-Vondraka slučajne greške srednjeg sistema TUI-TUC smanjene su za oko 40%.

6. Srednji sistem TUI-TUC može se izračunati samo iz posmatranja TUC-TUC, ali slučajne greške su veće.

7. Koordinate pola računane na bazi različitih posmatranja sadrže ogromne periodične i neperiodične sistematske greške.  $x_{IPMS}$  i  $y_{IPMS}$  variraju u odnosu na  $x_u$  i  $y_u$ , a isto tako i u odnosu na  $x_0$  i  $y_0$  sledeći jednu relativno pravilnu sinusoidu sa godišnjom periodom i amplitudom od oko 0.05. Slične varijacije imaju  $x_s$  i  $y_s$  u odnosu na  $x_u$  i  $y_u$ .

8. Kod 11 grupa opservatorija, o kojima je bilo govora u paragrafu 5, otkrivena su sistematska periodična odstupanja u odnosu na "sistem BIH 1968" sa godišnjom periodom.

Kod severnoameričkih i zapadnoevropskih opservatorija veoma jasno izražena je korelacija i to kako kod varijacija u longitudi, tako i kod varijacija u latitudi.

Opservatorije Japana i Azije imaju slične rezidue VF, ali kod rezidua VT korelacija ne postoji.

9. Analizom dugoperiodičnih varijacija longituda, latituda i Sunčeve aktivnosti mogli smo konstatovati korelaciju kod nekih grupa, a kod nekih odsustvo korelacije. Prema tome, svaki zaključak o postojanju ili nepostojanju korelacije između Sunčeve aktiv-

nosti i odgovarajućih varijacija geografskih koordinata, izveden na bazi naših rezultata, bio bi nedovoljno ubedljiv. Ti naši rezultati samo još više podstiču potrebu daljih izučavanja ove veze. Neke ubedljive činjenice, kao što je korelacija i sezonskih, i dugoperiodičnih varijacija longituda i latituda severnoameričkih i zapadnoevropskih opservatorija ostale su neobjašnjene. Bez nekih sigurnijih argumenata mi pretpostavljamo da se objašnjenje činjenica koje smo izneli u poslednje dve tačke može naći u uticajima velikih sistema vetrova.

10. Metodom aproksimacija koju smo primenili u paragrafu 6 pri računanju glavnih harmonijskih članova (jednačina 6.6) i metodama Furijea i Džibsa dobili smo skoro iste rezultate. Ta činjenica opravdava primenu metode aproksimacija u slučajevima kada se želi skratiti računski postupak.

11. Sa relativno velikom sigurnošću identifikovali smo dvogodišnje ubrzanje u Zemljinoj rotaciji. Osim toga, i u spektrima koordinata pola našli smo ekstremume koji odgovaraju dvogodišnjem članu, ali amplitude tih ekstremuma su na granici tačnosti određivanja.

Amplitude dvogodišnjeg člana izračunate iz TUI-TUC su bliske onima koje su našli drugi autori, ali periode se znatno razlikuju. Dokazali smo da je ovaj član veoma poremećen i smatramo da ta činjenica predstavlja verovatno objašnjenje pomenutih razlika perioda.

Proseknjivost periode dvogodišnjeg člana ide u prilog hipotezi da je on uslovan stratosferskim monsunima koji duvaju u tropskom pojasu, a koji nisu strogo periodični.

12. Metodama spektralne analize izračunali smo da amplitude godišnjeg člana u Zemljinoj rotaciji iznosi 19.2 ns, a polugodišnjeg člana 10.3 ns. Iz TUI-TUC računatom u BIR-a te amplitude su 20.2 i 12.1 ns.

13. U oblasti perioda između 60 i 600 dana u spektrogramima funkcija (TUI-TUC)<sub>u</sub> i (TUI-TUC)<sub>o</sub> našli smo nekoliko pikova koji bi mogli odgovarati nepoznatim harmonijskim članovima, ali pažljivijom analizom rezultata došli smo do zaključka da je većina njih fiktivna i predstavlja podharmonike dvogodišnjeg, godišnjeg i polugodišnjeg člana.



Sa velikom verovatnošćom identifikovali smo u Zemljinoj rotaciji i koordinatama pola harmonijski član sa periodom od 122 dana. Njegova amplituda u TUL-TUC je bar za red veličine veća od teorijskog iznosa koji je izračunao Vular.

Pretpostavljamo da su mogući uzroci ovoga člana periodične varijacije atmosferskog pritiska, uticaj tesimalne plime na tečno Zemljino jezgro i uticaj zonske plime.

14. Spektralnom analizom TUL-TUC u oblasti perioda između 3 i 40 dana identifikovali smo tridesetak harmonijskih članova od kojih samo jedna trećina ima teorijsko objašnjenje u dugoperiodičnim članovima zonske plime. Što se ostalih tiče, skoro je isključeno da su slučajnog porekla.

Teorije plime Zemljine kore zasnovane na modelima Zemlje još uvek su nedovoljno objektivne i nekompletne da bi pružile objašnjenja za sve činjenice koje otkrivamo posmatranjima. Bilo bi interesantno da se slična analiza ponovi na posmatranjima iz jednog drugog posmatračkog intervala i utvrdi da li će bar većina pomenutih članova biti ponovo identifikovana.

15. Istražujući varijacije TUL-TUC uzrokovane skretanjima vertikalna zbog plima tipa  $O_1$  i  $M_2$  rešili smo da je  $\Lambda = 1+k-2 = 0.807$  i  $\Lambda = 0.675$ . Ovi rezultati su bliski onima koje je nekoliko godina ranije dobio Gubanov analizirajući posmatranja 5 časovnih službi, a dosta se razlikuju od rezultata koji je iz ogromnog broja širinskih posmatranja dobio Pol Melkior.

