

STJEPO KOTLARIĆ

## Astronomska pozicija metodom K-12 za programirani džepni kalkulator

Sažetak:

U ovoj raspravi objašnjena je posebna metoda (K-12) direktnog računanja geografske širine i dužine (pozicije opažača) pomoću programiranog džepnog kalkulatora iz istovremenog opažanja dvaju nebeskih tijela ili opažanja u razmaku vremena (bilo Sunca, Mjeseca, zvijezda ili planeta), kao i iz dvostrukog opažanja jednog nebeskog tijela (obično Sunca, za koje je dosad prakticirano pomicanje prvog pravca položaja do časa drugog opažanja), pa čak i kad je drugo opažanje blizu ili točno u opažačevu meridijanu. Koordinate pozicije dobivaju se direktno na sferi kao sjecište dviju kružnica položaja bez potrebe da se računaju razlike visina i azimuta (pravci položaja) metodom Marcq de St. Hilaire ili da se crta skica situacije na nebeskom svodu da bi se moglo odrediti što dalje raditi s izračunatim parametrima.

Sav taj račun smješten je u samo jednom programu za džepni kalkulator Texas Instruments SR-52, ali taj se program može lako prilagoditi za bilo koji drugi programirani kalkulator istog ili većeg broja programskih koraka i memorija.

Osim toga, taj isti program omogućava da se izračuna razlika visina i azimuta (pravac položaja), pa tako zadovoljava i one navigatore koji više vole da poziciju iz astronomskih opažanja računaju metodom Marcq de St. Hilaire, ili žele da tu metodu koriste kao kontrolu pozicije koja je određena direktnom metodom.

— o —

Ovu metodu nazvao sam K-12 jer ona zapravo predstavlja usavršenu modifikaciju metode objavljene u mojim Tablicama K11 za direktno računanje koordinata pozicije opažača, koristeći samo ograničeni broj izabranih parova zvijezda pomoću četiri ulazna argumenta u te Tablice. Cijeli je postupak računanja po metodi K-12 smješten na 669 programskih koraka i 19 memorijskih registara jedinstvenog programa, koji za džepni kalkulator SR-52 obuhvaća tri magnetske kartice, a za Texas Instruments TI-59 dovoljne su dvije.

Navedene karakteristike čine metodu K-12 zaista univerzalnom i jedinstvenom za male programirane kalkulatore, uz korištenje samo jednog programa za rješenje svih pozicionih zadataka u astronomskoj navigaciji.

I VERZIJA RJEŠENJA — DIREKTNO  $\varphi$  i  $\lambda$

U prvoj verziji rješenja programom se izračunava direktno geografska širina i dužina iz opažanja (što je uobičajeno u navigacijskoj praksi) rješavajući parametre astronomskog trokuta drugog nebeskog tijela. Stoga se za točnije rješenje geografske dužine drugo nebesko tijelo obično ne izabire blizu opaža-

čeva meridijana. Međutim, programom K-12 je moguće izbjeći to ograničenje, jer se istim programom mogu također računati parametri astronomskog trokuta prvog nebeskog tijela uz samo malu izmjenu redosljeda nekih ulaznih argumenata. Isti program se također primjenjuje i za istovremeno opažanje dvaju nebeskih tijela. Osim toga, taj program omogućuje još i rješenje dvostrukog opažanja Sunca, čak i kada je drugo opažanje točno u podne, jer se tada geografska dužina dobiva kao razlika između mjesnog satnog kuta izračunatog iz ispravljenog astronomskog trokuta prvog nebeskog tijela i Griničkog satnog kuta prvog opažanja.

### OSNOVNI PRINCIP

Osnova direktnog određivanja geografske širine i dužine metodom K-12 za istovremeno opažanje dvaju nebeskih tijela je točno izračunavanje paralaktičnog kuta drugog nebeskog tijela (X2). Ovo se postiže izračunavanjem pomoćnih kutova A i B i unaprijed izračunatom približnom vrijednošću tog paralaktičnog kuta (AX2). Ovaj AX2 je potreban da se može odrediti kako da se kombiniraju vrijednosti A i B da se dobije X2, a da se pri tome izostavi crtanje skice situacije na nebeskom svodu, jer bi to produkljilo postupak računanja. Kutovi A i B su u drugom nebeskom tijelu; kut A ima za stranice satni krug i međuzvjezdano udaljenost, a kut B ima za stranice zenitnu i međuzvjezdano udaljenost. Kut A se računa od N nebeskog pola  $O^0$  do  $180^0$ , a kut B od zenita  $0^0$  do  $180^0$ . Međuzvjezdano udaljenost (zx) je udaljenost na najvećem krugu između dva opažana nebeska tijela. Upotrebu približne vrijednosti paralaktičnog kuta (AX2) predvidio sam već pred 30 godina kada sam pisao prvo izdanje moje knjige »Nove metode astronomskog određivanja pozicije broda« (na str. 106), iako tada još nisu ni postojali elektronski kalkulatori. S izračunatim X2, opaženom visinom  $Ho2$  i deklinacijom  $Dec2$  drugog nebeskog tijela izračunava se geografska širina L i mjesni satni kut MA2. L se dobiva direktno sa svojim predznakom (+ za North i — za South). MA2 se pretvara u LHA2 (tj. mjesni satni kut brojem od  $0^0$  do  $360^0$ ) i od LHA2 se odbija Grinički satni kut GHA2 tog istog nebeskog tijela, pa se dobiva geografska dužina  $\lambda$  sa svojim predznakom (+ za East i — za West). Time su praktički izračunate koordinate opažačeve pozicije.

