ELEKTRONSKI RAČUNALNIK V GEODETSKI ASTRONOMIJI

— Izračun obzorniške mreže za Tvrtljivo zvezdno karto —

*Bogdan KILAR — Ljubljana**

UVOD — Uporaba elektronskih računalnikov pri obsežnih izračunih v znanosti in tehniki je danes skoraj samo po sebi umevna. Elektronski računalniki predstavljajo pripomoček s katerim je mogoče prihraniti zelo veliko časa, ki bi ga sicer porabili za mučno računanje obsežnih problemov z različnimi računskimi pripomočki kot so n pr. stroji na električni in ročni pogon, logaritmična računala in raznovrstne-najpogosteje logaritmične-tablice. So pa tudi močno raziskovalno sredstvo, saj se z njihovo pomočjo rešujejo problemi, ki bi samo s »klasičnim« računanjem praktično sploh ne bili rešljivi (npr. avtomatičen izračun korekture elementov tira umetnega satelita). Poleg tega pa opravljajo sodobni elektronski računalniki tudi že nekatere umske dejavnosti, ki so še pred nekaj leti veljale za izključno sposobnost in odliko človeka. Tu velja omeniti npr. iskanje matematičnih modelov za vodenje sistemov z velikim številom elementov in pa poskuse z avtomatsko diagnostiko v tehniki in medicini (tolmačenje elektrokardiogramov).

Elektronski računalnik ne rešuje (samostojno) nobenih matematičnih problemov. Računalnik opravlja le delo računarja, ki npr. z namiznim računskim strojem izvršuje predpisane računske operacije z danimi števili po predpisanem vrstnem redu, ne da bi sicer sploh vedel za kakšno nalogo gre.

Naloga, ki naj se z računalnikom reši je lahko tekstna ali pa računska. V prvem primeru je treba matematični algoritem šele najti, kar pomeni, da je najti način rešitve naloge in izvesti obrazce, katerih izračun pomeni (pri določenih predpostavkah, ki morajo biti vsebovane že v tekstu naloge) rešitev naloge. V obeh primerih je potem še preiskati, če so obrazci za računalnik primerni tj. da na najhitrejši način vodijo do rezultata in da v določenih primerih računsko ne odpovedo. Če imamo na tak način nalogo matematično določeno, je naslednji korak v izdelavi programa tj. splošnega predpisa po katerem naj stroj računa, upoštevajoč vse možnosti, ki lahko pri dani nalogi nastopajo. Težnja, da se programi pišejo na enoten način in da so splošno razumljivi je vodila do splošnih simboličnih jezikov kot so npr. ALGOL, FORTRAN, FREIBURG, COBOL in drugi.

Splošne računske naloge, značilne za neko stroko, moremo največkrat razčleniti v posamezne, osnovne naloge. Če smo sestavili npr. ALGOL programe za te naloge, bo izdelava programa za računsko rešitev splošnejšega problema dosti lažja in jo bomo dosegli s primerno kombinacijo programov za osnovne naloge.

* Bogdan Kilar, dipl. astronom - Fakulteta AGG, Ljubljana, Aškerčeva 18

Predloženo delo je primer uporabe elektronskega računalnika v geodetski astronomiji po zgornjem načelu. Služiti pa more tudi pri reševanju mnogih problemov iz navtike in kartografije, tj. povsod, kjer gre za razrešitev sferičnega trikotnika. V navtiki je npr. na ta način omogočen avtomatičen izračun višinskih krivulj zvezd. Glej [3], str 409, v kartografiji pa npr. avtomatičen izračun poljubne azimutalne projekcije za poljubno dotikališče. Tabele kot sta jih obavila E. Hammer in Zöppritz se torej dajo avtomatično izračunati. Glej [6], str. 117-120,123.

Delo sem izvršil v Računskem centru bavarske Akademije znanosti (računalnik Telefunken R 4) v teku svojega strokovnega izpopolnjevanja na Institutu za fizikalno in astronomsko geodezijo Tehnične visoke škole v Münchenu. Kot primer sem vzel izračun obzorniške mreže za vrtljivo zvezdno karto poljubne projekcije in sicer za vzporednik Ljubljane ($\varphi = 46° 2'58''$) in za vzporednik 45°. Izračun za vzporednik $\varphi = 45°$ je bíl obravnavan in končan z računskim strojem na ročni pogon pri Katedri za višjo geodezijo in astronomijo Geodetsko-komunalnega oddelka Fakultete AGG v Ljubljani. Na ta način je bila mogoča kontrola na računalniku izračunanih rezultatov.

Vsem omenjenim ustanovam dolgujem za dano mi možnost dela in številne pobude svojo iskreno zahvalo.

NALOGA

Za dano geografsko širino je izračunati podatke, ki naj služijo izdelavi obzorniške mreže za vrtljivo zvezdno karto poljubne projekcije. Računati je za vsakih 5° v zenitni razdalji in za vsakih 5° v azimutu. Vsi koti naj bodo izraženi v stari kotni razdelbi oziroma v časovni meri.