Disperzije  $\Lambda$  određenog različitim metodama su relativno velike, a, sem toga, uočene su i izvesne sistematske razlike koje nisu objašnjene. Zbog toga njegovo određivanje astronomskim metodama predstavlja značajan prilog geofizici.

16. Lovov broj  $k$  odredili smo računajući amplitude plimskih ubrzanja u Zemljinoj rotaciji tipa  $M_f$  i  $M_m$ . Pritom smo dobili  $k=0.440$  (iz  $M_f$ ) i  $k=0.301$  (iz  $M_m$ ). Druga vrednost  $k$  je vrlo bliska onima koje su pre nas dobili neki autori, ali je nejasno otkuda potiče velika razlika iznosa dobijenih iz određivanja dve plime. Sigurno je da se ona ne može objasniti slučajnim greškama.

17. Metodama Furijea, Džibsa i Blekmana-Tjukija dobili smo praktično iste spektre funkcija  $\tau_3$  i  $\tau_4$ . Imajući u vidu ovu

činjenicu kao i činjenicu da je u primeni metode Blekmana-Tjukija obim računskog posla znatno veći nego u prethodne dve, njena primena u konkretnom slučaju pokazala se neracionalnom.

18. U oblasti perioda između 10 i 40 dana koordinate pola, koje smo računali samo iz širinskih posmatranja, ne sadrže periodične varijacije čije bi amplitude mogle imati neki praktični značaj.

Između 60 i 900 dana u spektrima je identifikovan relativno veliki broj ekstremuma, ali pažljivijom analizom došli smo do zaključka da oni predstavljaju podharmonike godišnjeg i Čendlerovog člana.

Skoro dnevna nutacija koju je teorijski predvideo Molodenski nije identifikovana uprkos činjenici da spektrogrami x i y imaju pikove koji joj odgovaraju.

Analizom sopstvenih rezultata kao i rezultata drugih autora koji smatraju da su identifikovali skoro dnevnu nutaciju našli smo da rezultati koji su dobijeni verovatno predstavljaju parazitske efekte Čendlerovog i godišnjeg člana. Oni su došli do izražaja zbog nepoštovanja fundamentalnog principa samerljivosti perioda i dužine posmatračkog intervala.

P R I L O Z I

I  
T A B L I C A I

I grupa: Opservatorije opremljene visuelnim pasažnim instrumen-  
tima.

<u>OPS.</u>	<u>LONGITUDA</u>	<u>LATITUDA</u>	<u>Pu</u>	<u>Pw</u>
BLI	-1 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup> .2155	+44°48'	0.38	0.40
BG	-1 24 08.8954	+52 29	0.70	0.69
BOI	-1 08 18.4675	+52 17	0.33	0.45
BR	-1 08 28.7829	+48 09	0.88	0.98
BU	-1 44 23.0829	+44 24	0.10	0.12
BAG	+3 54 04.4793	-34 34	0.15	0.13
BAN	+3 53 25.1754	-34 37	0.58	0.64
LMI	-2 01 15.9273	+59 55	0.58	0.61
NMI	-5 31 38.1886	+55 02	1.08	1.00
PYI	-0 59 09.3875	+49 55	0.33	0.51
PTJ	-0 52 16.0771	+52 23	0.35	0.34
PRI	-0 57 34.8874	+50 04	0.36	0.29
RJ	+2 52 53.4687	-22 54	0.19	0.16
TAI	-4 37 10.5164	+41 19	0.64	0.67

II grupa: Opservatorije opremljene fotoelektričnim pasažnim instru-  
mentima.

IRP	-6 57 22.7346	+52 17	0.84	0.95
IRG	-6 57 11.8053	+52 16	0.70	0.75
LA	-2 01 10.8161	+59 56	0.70	1.39
MA	-2 30 10.6965	+55 42	1.22	1.39
MMF	-2 28 55.5861	+55 58	0.47	0.46
NK	-2 07 53.7915	+46 58	0.81	0.72
PUF	-2 01 18.5977	+59 46	1.50	1.71
RG	-1 36 27.7247	+56 57	1.97	1.82
TAF	-4 37 10.4832	+41 19	0.58	0.57

III grupa: Opservatorije opremljene fotografskim zenitskim tubama.

H	-0 40 03.7128	+53 36	1.25	1.22
G	-0 01 21.0973	+50 52	2.48	2.67
MZP	-9 24 31.4251	+39 08	0.70	0.59
MS	-9 56 01.4179	-35 19	2.80	2.88
N	-0 27 49.8049	+47 00	1.77	1.88
O	+5 02 51.9260	+45 24	2.80	2.88

## II

T A B L I C A I (nastavak)				
<u>OPS.</u>	<u>LONGITUDA</u>	<u>LATITUDA</u>	<u>Pu</u>	<u>Pw</u>
RCP	+5 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> .6924	+25°37'	0.96	0.91
TO	-9 18 09.9315	+35 40	1.82	1.02
W	+5 08 15.7428	+38 55	1.08	0.87
CL	+7 37 09.5020	+50 52	1.97	1.71
OS	+5 03 40.8495	+45 24	1.30	1.05

IV grupa: Opservatorije opremljene astrolabima.