Ostale varijacije ovog pozicionog problema, tj. opažanje dvaju nebeskih tijela u razmaku vremena, te kad je drugo nebesko tijelo blizu ili točno u opažačevu meridijanu, ili dvostruko opažanje istog tijela, riješene su istim programom upotrebljavajući, ili ispravljenu visinu prvog nebeskog tijela ( $Ho1$  ctd) za

kurs i prevaljenu udaljenost u proteklom razmaku vremena, ili računajući parametre astronomske trokuta prvog tijela (vidi primjere). Osim toga, kad azimut prvog nebeskog tijela nije bio snimljen na kompasu ili se radije želi taj azimut imati izračunat, isti program računa također i taj azimut, i to vrlo jednostavno na početku računskog postupka direktnog računanja pozicije (vidi primjer 1, Prva verzija rješenja). Ovo računanje azimuta može se upotrebiti i za određivanje devijacije magnetskog kompasa.

## FORMULE

Niže navedene formule upotrebljene su u programu koji je smješten na tri magnetske kartice provizorno označene NG1-40—1, NG1-40—2 i NG1-40—3, a odnose se na osmatranja dvaju nebeskih tijela u razmaku vremena. Međutim, te iste formule koriste se i za rješenje ostalih pozicionih zadataka koji su bili već spomenuti.

Ho1 correction = knots x  $\Delta$  GMT x cos R Zn1 (1)  
gdje je  $\Delta$  GMT apsolutna razlika Griničkih vremena, a R Zn1 je pramčani kut prvog nebeskog tijela (R Zn1 = Zn1 ~ T C).

Ho1 corrected = Ho1 + Ho1 correction . . . (2)

$\Delta$  GHA = GHA2 ~ GHA1 . . . . . (3)  
gdje je  $\Delta$  GHA apsolutna razlika između Griničkih satnih kutova.

$$XZ = 2 \left[ \sin^{-1} \sqrt{\frac{1}{\sin^2 (90^\circ - Ho2)} \frac{1}{\cos Dec2} \cos R \sin (R - Ldr)} \right] \dots \dots \dots (4)$$

$$R = \frac{(90^\circ - Ho2) + Dec2 + Ldr}{2}$$

$$ZX = 2 \left[ \sin^{-1} \sqrt{\sin^2 \frac{Dec2 - Dec1}{2} + \sin^2 \frac{\Delta GHA}{2} \cos Dec2 \cos Dec1} \right] \dots \dots \dots (5)$$

$$A = 2 \left[ \sin^{-1} \sqrt{\frac{1}{\sin ZX} \frac{1}{\cos Dec2} \cos F \sin (F - Dec1)} \right] \dots \dots \dots (6)$$

$$F = \frac{ZX + Dec2 + Dec1}{2}$$

$$B = 2 \left[ \sin^{-1} \sqrt{\frac{1}{\sin ZX} \frac{1}{\cos Ho2} \cos G \sin (G - Ho1 \text{ ctd})} \right] \dots \dots \dots (7)$$

$$G = \frac{ZX + Ho2 + Ho1 \text{ ctd}}{2}$$

$$X2 = A - B \dots \dots \dots (8a)$$

$$X2 = A + B ; \text{ ako } > 180^\circ \text{ tada } 360^\circ - (A + B) \dots \dots \dots (8b)$$

$$L = 90^\circ - 2 \left[ \sin^{-1} \sqrt{\sin^2 \frac{Ho2 - Dec2}{2} + \sin^2 \frac{X2}{2} \cos Ho2 \cos Dec2} \right] \dots \dots \dots (9)$$

$$MA2 = 2 \left[ \sin^{-1} \sqrt{\frac{1}{\sin (90^\circ - Dec2)} \frac{1}{\cos L} \cos U \sin (U - Ho2)} \right] \dots \dots \dots (10)$$

$$U = \frac{Ho2 + (90^\circ - Dec2) + L}{2}$$

$$LHA2 = MA2 \text{ West} \dots \dots \dots (11a)$$

$$LHA2 = 360^\circ - (MA2 \text{ East}) \dots \dots \dots (11b)$$

$$\lambda = LHA2 - GHA2 \dots \dots \dots (12)$$

$\lambda$  se dobija u pravoj vrijednosti sa svojim predznakom (+ East, - West).

## II VERZIJA RJEŠENJA RAZLIKA VISINA I AZIMUT

Ako navigator želi da poziciju riješi metodom Marcq de St. Hilaire, bilo zbog navike rada tom metodom ili zbog kontrole direktnog rješenja s rješenjem pomoću pravaca položaja, dovoljno je da koristi dvije magnetske kartice (NG1-40—1 i NG1-40—3) iz istog programa pa da izračuna razliku visina (a) i azimuta (Zn); vidi u primjerima 1 i 2 Drugu verziju rješenja.

Karticom NG1-40—1 pretvaraju se ulazni argumenti iz formata DDMM.m (stupnjevi, minuti i decimale stupnjeva) u format DDD.dd (stupnjevi i decimale stupnjeva) i pohranjuju u odgovarajućim memorijskim registrima.

Pomoću kartice NG1-40—3 rješavaju se formule br. 9 i 10 u kojima kad visinu Ho2 zamijenimo s deklinacijom Dec, a X2 s mjesnim satnim kutom MA i deklinaciju Dec2 sa zbrojenom širinom Ldr; dobit ćemo izračunatu visinu Hc i azimut Zn. Ova kartica također rješava i formulu br. 12 i daje izračunatu razliku visina (a), ako LHA2 i GHA2 zamijenimo sa Ho i Hc.

Geografska širina i dužina prave pozicije u sjecištu dvaju pravaca položaja mogu se dobiti postojećom karticom NG1-26 (vidi u primjerima 1 i 2, Drugu verziju rješenja). Međutim, koordinate pozicije mogu se također dobiti i grafički, ucrtavanjem pravaca položaja.