Točnost: Izdelak naj služi kot primer za programiranje v geodetski astronomiji in kartografiji. Zato bodi točnost večja kot pa je potrebno za sámo konstrukcijo obzorniške mreže. Znaša naj 0,1" v deklinaciji in 0,01^s v časovnem kotu. Dana naj bo tudi možnost to točnost še povečati.

MATEMATIČNI ALGORITEM

Naloga predstavlja transformacijo sferičnih koordinat in sicer iz horizontskega sistema (azimut, zenitna razdalja) v ekvatorski sistem (časvoni kot, deklinacija).

Poljuben kot med 0° in 360° je določen, če sta znani dve trigonometrični funkciji tega kota npr. sinus in cosinus. Zato je za vsak iskani kot poiskati dva obrazca, ki izražata sinus in cosinus iskanega kota z znanimi količinami.

Če izrazimo deklinacijo δ s polarno razdaljo $p = 90° - \delta$, se glasi osnovni obrazec.

(1) $$\sin\delta = \cos p = \sin\varphi \,.\, \cos z - \cos\varphi \,.\, \sin z \,.\, \cos a,$$

kjer pomeni φ geografsko širino, z zenitno razdaljo in a azimut, ki ga štejemo od južišča (0°) pozitivno proti zahodu.

Za sinus polarne razdalje velja obrazec:

(2) $$\cos\delta = \sin p = 2 \sin p/2 \,.\, \cos p/2 \geq 0,$$

kjer je potrebno izraziti desno stran z znanimi količinami φ, z in a.

Če v obrazcu (1) na desni strani prištejemo in odštejemo izraz: $\cos\psi \cdot \sin z$, dobimo

(3) $$\cos p = \sin(\varphi - z) + 2\cos\varphi \cdot \sin z \cdot \sin^2 a/2$$

(3') $$\cos p = \sin(\varphi + z) - 2\cos\varphi \cdot \sin z \cdot \cos^2 a/2$$

Če sedaj tvorimo izraza $1 + \cos p = 2\cos^2 p/2$

$1 - \cos p = 2\sin^2 p/2$

in postavimo za cos p prvič izraz iz (3), drugič pa izraz iz (3') dobimo:

(4) $$\cos^2 p/2 = \cos^2 \frac{90 - \varphi + z}{2} + \cos\varphi \cdot \sin z \cdot \sin^2 a/2$$

(5) $$\sin^2 p/2 = \sin^2 \frac{90 - \varphi - z}{2} + \cos\varphi \cdot \sin z \cdot \cos^2 a/2$$

Desno stran v obrazcu (2) je mogoče sedaj izraziti s pomočjo (4) in (5) z znanimi količinami φ z in a.

Če limitira polarna razdalja proti vrednosti nič: $p \to 0^\circ$, azimut pa proti vrednosti 180° : $a \to 180^\circ$ (severni nebesni pol) velja: $(\varphi + z) \to 90^\circ$ in $a/2 \to 90^\circ$. Iz (5) sledi potem za ta primer: $\sin^2 p/ \to 0$, iz (2) pa v tem slučaju: $\sin p \to 0$.

V primeru $p \to 180^\circ$ in $a \to 0^\circ$ (južni nebesni pol) pa velja: $z \to (90^\circ + \varphi)$, torej $(\varphi - z) \to -90^\circ$. Iz (4) sledi potem za ta primer: $\cos^2 p/2 \to 0$, iz (2) pa v tem slučaju: $\sin p \to 0$.

Na ta način sta s splošnima obrazcema (1) in (2) določeni funkciji sinus in cosinus iskane polarne razdalje in s tem tudi polarna razdalja sama.

Funkciji sinus in cosinus časovnega kota pa dobimo po sledečih obrazcih:

(6) $$\sin t = \frac{\sin z \cdot \sin a}{\cos\delta}$$

(7) $$\cos t = \frac{\sin z \cdot \cos a + \cos\varphi \cdot \sin\delta}{\sin\varphi \cdot \cos\delta}$$

V obeh nebesnih polih je časovni kot nedoločen in zgornja obrazca odpovesta za vrednosti deklinacije $\delta = 90^\circ$oz . $\delta = -90^\circ$. Vzemimo, da teče almukantarat skozi enega nebesnih polov: $z = 90^\circ - (\varphi)$. Če v tem primeru limitira azimut proti 180°: $a \to 180^\circ$ (severna polobla) ali proti 0° : $a \to 0^\circ$ (južna polobla), limitira absolutna vrednost deklinacije proti 90° : $|\delta| \to 90^\circ$, časovni kot pa pravtako proti $90^\circ = 6^h$ torej $t \to 6^h$. To dejstvo je treba posebej upoštevati v programu, tako, da stroj pri vrednostih deklinacije: $+90^\circ$ ali -90° ne računa po obrazcih (6) in (7), ampak natisne limitno vrednost časovnega kota: $t = 6^h$.