AL	-0 12 08.4683	+36 48	1.50	1.56
BS	-0 23 57.0524	+47 15	2.20	1.47
BW	-0 41 50.9852	+52 18	0.42	0.45
IRB	-6 57 11.8013	+52 16	1.06	1.10
IRC	-6 57 11.8046	+52 16	0.98	1.13
CT	-1 13 54.5957	-33 56	0.45	0.52
MZA	-9 24 31.6054	+39 08	0.77	0.69
PA	-0 09 20.9331	+48 50	1.27	1.02
PTA	-0 52 16.0558	+52 23	0.52	0.66
Q	+5 13 59.7141	-00 14	0.83	0.87
RCA	+5 21 31.7465	+25 37	1.15	1.19
SC	+4 42 11.8477	-33 24	0.88	1.13
SFA	+0 24 49.1304	+36 28	0.69	0.87
SP	+3 06 29.5019	-23 39	1.02	0.44
UA	-0 17 25.9405	+50 48	0.88	1.13

Skraćenice za imena opservatorija pozajmljene su iz RAPPORT ANNUEL POUR 1968 Medjunarodnog biroa za vreme.

Pu, odnosno, Pw predstavlja težinu jednog posmatranja prosečne tačnosti.

## III

T A B L I C A IIA grupa: Opservatorije opremljene fotografskim zenitskim tubama.

<u>OBS.</u>	<u>LATTUDA</u>	<u>LONGITUDA</u>	Pu
H	+53°35'50.205	-0 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	0.92
G	+50 52 18.230	-0 01	2.42
MZP	+39 08 03.332	-9 25	0.45
MS	-35 19 17.463	-9 56	1.45
N	+46 59 52.128	-0 28	0.82
O	+45 23 37.125	+5 03	2.49
RCP	+25 36 46.888	+5 22	0.69
TO	+35 40 20.605	-9 18	1.90
W	+38 55 17.195	+5 08	0.41
CL	+50 52 22.252	+7 37	1.90
OS	+45 24 59.688	+5 04	1.06

B grupa: Opservatorije opremljene astrolabima.

AL	+36 48 06.702	-0 12	0.68
BS	+47 14 57.236	-0 24	0.98
BW	+52 17 58.919	-0 42	0.59
CT	-33 56 05.206	-1 14	0.59
MZA	+39 08 03.577	-9 25	0.47
PA	+48 50 09.257	-0 09	1.65
POA	+49 36 13.834	+2 18	0.62
PTA	+52 22 54.773	-0 52	1.06
Q	-00 12 56.487	+5 14	0.78
RCA	+25 36 47.443	+5 22	1.07
SP	-23 39 09.870	+3 06	0.39
SFA	+36 27 43.813	+0 25	0.16
SC	-33 23 57.000	+4 42	1.26
UA	+50 47 51.645	-0 17	1.26

C grupa: Opservatorije opremljene visuelnim zenit-teleskopima.

BLZ	+44 48 10.255	-1 22	0.76
BK	+50 19 09.502	-8 30	1.42
BOZ	+52 16 38.063	-1 08	0.69
CA	+39 08 08.931	-0 33	1.05
D	+51 03 16.182	-0 55	0.46

T A B L I C A II (nastavak)

<u>OBS.</u>	<u>LATITUDA</u>	<u>LONGITUDA</u>	<u>Pu</u>
GT	+39°08'13"189	+5 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup>	1.00
IRZ	+52 16 44.010	-6 57	1.00
EK	+55 50 20.128	-3 15	0.67
KB	+39 08 01.787	-4 28	1.03
KZ	+39 08 00.427	-4 28	1.10
MZZ	+39 08 03.595	-9 25	0.74
PYZ	+49 54 56.266	-0 59	0.65
POZ	+49 36 13.137	-2 18	0.62
PUZ	+59 46 15.638	-2 01	1.79
TT	+60 24 57.457	-1 30	1.69
UK	+39 08 12.156	+8 13	0.92
VJZ	+52 05 56.017	-1 24	0.37

Pu predstavlja težinu jednog posmatranja prosečne tačnosti.

Skraćenice za imena opservatorija pozajmljene su iz RAPPORT ANNUEL POUR 1968 Medjunarodnog biroa za vreme.

T A B L I C A III

TU1-TUC.Jedinica:0<sup>8</sup>.0001.  $Tu=(TU1-TUC)u$ ,  $Tv=(TU1-TUC)v$ ,  $Tw=(TU1-TUC)w$  i D.J.=julijanski datum-2439 489.5.

D.J.	Tu	Tv	Tw	D.J.	Tu	Tv	Tw
5	-868	-848	-821	175	-781	-706	-717
10	-856	-845	-815	180	-748	-715	-695
15	-823	-818	-787	185	-699	-649	-619
20	-815	-836	-798	190	-622	-573	-546
25	-808	-794	-783	195	-599	-535	-497
30	-799	-782	-782	200	-567	-518	-453
35	-808	-789	-779	205	-506	-444	-387
40	-780	-767	-771	210	-441	-389	-355
45	-777	-750	-774	215	-425	-395	-318
50	-741	-732	-764	220	-369	-311	-284
55	-770	-757	-766	225	-332	-271	-265
60	-770	-755	-766	230	-304	-245	-218
65	-795	-758	-781	235	-249	-196	-192
70	-781	-752	-786	240	-210	-160	-144
75	-810	-789	-785	245	-194	-139	-092
80	-789	-752	-791	250	-139	-070	-057
85	-787	-748	-793	255	-122	-070	-031
90	-819	-790	-794	260	-053	042	009
95	-800	-777	-800	265	-017	023	021
100	-819	-790	-803	270	-034	020	036
105	-835	-799	-810	275	-005	037	051
110	-831	-786	-809	280	-018	022	048
115	-836	-811	-821	285	-011	066	065
120	-891	-859	-833	290	-002	046	056
125	-854	-817	-830	295	002	050	051
130	-895	-872	-824	300	006	047	083
135	-911	-872	-837	305	-006	042	075
140	-885	-862	-833	310	-038	022	068
145	-896	-867	-824	315	-001	053	080
150	-907	-866	-824	320	-034	019	061
155	-883	-840	-808	325	-050	-013	068
160	-904	-892	-795	330	-047	-016	061
165	-835	-762	-771	335	-042	019	059
170	-795	-740	-756	340	-050	015	050