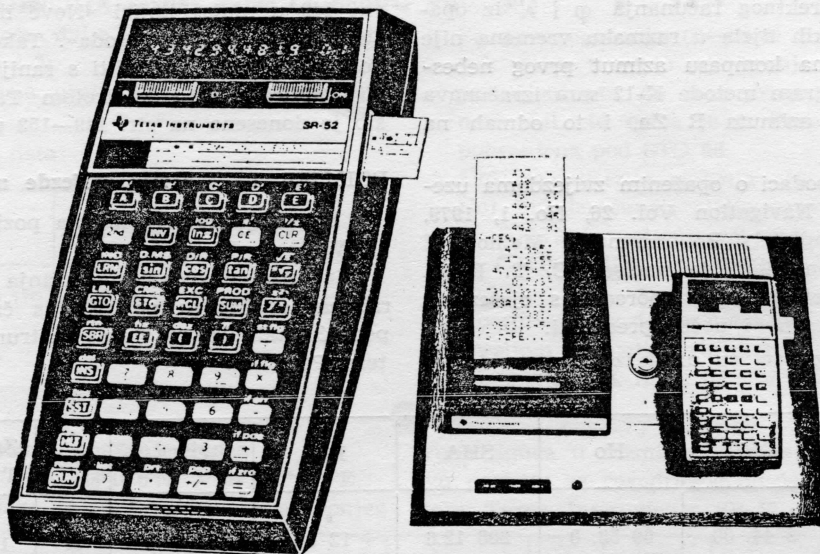
Za IZRAČUNAVANJE AZIMUTA PRI ODREĐIVANJU DEVIJACIJE magnetskog kompasa koristi se samo kartica NG1-40—1, jer ona rješava formulu br. 4, a kada u toj formuli deklinaciju Dec2 zamijenimo s geografskom širinom zbrojene pozicije Ldr, a Ldr s deklinacijom Dec, tada dobijemo izračunat kut u zenitu Z opažanog nebeskog tijela, i to brojen od sjevernog pola od 0° do 180°. Da se dobije pravi azimut Zn stavlja se prefiks N i sufiks E ili W zavisno od položaja tog tijela istočno ili zapadno od opažačevog meridijana.

## PRIMJERI

U daljnjem tekstu donose se rješenja dvaju primjera, br. 1 za dvije zvijezde opažane u razmaku vremena i br. 2 za dvostruko opažanje Sunca, koristeći džepni programirani kalkulator Texas Instruments SR-52 i termalni printer PC-100A (štampač), vidi sliku 1.

Postupak računanja prikazan je detaljno na smanjenoj foto-kopiji trake printera na kojoj je otisnut DISPLAY za ulazne argumente, rezultate posrednih parametara i konačno za veličinu geografske širine i dužine opažačeve pozicije. Skraćenice ulaznih argumenta, posrednih parametara i koordinata pozicije, kao i oznake tastera koje treba pritisnuti da se izvrše sva ta računanja dodane su pisačom mašinom ispod naslova ENTER, PRESS i OUTPUT. Sve skraćenice su na engleskom jeziku što je i logično, jer s ovim (i sličnim programiranim kalkulatorima) može raditi samo onaj koji toliko zna engleski jezik da može koristiti sva uputstva na engleskom jeziku koja su vezana za rad sa kalkulatorom. Ipak radi lakšeg praćenja rješenja ovih primjera ovdje je donesen popis tih skraćenica s objašnjenjem na našem jeziku.





Džepno programirano računalo za Metodu K-12

Slika 1. Texas Instruments SR-52 kalkulator i PC-100A printer

Popis engleskih skraćenica i izraza

a	= razlika visina ( $\Delta v$ )
AX2	= približni paralaktični kut 2. neb. tijela
Card	= magnetska kartica
correction	= popravak, ispravak
corrected	= ispravljen
Dec	= deklinacija astronomska ( $\delta$ )
DISPLAY	= pokazano na ekranu kalkulatora
DMG	= prevaljeni put preko dna
DR	= zbrojena pozicija (Pz)
ENTER	= udi sa podatkom
EYE	= visina oka opažача
FIX	= izračunata pozicija opažача
ft	= stope
GHA	= Grinički satni kut
GMT	= srednje Griničko vrijeme
Ho	= opažena visina (Vo)
Hol cor.	= popravak visine 1. neb. tijela
Hol ctd	= visina 1. neb. tijela ispravljena za čas 2. opažanja
Hs	= visina izmjerena sekstantom
IC	= popravak indeksa sektanta
knots, kn	= brzina u čvorovima
L	= geografska širina ( $\varphi$ )
Ldr	= geografska širina zbrojene pozicije ( $\varphi z$ )
LHA	= mjesni satni kut brojen od $0^\circ$ do $360^\circ$
MA	= mjesni satni kut brojen od $0^\circ$ do $180^\circ$
NAME	= ime
OUTPUT	= rezultat dobiven na kalkulatoru
PRESS	= pritisni taster kalkulatora
R Zn	= pramčani kut neb. tijela
S	= brzina
SHA	= surektascenzija ( $360^\circ - \alpha$ )
T C	= kurs pravi (Kp)
X2	= paralaktični kut 2 neb. tijela
Z	= kut u zenitu broje od $0^\circ$ do $180^\circ$
Zn	= azimut pravi neb. tijela ( $\omega p$ ) brojen od $0^\circ$ do $360^\circ$
$\Delta$	= razlika

Za svaki primjer donesene su dvije verzije rješenja, i to u Prvoj verziji primjenjuje se direktno računanje  $\varphi$  i  $\lambda$  opažачeve pozicije, a u Drugoj verziji računaju se razlike visina i azimuta (pravci položaja) i zatim sjecite tih pravaca položaja kao koordinate opažачeve pozicije.