## VI

T A B L I C A III (nastavak)							
D.J.	Tu	Tv	Tw	D.J.	Tu	Tv	Tw
345	-045	015	020	525	-075	-047	-013
350	-041	015	020	530	-087	-056	-014
355	-062	-024	021	535	-057	-036	000
360	-059	-002	-017	540	-049	-002	005
365	-045	008	-019	545	-022	017	024
370	-061	-009	066	550	079	129	147
375	-038	044	085	555	089	120	173
380	-014	039	071	560	119	153	217
385	-029	041	068	565	169	221	251
390	-002	062	074	570	178	207	287
395	-024	027	060	575	248	286	308
400	067	042	058	580	261	322	342
405	001	054	058	585	316	337	368
410	-008	051	041	590	349	403	393
415	-043	-007	039	595	334	372	416
420	-056	010	033	600	374	402	422
425	-065	-007	027	605	381	420	448
430	-056	-006	036	610	383	422	459
435	-048	024	027	615	408	476	468
440	-041	034	029	620	397	417	476
445	-026	020	035	625	410	458	482
450	007	037	031	630	430	464	481
455	-029	011	030	635	414	440	486
460	-030	004	021	640	420	485	479
465	010	102	-004	645	427	443	486
470	-043	-037	-018	650	413	441	486
475	-073	-052	-011	655	432	464	486
480	-056	-050	001	660	446	478	478
485	-097	-068	-006	665	419	413	460
490	-085	-066	-006	670	410	439	469
495	-097	-049	-013	675	417	439	465
500	-112	-072	-008	680	405	410	460
505	-108	-053	-015	685	420	458	452
510	-090	-062	-015	690	378	380	442
515	-101	-074	-013	695	349	373	428
520	-091	-054	-006	700	371	388	430

## VII

T A B L I C A III (nastavak)

D.J.	Tu	Tv	Tw	D.J.	Tu	Tv	Tw
705	364	382	420	890	-072	-034	-027
710	356	377	421	895	-095	-060	-027
715	388	409	413	900	-074	-012	008
720	374	398	422	905	-032	-008	019
725	327	359	381	910	-004	069	067
730	342	365	424	915	021	083	137
735	348	376	469	920	060	113	182
740	395	414	471	925	071	134	214
745	398	415	464	930	116	161	232
750	401	413	456	935	151	197	250
755	375	406	449	940	155	224	278
760	398	422	436	945	194	238	310
765	415	431	425	950	197	253	338
770	393	430	408	955	259	314	358
775	402	421	389	960	310	357	373
780	367	388	371	965	335	386	383
785	358	382	334	970	353	393	402
790	363	375	343	975	366	411	410
795	342	371	324	980	358	409	404
800	295	331	296	985	398	424	408
805	270	297	293	990	380	407	402
810	240	272	261	995	338	374	396
815	201	233	244	1000	359	402	394
820	197	252	231	1005	324	350	396
825	169	210	196	1010	314	372	401
830	133	160	177	1015	325	368	394
835	118	150	156	1020	286	341	390
840	080	108	137	1025	282	320	377
845	035	058	109	1030	247	277	361
850	042	073	095	1035	201	234	347
855	-004	019	080	1040	218	236	330
860	-009	004	063	1045	207	245	304
865	-031	-011	045	1050	173	200	284
870	-068	-019	036	1055	180	220	264
875	-040	000	014	1060	148	190	238
880	-035	-002	003	1065	131	164	217
885	-093	-052	-013	1070	124	149	186

## VIII

				<u>T A B L I C A III (nastavak)</u>			
D.J.	Tu	Tv	Tw	D.J.	Tu	Tv	Tw
1075	096	129	158	1255	-641	-607	-538
1080	064	093	116	1260	-614	-578	-542
1085	061	077	091	1265	-642	-624	-540
1090	042	071	062	1270	-603	-566	-515
1095	061	092	080	1275	-577	-543	-497
1100	060	088	124	1280	-570	-523	-460
1105	016	031	084	1285	-539	-493	-424
1110	009	021	073	1290	-501	-460	-389
1115	-041	-028	056	1295	-501	-468	-352
1120	-064	-055	023	1300	-438	-430	-313
1125	-068	-037	024	1305	-424	-385	-284
1130	-079	-053	009	1310	-413	-373	-249
1135	-087	-050	-036	1315	-345	-299	-211
1140	-130	-104	-057	1320	-303	-274	-209
1145	-133	-093	-070	1325	-265	-222	-160
1150	-154	-122	-095	1330	-234	-196	-132
1155	-190	-172	-140	1335	-239	-206	-118
1160	-190	-153	-162	1340	-217	-154	-105
1165	-221	-206	-195	1345	-168	-121	-090
1170	-273	-237	-215	1350	-173	-133	-076
1175	-303	-258	-249	1355	-124	-100	-073
1180	-315	-273	-280	1360	-144	-115	-070
1185	-335	-301	-286	1365	-145	-080	-073
1190	-347	-303	-310	1370	-116	-133	-073
1195	-447	-402	-378	1375	-162	-144	-090
1200	-460	-417	-397	1380	-157	-119	-079
1205	-483	-444	-416	1385	-142	-116	-105
1210	-515	-477	-436	1390	-181	-161	-108
1215	-541	-512	-462	1395	-181	-158	-113
1220	-537	-511	-461	1400	-216	-199	-124
1225	-613	-589	-494	1405	-226	-192	-143
1230	-623	-592	-514	1410	-232	-214	-170
1235	-617	-584	-520	1405	-291	-271	-196
1240	-643	-608	-536	1410	-232	-214	-170
1245	-654	-624	-544	1415	-291	-271	-196
1250	-647	-611	-542	1420	-308	-284	-209

## IX

T A B L I C A III (nastavak)

D.J.	Tu	Tv	Tw	D.J.	Tu	Tv	Tw
1425	-329	-305	-214	1605	-874	-868	
1430	-349	-309	-243	1610	-892	-843	
1435	-362	-344	-285	1615	-901	-875	
1440	-374	-330	-292	1620	-918	-892	
1445	-411	-353		1625	-937	-901	
1450	-421	-383		1630	-933	-895	
1455	-379	-349		1635	-944	-894	
1460	-375	-353		1640	-919	-882	
1465	-371	-358		1645	-899	-864	
1470	-418	-377		1650	-888	-851	
1475	-400	-362		1655	-864	-817	
1480	-407	-371		1660	-862	-837	
1485	-408	-368		1665	-875	-856	
1490	-415	-389		1670	-867	-841	
1495	-439	-406		1675	-853	-830	
1500	-458	-415		1680	-843	-811	
1505	-425	-407		1685	-819	-793	
1510	-432	-384		1690	-801	-789	
1515	-425	-400		1695	-756	-751	
1520	-414	-394		1700	-784	-773	
1525	-426	-399		1705	-805	-779	
1530	-447	-414		1710	-773	-749	
1535	-455	-414		1715	-839	-813	
1540	-488	-461		1720	-834	-799	
1545	-491	-459		1725	-818	-824	
1550	-544	-516		1730	-856	-832	
1555	-583	-560		1735	-853	-820	
1560	-605	-580		1740	-889	-868	
1565	-649	-609		1745	-942	-915	
1570	-645	-624		1750	-970	-946	
1575	-670	-644		1755	-999	-990	
1580	-716	-692		1760	-1049	-1037	
1585	-717	-689		1765	-1078	-1043	
1590	-767	-712		1770	-1179	-1143	
1595	-801	-761		1775	-1208	-1180	
1600	-811	-775		1780	-1252	-1224	

T A B L I C A III (nastavak)

D.J.	Tu	Tv	Tw
1785	-1303	-1296	
1790	-1359	-1328	
1795	-1382	-1350	
1800	-1420	-1396	
1805	-1432	-1421	
1810	-1454	-1439	
1815	-1466	-1458	
1820	-1485	-1475	

T A B L I C A I V

Koordinate trenutnog pola. Jedinica:0'001.  $x_u, y_u$ -koordinate računate iz sirovih posmatranja,  $x_w, y_w$ -koordinate računate iz izravnatih, D.J.=julijanski datum-2439 489.5.

D.J.	$x_u$		$x_w$		$y_u$		$y_w$	
5	072	17	077	6	169	27	192	8
10	052	18	070	6	211	17	188	6
15	105	12	083	3	194	13	176	3
20	109	16	080	6	171	16	171	5
25	057	15	069	5	166	18	170	6
30	061	19	064	4	172	20	167	5
35	014	13	052	4	180	15	175	5
40	082	13	050	2	150	13	168	2
45	026	11	047	3	181	13	160	4
50	029	10	034	4	174	14	162	5
55	017	16	034	4	165	16	158	4
60	026	18	028	7	152	18	157	6
65	019	12	021	2	186	14	171	2
70	041	15	017	3	158	15	168	3
75	011	16	013	1	173	14	168	1
80	-013	12	007	2	189	15	176	3
85	-007	16	013	6	195	19	165	6
90	-008	15	004	6	171	14	174	6
95	-017	15	-006	3	158	19	172	4
100	-012	16	-015	1	181	15	184	1
105	-018	14	-023	2	191	12	190	2
110	-044	11	-024	2	195	16	193	3
115	-018	14	-023	3	177	13	194	3
120	-017	12	-033	3	211	14	200	4
125	-031	13	-026	2	198	15	203	3
130	-030	13	-028	2	190	16	202	2
135	-018	10	-028	1	232	11	211	1
140	-040	13	-028	2	206	13	218	2
145	-029	12	-022	2	227	14	216	2
150	-024	13	-020	4	204	16	218	4
155	-024	12	-019	3	189	14	223	3
160	-015	13	-011	3	189	15	219	3
165	-008	13	-013	1	200	16	226	2

## XII

T A B L I C A IV(nastavak)

D.J.	$x_u$		$x_w$		$y_u$		$y_w$	
170	-020	11	-012	1	217	15	229	2
175	-019	12	-010	3	229	14	227	3
180	-012	13	-012	6	239	11	228	5
185	-023	10	-023	6	241	13	232	7
190	-001	10	010	4	224	11	239	4
195	-008	11	001	4	221	14	226	5
200	-034	14	007	2	250	17	229	3
205	-009	12	011	2	240	17	230	3
210	004	09	001	5	215	11	215	5
215	012	13	-001	4	223	15	216	4
220	013	15	002	3	206	15	215	3
225	006	13	014	6	212	15	222	6
230	-020	16	016	5	252	13	222	4
235	028	12	007	2	210	15	220	3
240	020	12	005	3	229	14	220	4
245	011	16	010	7	214	19	225	8
250	021	14	016	6	238	14	219	5
255	-035	12	002	2	208	12	210	2
260	-030	17	001	3	242	14	209	2
265	-005	16	003	3	224	15	209	3
270	007	14	005	7	199	16	196	8
275	-028	11	006	2	197	18	208	3
280	002	18	004	2	207	15	212	2
285	-012	17	-004	5	189	20	216	6
290	-030	12	-007	1	221	14	219	1
295	-006	14	-018	2	218	16	230	3
300	-016	11	-024	3	198	12	229	3
305	-012	10	-024	3	223	10	236	3
310	-043	16	-023	2	229	18	247	2
315	-029	11	-026	2	250	15	250	2
320	-034	17	-015	6	290	23	269	8
325	006	16	-023	7	249	20	266	8
330	-028	11	-039	6	223	14	253	6
335	-041	20	-044	9	263	17	259	8
340	-023	14	-014	3	263	14	263	3
345	-022	15	-025	2	268	16	276	3