Za oba primjera date su vrijednosti opaženih visina Ho, tj. visina izmjerenih sekstantom i ispravljenih za ukupni popravak. Tablice ovog ukupnog popravka bilo u American Nautical Almanac, u našim Nautičkim tablicama ili u mojim Tablicama K1 daju na vrlo jednostavan i kratak način veličinu tog popravka. Navigatori su se već navikli da taj popravak vade brzo i bez greške. Stoga sam smatrao da nije potrebno koristiti postojeću magnetsku karticu NG1-21 za ispravak izmjerene u opaženu visinu. Rad sa tom karticom nije jednostavan, naročito za dva ili više nebeskih tijela jer se treba striktno pridržavati propisanog redoslijeda, inače bi se prouzrokovalo nepravilno pohranjivanje opaženih visina u memorijske registre. Tako npr. ako se pri korištenju kartice NG1-21 omaškom pritisne neki od tastera naredbi tada program NG1-21 ne dozvoljava jednostavni ispravak te greške, već se to radi po posebnom uputstvu. Ako bi ipak neki navigator htio koristiti karticu NG1-21, program metode K-12 je s njom kompatibilan, a način primjene te kartice detaljno je prikazan u mojoj raspravi pod naslovom »Celestial Fix By Calculator For All Bodies and All Positioning Problems Without or With Intercepts and Azimuths« štampanoj u International Hydrographic Review No. 2, 1980, Monacu. Program metode K-12, međutim, dozvoljava jednostavni ispravak, pa ako se dogodi da su ulazni podaci pogrešno otkucani ta se greška ispravlja pritiskom na taster CE, a ako je taster naredbe za izvršenje programa pogrešno pritisnut, greška se poništava pritiskom na taster CLR i ulaskom u isti ili prethodni korak (step) označen naredbom koja nije RUN; dakle vrlo jednostavno.

U postupku direktnog računanja  $\varphi$  i  $\lambda$  iz opažanja dvaju nebeskih tijela u razmaku vremena nije potrebno snimati na kompasu azimut prvog nebeskog tijela, jer program metode K-12 sam izračunava vrijednost pravog azimuta R Zn, i to odmah na početku postupka.

Za primjer 1 podaci o opaženim zvijezdama uzeti su iz časopisa Navigation Vol. 26, No. 1, 1979, iz članka »A Completely Programmable Method of Celestial Navigation« koji je napisao C. T. Daub. Tako će se ta metoda moći uporediti s rješenjem koje je ovdje doneseno i uočiti prednosti.

Za primjer 2 podaci su uzeti iz primjera 15 na

No.	NAME	GMT	Ho	SHA	Dec	GHA	MA	Zn	R Zn	S
		h m s	'	'	'	'		T C		
1	REGULES	3 44. 00	59 58. 0	208 12.6	+ 12 04.7	107 24.1	E	128.7	83.7	kn 10
2	RIGEL	3 49 24	25 33. 4	281 38.3	-8 13.6	182 11.0	W	45	—	

### PRIMJER 1 — Dvije zvijezde u razmaku vremena

15.travnja 1977. približna pozicija Ldr 33°N,  $\lambda$  dr 130°W.

Iz niže navedenih opažanja dviju zvijezda izračunaj opažačevu poziciju za čas drugog opažanja pomoću kalkulatora Texas Instruments SR-52 i printera PC-100A.

PRVA VERZIJA RJEŠENJA, direktno  $\varphi$  i  $\lambda$  metodom K-12 pomoću novo-programiranih kartica NG1-40-1, 2, 3.

```

ENTER DISPLAY PRESS
                ..OUTPUT
                CLR 2nd Cms
Card 1         2nd B'
Ho1 5958.     RUN
LDR 3300.     C
Dec1 1204.7   D
128.6673847E ..Z1
128.7        ..Zn1
GMT2 3.4924  A
GMT1 3.44    RUN
0.0524      ..AGMT
knots 10.    RUN
0.9         ..DMG
R Zn1 83.7   RUN
.0015431644 ..Ho1 cor.

```

```

Ho1 5958.     2nd B'
59.96820983 ..Ho1 ctd
Ho2 2533.4    RUN
Dec2 -813.6   C
LDR 3300.     D
47.22519813 ..AX2
GHA2 18211.   E
GHA1 10724.1  2nd A'
74.78166667 ..AGHA CLR
Card 2
Dec1 1204.7   A B C D
46.52366775 ..X2 CLR
Card 3
3332.81425 ..L B D
-13025.0095 ..λ
33°32.8'N, 130°25.0'W
For simultaneous or nearly
simultaneous observations
this is enough.

```

Slika 2

Napomene:

1. Za istovremena ili skoro istovremena opažanja nije potrebno da se na početku programa računa pravak visine prvog nebeskog tijela Ho1 cor., jer je ona nula ili skoro nula. Stoga računanje može početi na polovini kartice 1, kod ulaza Ho1. Tako skraćeni postupak uokviren je u ovom primjeru punom linijom.
2. Predznak minus ima  $\lambda$  West, tako da se poklapa sa svjetskom navigacijskom praksom.

```

ENTER DISPLAY PRESS
                ..OUTPUT
REGULUS        CLR 2nd Cms
Card 1         2nd B'
Dec1 1204.7   RUN
LDR 3300.     C
MA1 2235.9    E STO 14
Ho1 ctd 59.96820983 STO 06 CLR
Card 3
6035.229508..Ho1 E
-37.14185753..a1 STO 12 B
130.0803318. Zn1 2nd A' CLR
RIGEL
Card 1         2nd B'
Dec2 -813.6   RUN
LDR 3300.     C
MA2 5211.     E STO 14
Ho2 2533.4    E CLR
Card 3
2531.857742..Hc2 E
1.553368267..a2 B C
240.0491027..Zn2 2nd B' CLR
FIX, Card NG1-26
LDR 3300.     A
ADR 13000.    B
No. 3.        C
No. 6.        D
13024.82983 ..X E
3332.868297 ..L
33°32.9'N, 130°24.8'W

```

Slika 3



DRUGA VERZIJA RJEŠENJA, **razlike visina i azimuti** metodom K-12 pomoću dvije od novo-programiranih kartica (NG1-40 — 1 i 3).

Koordinate sjecišta pravca položaja postojećom karticom NG1-26.

Additional entering data:

No.	NAME	MA = GHA - $\lambda$ DR W
1	REGULUS	<sup>0</sup> 22 35.9 E
2	RIGEL	52 11.0 W

**PRIMJER 2 — Dvostruko opažanje Sunca**

31. siječnja 1954. Ldr 33°16.6'N,  $\lambda$  dr 27°40.5'E.