## XIII

T A B L I C A IV (nastavak)

D.J.	$x_u$		$x_w$		$y_u$		$y_w$	
350	-025	17	-014	2	298	19	275	2
355	-028	14	-019	6	292	17	291	7
360	-027	19	003	14	269	21	291	14
365	-037	18	-018	10	278	16	271	9
370	-047	26	-018	9	299	22	278	7
375	-022	19	-025	7	269	15	274	6
380	-011	14	007	4	271	18	268	6
385	-008	15	003	7	285	14	273	7
390	036	15	012	5	262	16	270	5
395	-034	22	018	3	315	20	270	3
400	-027	14	016	2	272	14	272	2
405	029	17	024	4	244	17	273	4
410	020	15	028	3	262	14	273	3
415	038	13	020	3	251	16	272	3
420	015	19	025	4	253	15	277	4
425	006	14	021	2	285	13	282	2
430	042	12	024	3	266	13	284	3
435	022	14	027	2	263	12	283	1
440	044	16	024	4	290	16	287	4
445	009	13	033	2	293	16	286	2
450	028	14	027	4	266	16	288	4
455	023	11	031	3	284	14	287	3
460	024	14	032	2	276	15	285	2
465	018	14	033	1	275	14	286	2
470	055	11	036	2	293	14	285	2
475	008	12	037	2	305	14	284	2
480	021	12	034	4	280	15	284	4
485	026	16	030	3	294	17	272	3
490	061	15	029	2	284	14	270	1
495	055	14	028	1	280	13	267	1
500	022	13	028	2	252	14	264	2
505	018	15	033	2	263	16	254	2
510	047	15	039	4	255	15	258	4
515	024	14	032	3	241	14	256	3
520	032	14	030	2	226	14	255	2
525	030	13	037	1	244	12	253	1



## XIV

D.J.	$x_u$	T A B L I C A						IV (nastavak)	
		$x_w$	$y_u$	$y_w$					
530	019	11	042	2	256	13	248	2	
535	042	10	044	2	258	12	248	2	
540	081	16	058	5	248	14	242	4	
545	050	17	065	7	224	18	231	8	
550	043	12	063	6	254	15	225	8	
555	070	12	077	5	225	13	219	6	
560	047	14	066	5	221	14	224	5	
565	066	15	058	4	214	15	213	4	
570	062	15	069	5	221	12	206	4	
575	070	13	069	3	212	13	196	3	
580	085	13	071	3	167	12	196	3	
585	045	16	065	1	160	16	191	1	
590	058	16	068	2	166	12	187	1	
595	069	12	067	3	163	12	184	3	
600	054	14	067	5	199	14	178	5	
605	081	11	057	3	164	16	169	3	
610	067	13	056	3	159	13	169	2	
615	073	14	055	1	197	13	166	1	
620	070	12	050	2	190	14	161	3	
625	041	10	047	3	145	11	158	3	
630	-002	13	032	4	188	13	158	4	
635	017	15	028	2	170	14	153	2	
640	031	15	021	2	189	15	151	2	
645	054	15	012	3	130	11	150	2	
650	-005	15	-001	2	128	15	150	2	
655	-008	11	-007	3	133	11	150	3	
660	004	14	-010	4	099	17	150	5	
665	-002	14	-023	4	160	14	160	4	
670	-048	16	-040	2	133	15	166	2	
675	-078	16	-052	5	176	14	172	5	
680	-066	15	-057	3	170	16	175	3	
685	-074	20	-056	6	162	18	181	5	
690	-069	20	-059	6	150	20	173	7	
695	-107	17	-082	5	158	14	189	3	
700	-124	09	-093	3	177	10	193	3	
705	-089	16	-090	2	169	19	190	2	
710	-101	19	-097	5	228	14	189	4	

T A B L I C A IV (nastavak)

D.J.	$x_u$		$x_w$		$y_u$		$y_w$	
715	-085	10	-109	3	196	15	196	4
720	-136	16	-114	6	206	15	188	6
725	-113	14	-109	8	175	18	186	8
730	-074	20	-107	19	175	19	181	16
735	-133	29	-139	10	258	20	233	7
740	-146	13	-147	8	243	15	252	9
745	-135	16	-147	8	253	14	264	7
750	-102	21	-115	9	283	18	271	7
755	-148	13	-134	4	294	15	296	4
760	-101	20	-131	6	278	17	308	5
765	-096	16	-104	6	310	16	297	6
770	-132	17	-110	5	334	18	323	5
775	-073	18	-098	5	281	16	331	4
780	-090	15	-088	4	330	15	336	5
785	-075	15	-077	5	345	13	341	5
790	-107	13	-093	2	347	14	359	2
795	-085	10	-095	2	351	11	369	2
800	-101	10	-092	2	390	12	378	3
805	-063	14	-073	2	361	15	380	2
810	-068	19	-068	4	389	15	386	3
815	-080	13	-074	3	415	14	395	3
820	-036	14	-056	2	400	16	397	2
825	-044	11	-045	3	398	11	402	3
830	-045	12	-041	2	393	15	404	2
835	-012	13	-029	3	401	13	408	3
840	-016	11	-010	4	384	12	405	4
845	003	13	-011	2	404	13	415	3
850	016	14	-003	2	419	14	415	2
855	024	14	008	2	450	16	416	2
860	028	13	018	1	436	13	413	1
865	049	13	028	3	404	13	412	3
870	045	13	029	4	403	14	406	4
875	024	13	035	3	400	15	398	4
880	063	16	051	3	395	15	393	3
885	064	13	059	2	383	12	389	1
890	036	13	071	2	391	14	382	2

T A B L I C A IV (nastavak)

D.J.	$x_u$		$x_w$		$y_u$		$y_w$	
895	095	8	086	2	335	12	366	3
900	115	12	090	3	358	16	362	5
905	100	14	113	4	360	15	366	5
910	099	12	125	6	352	12	347	6
915	103	14	115	7	368	16	355	7
920	130	10	131	4	355	10	340	4
925	113	12	134	4	312	13	317	4
930	160	9	154	5	288	11	312	16
935	127	12	145	3	301	15	286	4
940	142	11	149	2	274	14	275	2
945	142	11	143	1	236	12	258	2
950	151	12	142	1	230	13	244	2
955	153	9	144	2	237	10	231	3
960	139	14	135	4	232	14	224	4
965	156	13	136	3	204	14	208	3
970	125	16	133	2	176	13	186	2
975	176	13	131	1	163	13	176	1
980	143	14	127	1	187	14	162	1
985	130	10	121	2	185	12	147	2
990	137	10	119	2	162	12	146	2
995	120	10	113	2	138	11	139	2
1000	110	10	103	2	158	13	131	2
1005	100	13	097	1	145	16	130	1
1010	072	12	090	2	138	14	128	2
1015	079	10	083	1	141	12	124	1
1020	087	10	082	2	104	14	127	3
1025	059	12	067	2	119	15	123	2
1030	051	11	006	2	115	14	119	2
1035	059	13	045	4	101	16	123	5
1040	025	12	036	2	107	13	120	2
1045	016	14	019	3	099	15	120	3
1050	013	12	005	4	106	13	121	4
1055	-015	13	-005	3	092	12	110	3
1060	-006	19	-027	3	119	15	114	2
1065	-041	15	-039	5	119	15	114	4
1070	-082	19	-059	3	093	15	112	2

## T A B L I C A IV (nastavak)

D.J.	$x_u$	$x_u$	$x_w$	$x_w$	$y_u$	$y_u$	$y_w$	$y_w$
1075	-041	16	-052	7	119	16	098	6
1080	-039	18	-051	7	092	18	089	7
1085	-075	18	-075	7	098	15	101	6
1090	-120	16	-092	6	126	16	105	6
1095	-077	24	-113	13	079	17	114	9
1100	-149	23	-139	9	157	20	141	7
1105	-120	16	-131	8	193	18	199	8
1110	-176	21	-137	10	193	17	187	9
1115	-115	19	-155	7	214	16	226	6
1120	-148	20	-159	6	196	18	224	5
1125	-184	15	-164	3	218	14	242	3
1130	-172	16	-164	3	231	15	259	3
1135	-172	11	-161	4	239	14	267	5
1140	-150	17	-154	6	274	17	285	6
1145	-166	19	-168	7	311	20	306	7
1150	-162	16	-160	6	301	14	336	5
1155	-157	16	-152	4	316	15	356	4
1160	-149	17	-142	5	376	17	389	5
1165	-145	15	-140	6	365	15	404	6
1170	-115	12	-137	7	414	14	427	8
1175	-101	19	-140	3	412	13	437	2
1180	-137	17	-137	4	429	17	449	3
1185	-099	18	-123	5	441	17	461	5
1190	-119	17	-113	2	452	15	472	2
1195	-082	14	-099	2	475	13	476	2
1200	-114	16	-104	7	433	16	473	6
1205	-108	12	-100	2	479	13	483	2
1210	-065	19	-087	2	469	15	495	2
1215	-052	16	-070	2	499	15	501	2
1220	-038	16	-055	2	489	15	505	2
1225	-035	14	-039	3	514	14	514	3
1230	-038	15	-024	5	518	16	523	5
1235	-016	13	-011	3	529	13	526	3
1240	010	15	005	2	535	13	529	2
1245	-005	12	018	2	559	14	531	2
1250	025	12	034	2	520	11	530	2
1255	044	09	052	2	537	11	533	2

## XVIII

T A B L I C A IV (nastavak)

D.J.	$x_u$		$x_w$		$y_u$		$y_w$	
1260	065	16	077	3	524	17	536	4
1265	077	12	084	4	499	13	523	4
1270	088	12	098	5	501	14	517	5
1275	146	12	124	6	519	14	523	7
1280	113	13	099	8	497	13	484	8
1285	151	15	157	6	474	14	478	6
1290	154	13	170	5	454	13	471	5
1295	191	14	189	5	454	15	465	5
1300	205	19	198	4	459	20	452	4
1305	184	11	211	2	440	12	427	2
1310	206	11	219	2	409	13	415	3
1315	234	11	227	3	405	12	399	3
1320	248	14	232	4	372	14	383	4
1325	243	15	236	3	337	13	359	3
1330	262	12	240	2	356	13	340	2
1335	255	14	239	2	339	14	319	2
1340	237	11	240	1	286	13	297	2
1345	264	12	239	5	294	12	267	5
1350	242	11	238	5	270	11	253	5
1355	244	12	233	2	259	12	227	2
1360	245	10	231	1	230	13	215	1
1365	241	10	230	1	218	13	204	2
1370	237	11	225	3	189	13	197	3
1375	217	19	210	2	201	14	175	1
1380	207	13	206	3	134	13	150	4
1385	216	14	194	4	132	13	144	4
1390	202	13	185	3	124	15	142	3
1395	163	14	173	2	122	14	131	2
1400	153	13	162	2	108	15	126	3
1405	142	11	149	4	117	13	127	4
1410	093	13	140	6	112	14	122	6
1415	115	14	107	4	112	15	101	4
1420	119	24	093	5	095	20	103	5
1425	086	15	068	3	075	15	082	3
1430	057	12	051	3	059	18	073	3