Iz niže nvedenog dvostrukog opažanja donjeg

No.	NAME	GMT	hs ho	GHA	Dec	MA	Zn T C	R Zn	S	EYE	IC
1	SUN	<sup>h m s</sup> 6 31 16	<sup>0</sup> 14 55.0 15 01.9	<sup>0</sup> 274 27.2	<sup>0</sup> -17 30.8	E	<sup>0</sup> 123.3 141.0	<sup>0</sup> 17.7	kn 15	ft 36	<sup>0</sup>
2	SUN	10 02 04	39 34.8 39 44.1	327 08.9	-17 28.5	E	—				

**PRVA VERZIJA RJEŠENJA, direktno  $\phi$  i  $\lambda$  metodom K-12 pomoću novo-programiranih kartica NG1-40 — 1, 2, 3 i oba paralaktična kuta zasebno**

Napomene:

1. Ovdje je pokazana mogućnost upotrebe paralaktičnog kuta drugog i prvog nebeskog tijela (X2 i X1) u istom programu sa samo jednom dodatnom naredbom (otipkavanjem 2nd C') i izmjenom redoslijeda deklinacija Dec i Griničkih satnih kutova GHA, čime je omogućeno opažanje drugog nebeskog tijela blizu ili točno u opažačevu meridijanu. Identičan rezultat pozicije upotrebom X2 i X1 pokazuje točnost metode K-12.

2. Računanje X2 bilo je namjerno proslijeđeno dalje pritiskom na taster E da se na DISPLAY-u pokaže i drugo rješenje za X2; zatim ponovnim pritiskom na D zadržana je vrijednost koja je bliža AX2. Ovo pokazuje fleksibilnost programa metode K-12 i jednostavnost ispravljanja eventualno pogrešnog pritiska na taster za izvršenje programa, a to je za korisnika kalkulatora od osobite važnosti. Stoga je program K-12 tako sastavljen da se greške u otkucavanju ulaznih podataka prikazanih pod ENTER lako ispravljaju pritiskom na taster CE (što znači »Clears Entries«, tj. briše pogrešno

Napomene:

1. Za prvo opažanje (Regulus) primjenjen je ispravan visine umjesto pomjeranja pravca položaja za prevaljeni put do časa drugog opažanja. Vrijednost Ho1 ctd uzeta je iz Prve verzije rješenja i pohranjena pod STO 06.

Ako prva verzija rješenja nije računata, može se Ho1 ctd izračunati ovdje sa karticom 1, počevši sa GMT2 i nastavljajući postupak otipkavanjem: A, GMT1, RUN, knots, RUN, R Zn1, RUN, Ho1, 2nd B.

2. Koordinate pozicije dobivene Prvom i Drugom verzijom pokazuju vrlo malu razliku, ali Prva verzija metode K-12 je tačnija i kraća.

rubu Sunca u razmaku vremena, izračunaj opažačevu poziciju za čas drugog opažanja pomoću kalkulatora Texas Instruments SR-52 i printer PC-100A.

ENTER	DISPLAY	PRESS	ENTER	DISPLAY	PRESS
		..OUTPUT			..OUTPUT
		CLR 2nd Cms			CLR 2nd Cms
Card 1		2nd B'	Card 1		2nd B'
Ho1 1501.9		RUN	Ho1 1501.9		RUN
LDR 3316.6		C	LDR 3316.6		C
Dec1 -1730.8		D	Dec1 -1730.8		D
123.2945516		Z1	123.2945516		Z1
123.03		Zn1	123.03		Zn1
GMT2 10.0204		A	GMT2 10.0204		A
GMT1 6.3116		RUN	GMT1 6.3116		RUN
3.3048		..AGMT	3.3048		..AGMT
knots 15.		RUN	knots 15.		RUN
52.7		..DNG	52.7		..DNG
R Zn1 17.7		RUN	R Zn1 17.7		RUN
.8367192672		..Ho1 cor.	.8367192672		..Ho1 cor.
Ho1 1501.9		2nd B'	Ho1 1501.9		2nd B'
15.86838593		..Ho1 ctd	15.86838593		..Ho1 ctd
Ho2 3944.1		RUN	Ho2 3944.1		RUN
Dec2 -1728.5		C	39.735		..Ho1 ctd
LDR 3316.6		D	15.86838593		..Ho2
7.99008987		..AX2	Dec1 -1730.8		C
GHA2 32708.9		E	LDR 3316.6		D
GHA1 27427.2		2nd A'	46.54019444		..AX1
52.695		..AGHA CLR	GHA1 27427.2		E
			GHA2 32708.9		2nd A'
Card 2			52.695		..AGHA CLR
Dec1 -1730.8		A B C D	Card 2		
4.896802316		..X2 E	Dec2 -1728.5		A B C D
<del>458.0862187</del>		..X2 D	47.37755451		..X1 CLR
4.896802316		..X2 CLR	Card 3		
Card 3					
3236.472864		..L B C D	3236.472864		..L B C D
2822.957381		..A	2822.957381		..A
32°36.5'N, 28°23.0'E			32°36.5'N, 28°23.0'E		

Slika 4

otkucane ulazne brojeve) pa se zatim ponovno otkucava točni ulazni broj. Međutim, ako se dogodi da korisnik kalkulatora pogrešno pritisne na taster za izvršenje bilo koje od 10 programiranih naredbi («Labels» A, B, C itd.) ili taster RUN (odnosno EXECUTE) za izvršenje pojedinih dijelova jedne od tih programiranih naredbi, tada se ta greška jednostavno ispravlja pritiskom na taster CLR (što znači »Clears the display and clears all calculations in progress but not the memory registers« tj. briše DISPLAY i operacije u toku ali ne i registrirane memorije), a zatim se ponovno ulazi u isti ili prethodni programski korak definiran naredbom koja nije RUN. — To praktički znači, ako u jednoj programiranoj naredbi (npr. A) ima tri dijela koja se računaju pritiskom tri puta na taster RUN, tada se greška napravljena u pritiskivanju na taster RUN može ispraviti tako da se pritisne na taster CLR i zatim uđe u prethodni programski korak koji nosi naredbu A. Drugim riječima, čim više ima onih RUN (odnosno EXECUTE) tim više se moramo vra-

ćati unatrag da bi ispravili tu grešku i da ne poremetimo pravilno pohranjivanje podataka u memoriju. Stoga je u programu K-12 izbjegnuta velika upotreba tastera RUN (odnosno EXECUTE), pa je time eventualne greške korisnika kalkulatora moguće jednostavno ispraviti, a znamo da čovjek nije elektronski stroj i moramo računati s izvjesnim procentom mogućih grešaka u radu, iako nam je želja i imperativ da izračunata pozicija treba da bude točna.

U programu K-12 npr. za karticu 1 (card 1) u naredbi A programirano je tri puta otkucavanje tastera RUN i time se dobivaju na DISPLAY-u izračunata tri posredna parametra (razlika Griničkih vremena  $\Delta$ GMT, prevaljeni put DMG i popravak visine prvog opaženog nebeskog tijela Ho1 cor) što omogućava izvjesnu usputnu kontrolu odoka koja pokazuje da li kalkulator ispravno radi. Međutim, čitav program K-12 može se staviti pod znatno manji broj naredbi («Labels») npr. umjesto 10 samo 3 ili 4 (ali to zavisi od kapaciteta

kalkulatora, tj. broja programskih koraka i registarskih memorija) pa bi tada prikazivanje na DISPLAY-u izračunatih posrednih parametara bilo izostavljeno, te bi se nakon otkucanih ulaznih argumenata direktno dobijale koordinate pozicije. Ali, kalkulatori većeg kapaciteta su skuplji pa smatram da treba ostaviti navigatoru (korisniku kalkulatora) donošenje odluke kakav kalkulator će kupiti, da li jeftiniji ili skuplji, pri čemu oba mogu imati izvršten program K-12.

3. Za izračunavanje geografske dužine ( $\lambda$ ), kad je mjesni satni kut (MA) drugog nebeskog tijela istočni (E), treba pritisnuti tastere B, C i D, a kad je zapadni (W) samo B i D.

Međutim, u kalkulatoru većeg kapaciteta u kojem je također izvršten program K-12, moguće je ovo potpuno izbjeći jer tada program K-12 sam bira (bez posebnog pritiskanja na taster) ne samo pravu vrijednost mjesnog satnog kuta bilo E ili W, već također program K-12 sam bira i pravu vrijednost paraktičnog kuta.

## DRUGA VERZIJA RJEŠENJA, razlike visina i azimuti metodom K-12 pomoću dvije od novo-programiranih kartica (NG1-40—1 i 3).

Koordinate sjecišta pravaca položaja postojećom karticom NG1-26.

Additional entering data:

No.	NAME	DR	MA=GHA + $\lambda$ DR E
1	SUN	33 16.6 N	57 52.3 E
		27 40.5 E	
2	SUN	32 34.8 N	4 29.5 E
		28 21.6 E	

### Napomene:

- Zbrojena pozicija u času drugog opažanja (vidi gore pod DR2) određena je zbrajanjem kurseva počev od DR1 pa za  $\Delta$ V1 i azimut do vjerojatne pozicije Pv1, a zatim za kurs i udaljenost do DR2. Pozicija DR2 se može odrediti grafički ili pomoću tablica zbrajanja kurseva, ili pak pomoću postojeće kartice NG1—10.
- Za određivanje koordinata pozicije pomoću kartice NG1—26 ili grafički, treba  $\Delta$ V1 (tj. a1) uzeti kao nulu i na kalkulatoru otipkati O STO 12, jer prvi pomjereni pravac položaja prolazi kroz DR2.
- Umjesto naprijed navedenog standardnog postupka (tač. 1 i 2) može se Ho1 ctd izračunati karticom 1

ENTER DISPLAY PRESS

..OUTPUT

SUN 1st                    CLR 2nd CMs  
Card 1                    2nd B'

Dec1 -1730.8            RUN  
LDR 3316.6            C  
MA1 5752.3            E STO 14  
Ho1 1501.9            E CLR  
Card 3                    A  
1500.270481..Hc1 E  
1.640631072..a1 O STO 12 B  
123.2683165..Zn1 2nd A' CLR

SUN 2nd                    2nd B'  
Card 1

Dec2 -1728.5            RUN  
LDR 3234.8            C  
MA2 429.5            E STO 14  
Ho2 3944.1            E CLR  
Card 3                    A  
3945.654181..Hc2 E  
-1.554181258..a2 B  
174.4235408..Zn2 2nd B' CLR

FIX, Card NG1-26

LDR 3234.8            A  
λDR -2821.6            B  
No. 3.                    C  
No. 6.                    D  
-2822.899067..λ E  
3236.46845..L  
32°36.5'N, 28°22.9'E

Slika 5.



i pohraniti pod STO 06 kao u primjeru 1, a DR2  $32^{\circ} 35.6' N$ ,  $28^{\circ} 20.1' E$  (određena bez korekture za Pvl) koristiti pri računanju obih pravaca položaja i određivanja MA1, MA 2i Fix (pozicije opažača). Tako izračunata pozicija bila je  $32^{\circ} 36.4' N$ ,  $28^{\circ} 22.9' E$ , tj. skoro identična.

4. Također je moguće umjesto spomenutog standardnog postupka upotrebiti DR1 za računanje MA1 i prvog pravca položaja, a DR2 (bez korekture za Pvl) za računanje MA2, drugog pravca položaja i koordinata pozicije (Fix). Tako izračunata pozicija bila je  $32^{\circ} 36.5' N$ ,  $28^{\circ} 23.1' E$ , ali je ispuštena prednost korekture DR1 pomoću prvog pravca položaja.