## XIX

T A B L I C A IV (nastavak)

D. J.	$x_u$		$x_w$		$y_u$		$y_w$	
1435	033	14	036	3	048	13	067	3
1440	037	11	012	4	044	14	063	4
1445	010	17	-013	3	074	18	063	4
1450	-022	17	-034	6	046	14	052	5
1455	-016	13	-065	6	093	13	061	5
1460	-043	34	-084	20	102	27	095	17
1465	-036	29	-064	13	058	32	036	15
1470	-040	17	-087	12	098	16	087	12
1475	-097	17	-100	5	082	26	091	7
1480	-102	18	-113	6	099	18	106	6
1485	-084	19	-134	4	115	15	120	3
1490	-113	19	-151	7	138	16	134	6
1495	-184	18	-166	6	108	19	151	7
1500	-122	17	-169	7	155	16	171	7
1505	-177	16	-184	5	173	15	190	5
1510	-163	13	-175	5	213	15	203	5
1515	-217	18	-185	2	200	17	222	2
1520	-178	20	-190	3	219	19	237	2
1525	-193	14	-203	7	268	17	263	8
1530	-218	21	-211	7	245	19	269	7
1535	-246	15	-217	3	295	18	302	4
1540	-237	11	-224	2	323	11	318	2
1545	-235	20	-223	2	344	21	336	2
1550	-186	13	-225	2	332	17	354	2
1555	-207	12	-218	2	390	14	372	3
1560	-218	13	-210	8	392	15	387	10
1565	-158	16	-199	7	415	17	400	7
1570	-214	12	-216	2	427	15	420	3
1575	-184	12	-206	2	447	17	435	2
1580	-187	16	-193	2	448	17	448	2
1585	-177	15	-183	2	467	18	460	2
1590	-163	13	-171	5	477	17	474	7
1595	-184	11	-154	2	462	14	490	3
1600	-137	15	-135	2	540	16	502	2
1605	-155	17	-130	4	522	17	513	4
1610	-133	15	-111	2	531	13	522	2

## T A B L I C A IV (nastavak)

D.J.	$x_u$		$x_w$		$y_u$		$y_w$	
1615	-105	17	-097	2	548	19	533	2
1620	-069	15	-084	3	532	18	544	4
1625	-048	12	-065	7	567	14	564	8
1630	-053	14	-048	5	573	14	588	5
1635	-041	13	-032	6	566	15	611	7
1640	013	12	-013	10	587	15	639	13
1645	021	14	028	10	585	15	587	11
1650	041	10	048	8	555	13	586	10
1655	081	08	068	3	588	13	574	4
1660	066	12	092	3	541	13	567	4
1665	106	12	115	2	554	14	548	3
1670	134	13	139	3	523	14	531	3
1675	141	10	155	4	502	12	513	5
1680	156	10	162	6	499	11	493	7
1685	182	12	198	4	499	13	471	4
1690	188	12	212	4	459	12	470	4
1695	220	09	226	3	455	10	461	3
1700	260	12	240	3	440	13	429	3
1705	263	12	248	3	447	12	416	3
1710	263	10	265	4	399	12	411	4
1715	275	8	268	2	398	12	377	2
1720	259	10	276	1	393	14	362	2
1725	298	12	281	1	355	15	347	1
1730	311	10	286	1	343	12	334	2
1735	271	20	289	3	320	18	321	3
1740	309	11	290	2	296	14	310	3
1745	281	09	286	2	295	12	301	3
1750	279	12	278	1	283	13	283	1
1755	252	13	269	3	288	14	269	3
1760	244	11	266	2	236	18	252	3
1765	231	09	253	3	220	11	246	3
1770	256	16	248	4	230	20	241	5
1775	204	11	238	3	157	15	213	4
1780	202	12	226	3	207	14	196	3
1785	200	15	207	3	191	14	180	3
1790	204	12	189	3	156	12	166	3

## T A B L I C A IV (nastavak)

D.J.	$x_u$		$x_w$		$y_u$		$y_w$	
1795	182	17	180	5	161	16	151	5
1800	158	19	154	5	201	19	138	5
1805	149	16	125	9	157	15	138	7
1810	131	23	106	5	164	20	132	4
1815	133	18	076	10	115	19	123	11
1820	115	25	110	12	107	26	105	12

$(x_u)$ ,  $(x_w)$ ,  $(y_u)$  i  $(y_w)$  predstavljaju srednje kvadratske greške računane iz rezidua uslovnih jednačina (4.8) u kojima umesto  $RF_m$  stoji  $RF_m$ .



S A D R Ž A J :

	stranica
Istorijski osvrt.....	1
Karakteristike osnovnih podataka.Tačnost posmatranja TUC-TUC..	9
Izravnaje posmatranja metodom Vitaker-Robinson_Vondraka....	17
Računanje TUI-TUC i koordinata pola .....	24
Sistematske varijacije longituda i latituda.Relativno pome- ranje kontinenata i Sunčeva aktivnost .....	58
Metode za otkrivanje periodičnih članova u Zemljinoj rotaciji i kretanju polova.....	99
Periodične varijacije u svetskom vremenu.....	103
Periodične promene latituda.....	157
Zaključci.....	167
Prilozi.....	172