## USPOREDBA METODE K-12 S TABLICAMA K21

Metoda K-12 prvenstveno je namijenjena direktnom računanju geografske širine i dužine džepnim programiranim kalkulatorom u nastojanju da se to postigne kratkim i jednostavnim postupkom samo jednim programom, i to bez ograničenja u pogledu jednovremenog opažanja ili opažanja u razmaku vremena dvaju nebeskih tijela (bilo Sunca, Mjeseca, zvijezda ili planeta), ili dvostrukog opažanja Sunca (jednog nebeskog tijela) čak i kada je drugo opažanje blizu ili točno u opažačevu meridijanu, a ovakvu mogućnost još nisam vidio u nijednoj drugoj dosad objavljenoj metodi računanja astronomske pozicije programiranim kalkulatorom. Međutim, poznata je činjenica da je dvostruko opažanje Sunca vrlo čest i vrlo važan zadatak u praksi astronomske navigacije.

Da se postigne taj cilj i da se ta metoda učini lako prihvatljivom za navigatore, smatrao sam da iz direktnog postupka računanja  $\varphi$  i  $\lambda$  treba eliminirati slijedeće nedostatke:

1. Snimanje na kompasu azimuta prvog nebeskog tijela radi ispravka visine tog tijela za čas drugog opažanja. Snimanje azimuta kompasa zvijezde nije lako, pogotovo za velike visine, a to inače nije potrebno u metodi Marcq de St. Hilaire koja se danas pretežno primjenjuje u praksi i koja za to koristi pomicanje prvog pravca položaja. Stoga program za direktno računanje  $\varphi$  i  $\lambda$  opažačeve pozicije treba da sam riješi izračunavanje tog azimuta.

2. Crtanje skice situacije opaženih tijela na nebeskom svodu kojom se određuje što da se radi s izračunatim parametrima u postupku direktnog računanja pozicije iz tri sferna trokuta, jer bi crtanje ove skice produljilo taj postupak.

3. Zapreku za opažanje nebeskih tijela u većem razmaku vremena, pogotovo za dvostruko opažanje Sunca, i bez obzira da li se u drugom opažanju ono nalazi blizu ili točno u opažačevu meridijanu.

4. Predznak minus za istočne geografske dužine koji je prisutan u mnogim kalkulatorskim programima, jer je takav predznak suprotan postojećoj navigacijskoj praksi.

5. Isključivu upotrebu programa samo za direktnu metodu računanja  $\varphi$  i  $\lambda$  opažačeve pozicije, jer je očigledno da je metoda Marcq de St. Hilaire dominantna u sadašnjoj praksi, a navigatori su obično konzervativni kad se radi o primjeni ove (direktno)

metode. Stoga sam ostavio navigatorima mogućnost da se koriste istim programom također i za računanje razlike visina i azimuta, bilo radi kontrole pozicije izračunate direktnom metodom ili zbog želje navigatora da nastave sa stečenom navikom određivanja pravca položaja sve dok se ne uvjere u prednosti direktne metode K-12 ili dok direktna metoda općenito ne dobije široku primjenu u praksi.

6. Isključivu upotrebu vrlo skupih programiranih malih kalkulatora kao osobnog sredstva navigatora.

Sve ove nepogodnosti uspješno su eliminirane u metodi K-12 za džepni programirani kalkulator Texas Instruments SR-52, a što je evidentno iz ranijih objašnjenja ove metode i štampanih podataka u primjerima koji su prikazani u ovoj raspravi, a to je novi pristup u primjeni malih programiranih kalkulatora za rješavanje pozicionih zadataka astronomske navigacije.

Međutim, sadašnje mogućnosti malih kalkulatora još uvijek su daleko od velikih kompjutera koji omogućuju postavljanje metode K-12 na program mnogo jednostavniji za korištenje navigatorima. Osim toga, upozorenje štampano u instrukcijama za upotrebu ovih kalkulatora preporuča da navigatori uz kalkulator treba da uzmu sobom i odgovarajuće navigacijske tablice kao osiguranje od eventualnog kvara kalkulatora ili programskog materijala (kao što je gubitak sposobnosti baterije da se ponovno puni, ishabanost magnetskih kartica što otežava ili onemogućuje njihovo korištenje, ili neke druge elektronske greške — tako npr. prva dva kvara dogodila su se autoru ove rasprave za vrijeme istraživačkih radova i testiranja programa K-12, a treći kvar dogodio se na printeru tako da na tri mjesta ne štampa brojke).

Stoga sam smatrao potrebnim da se ovom prilikom nešto konkretnije kaže i o uspoređenju malog programiranog kalkulatora s tablicama gotovih rezultata visine i azimuta za upotrebu u suvremenoj praksi računanja pozicije iz astronomskih opažanja na brodu.

Za ovo uspoređenje uzео sam Tablice K21 jer su se one očito približile maksimumu pojednostavnjenja tabličnog rješenja visine i azimuta. Iz ovih Tablica vade se rezultati na način koji je jedinstven u primjeni tablica. Naime, iako su u Tablicama K21 rezultati tabelirani digitalno na cijele minute za visinu i cijele stupnjeve za azimut, dodavanjem decimalne točke štampane iza ovih vrijednosti omogućuju njihovo očitavanje sa većom točnošću od tabelirane (tj.  $0.2'$  za visinu i  $0.2^{\circ}$  za azimut, pa su one prikladnije za pomorsku navigaciju nego američke tablice H. O. 249 izrađene za potrebe zrakoplovstva). Tablice K21 su moje nove tablice čiji je numerički dio rukopisa kompjuterski potpuno završen i spremne su za štampu, i dobile su vrlo povoljne ocjene o svojoj originalnosti i praktičnosti u poznatoj knjizi »American Practical Navigator — Bowditch« izdanje 1977. Hidrografskog Centra u Washingtonu.

Vađenje vrijednosti iz ovih Tablica je vrlo kratko i jednostavno, poput onog iz kalendara gdje se s godinom, mjesecom i danom vadi ime blagdana, stoga navigator ima manje mogućnosti da napravi grešku nego s kalkulatorom. U postupku računanja

s kalkulatorom ima dosta pritiskivanja tastera po određenom redosljedu u skladu sa shemom programiranog postupka, a osim toga, u takvim postupcima obuhvaćeni su različiti načini (formati) izražavanja vrijednosti ulaznih argumenata i izračunatih rezultata s različitim položajem decimalne točke, poput ovih u formatima DDMM.m, DD.MMSSs, M.m i DDD.dd, što treba striktno poštovati.

Činjenica je da ove Tablice gotovih rezultata nisu opterećene posebnim uputstvima za upotrebu, pa navigator nakon što ih dulje vremena ne upotrebljava, može bilo kada da ih ponovo uzme u ruke i s njima sigurno radi bez posebnih prethodnih priprema. To, međutim, nije moguće s kalkulatorom, jer se specifičnosti njegove upotrebe i postupka računanja vrlo brzo zaboravljaju. Zbog svega naprijed navedenog nije čudno što kao rezervu elektronskih sistema za navigaciju nalazimo, čak i u avionu, tablice gotovih rezultata visine i azimuta za astronomsku navigaciju (o čemu se autor osobno uvjerio u letu preko Atlantika).

Ipak, s »modern inspection tables« (kako se suvremeno nazivaju tablice gotovih rezultata visine i azimuta) dobivaju se samo izračunate visine i azimuti, pa nakon toga treba još odrediti razlike visina ( $\Delta V$ ) i ucrtati pravce položaja da bi se u njihovom sjecištu odredile koordinate opažačeve pozicije. Iako navigatori to dobro znaju i s lakoćom određuju grafički  $\varphi$  i  $\lambda$  sjecišta ovih pravaca položaja trebalo je, zbog objektivnosti, spomenuti još i ovaj grafički dodatak za »modern inspection tables« pri određivanju koordinata opažačeve pozicije. Osim toga, iz istog razloga, treba još spomenuti da je cijena ovih tablica mnogo manja od cijene programiranih kalkulatora i njihovih magnetskih kartica.

Međutim, očigledno je da se iz godine u godinu broj programiranih koraka i memorijskih registara u malim programiranim kalkulatorima povećava, te da se primjenom mikroprocesora integriranih sa preciznim kvarc satom mali programirani kalkulatori unapređuju u mini-kompjutere, približavajući se tako svojoj većoj elektronskoj braći, tj. kompjuterima, koji omogućavaju postavljanje metode K-12 u program mnogo jednostavniji od onog koji sam prikazao u rješenju donesenih primjera br. 1 i 2 s kalkulatorom SR-52. Stoga se u budućnosti može očekivati prednost takvih malih programiranih kalkulatora ili mini-kompjutera, naročito uzevši u obzir njihove mogućnosti da računaju ne samo razliku visina i azimut, već također i direktno  $\varphi$  i  $\lambda$  opažačeve pozicije. Prema tome, u sadašnje vrijeme kao i ubuduće, metoda K-12 sa svojim jedinstvenim programom za rješenje svih pozicionih zadataka u astro-

nomskoj navigaciji može se uz određenu modifikaciju upotrebiti i na kalkulatore s većim brojem programskih koraka, kao i na mini-kompjutere. Tako je metodu K-12 već usvojila firma Texas Instruments i ona će biti uvrštena u njihov novi programirani kalkulator. S obzirom da taj novi kalkulator ima veći broj programskih koraka, za njega sam već izvršio daljnje pojednostavnjenje postupka računanja, tako npr. program sam, bez intervencije korisnika, bira pravu vrijednost paralaktičnog kuta i mjesnog satnog kuta, dok je za mini-kompjuter taj postupak još znatno kraći. Ali, ovdje treba još napomenuti da je cijena mini-kompjutera mnogo veća od one za mali programirani kalkulator (npr. Plathov »Navicomp« u 1980. godini koštao je 1637 dolara, a Texas Instruments »Calculator SR-52« 187 dolara) pa će navigator kupujući sam svoje vlastito osobno sredstvo za računanje pozicije iz astronomskih opažanja vjerovatno uzeti u obzir i ovaj financijski aspekt. Ovdje je spomenuto »osobno sredstvo« navigatora iz razloga što je, pored toliko raznovrsne proizvodnje ovih elektronskih uređaja u svijetu, teško zamisliti takvu unifikaciju na brodovima da bi navigator mijenjajući službu s jednog broda na drugi uvijek našao isti tip tog elektronskog aparata na mostu, a privikavanje na specifičnosti svih tih kalkulatora i mini-kompjutera predstavlja ne samo poteškoću nego i pitanje sigurnosti izračunate pozicije. I zato bi mali programirani kalkulator ili mini-kompjuter trebao da bude osobno sredstvo navigatora čijim će rukovanjem i specifičnostima on potpuno ovladati.

U ovoj su usporedbi objektivno iznesena tipična svojstva (pozitivna i negativna) programiranih kalkulatora, mini-kompjutera i tablica gotovih rezultata visine i azimuta, a kao nepristran i adekvatan zaključak kazao bih da je najbolje ostaviti navigatorima da oni odlučuju koja će sredstva — modern inspection tables, programirane džepne kalkulatore ili mini-kompjutere — koja im pronalazači i proizvođači nude na tržištu, kupiti za svoju vlastitu upotrebu u astronomskoj navigaciji.

#### Literatura:

- 1 Dr S. Kotlarić: »K-12 Method By Calculator: A Single Program For All Celestial Fixes, Directly or By Position Lines«. Navigation (Journal of the Institute of Navigation) Vol. 28, No. 1, Spring 1981, printed in Washington, USA
- 2 Dr S. Kotlarić: »Sight Reduction — By Tables or By Celestial Navigation Computer?« International Hydrographic Review, Vol. LIII, No. 2, Monaco, July 1976.
- 3 Dr S. Kotlarić: »Astro-navigacijski kompjuteri u konkurenciji s tablicama za astronomsku navigaciju«. Hidrografski godišnjak 1974, izdanje Hidrografskog instituta JRM, Split, 1976.
- 4 C. T. Daub: »A Completely Programmable Method of Celestial Navigation«. Navigation (Journal of the Institute of Navigation) Vol. 26, No. 1, Spring 1979, printed in Washington, USA