PROGRAM ALGOL 60

Uvod — Zaradi čim splošnejše uporabnosti je vzeta pri izdelavi programa ALCOR inačica mednarednega algoritmičnega jezika ALGOL 60. Ta inačica ne uporablja nekaterih elementov ALGOLA, ki jih je možno zgraditi iz enostavnejših elementov.

Seznam spremenljivk, funkcij in procedur — Program vključuje 10 globalnih spremenljivk tipa »integer«, 26 globalnih spremenljivk tipa »real«, 1 lokalno spremenljivko (CSFISNZ), dve funkciji (»real procedure«) in 5 procedur (»procedure«).

Globalne spremenljivke »integer«:

AA . . . . astronomski azimut v stopinjah. Teče od 0° do 180° po 5° (je torej vedno mnogokratnik števila 5);
I . . . . tekoča spremenljivka cikla I;
J . . . . tekoča spremenljivka cikla J;
K . . . . tekoča spremenljivka cikla K;
FI1 . . . . . . stopinje geografske širine;
FI2 . . . . . . minute geografske širine;
G . . . . stopinje deklinacije;
M . . . . minute (ločne ali časovne) deklinacije oz. časovnega kota;
ST . . . . ure časovnega kota;
X . . . . zgornja meja cikla K (more zavzeti le dvoje vrednosti : 2 ali 5);

Globalne spremenljivke »real«:

A . . . . astronomski azimut, izražen v ločni meri;
FI . . . . geografska širina, izražena v ločni meri;
FI3 . . . . . . sekunde geografske širine;
HSINFI . . . sinus geografske širine
HCOSFI . . . cosinus geografske širine;
Z . . . . zenitna razdalja v ločni meri;
D . . . . deklinacija v ločni meri;
T . . . . časovi kot v ločni meri;
HSINZ . . . . sinus zenitne razdalje;
HCOSZ . . . . cosinus zenitne razdalje;
HSINA . . . . sinus astronomskega azimuta;
HCOSA . . . . cosinus astronomskega azimuta;
HSIND . . . . sinus astronomske deklinacije;
HCOSD . . . . cosinus astronomske deklinacije;
HSINP2 . . . sin p/2,kjer je p polarna razdalja: $p = 90° - \delta$;
HCOSP2 . . . cos p/2;
HSINA2 . . . $\sin^2 a/2$, kjer je a astronomski azimut;
HCOSA2 . . . $\cos^2 a/2$;
HSINT . . . . sinus časovnega kota;
HCOST . . . . cosinus časovnega kota;
PI . . . . $\pi = 3{,}14159265$;
PI2 . . . . . . $\pi/2$;
REZ . . . . . . kot (v ločni meri), ki ustreza danima funkcijama sinus in cosinus tega kota. Opomba: spremenljivka bi mogla biti tudi lokalna v funkciji GAUSS;
ROH . . . . . $\varrho^h = 24/2\pi$;
S . . . . sekunde (ločne ali časovne) deklinacije oz. časovnega kota;
UMFANG . . 2π;

Lokalna spremenljivka (cikel K):

CSFISNZ . . $\cos \varphi \cdot \sin z$;

Funkciji

Funkcija BOGEN (real procedure BOGEN) izračuna danemu kotu (stara kotna razdelba) ustrezni lok.

Funkcija GAUSS (real procedure GAUSS).

Veličina računalnikov ima vgrajene kot t. im. standardne trigonometrične funkcije le funkcije: sin, cos in arctan. Zato je treba transcendentne funkcije kakor npr. funkciji arcsin in arccos izraziti s standardno funkcijo arctan.

Funkcija GAUSS izračuna danima funkcijama $\sin x = y_1$ in $\cos x = y_2$ ustrezni lok x in sicer v slučaju, da je

$|\cos x| > \sin x$ in $\cos x \geq 0$ po obrazcu

$$x = \arcsin y_1 = \arctan \frac{y_1}{\sqrt{1 - y_1^2}}$$

v slučaju, da je

$|\cos x| > |\sin x|$ in $\cos x < 0$ pa po obrazcu:

$$x = \arcsin y_1 = \pi - \arctan \frac{y_1}{\sqrt{1 - y_1^2}}.$$

Če pa je

$|\cos x| \leq \sin x|$ in $\sin x \geq 0$

se računa po obrazcu:

$$x = \arccos y_2 = \pi/2 - \arctan \frac{y_2}{\sqrt{1 - y_2^2}},$$

v slučaju

$|\cos x| \leq |\sin x|$ in $\sin x < 0$ pa po obrazcu

$$x = \arctan \frac{y_2}{\sqrt{1 - y_2^2}}.$$

Če je rezultat negativna vrednost, se potem v obeh primerih še prišteje $360^\circ = 2\pi$, tako, da je končni rezultat vedno pozitivno število.

Procedure

Procedure z imeni ZWR, ZEILE in CARMEN urejajo način pisave rezultatov. Vobče piše računalnik rezultate v obliki nekega faktorja in potence z osnovo 10. V kolikor želimo rezultate v kakšni drugi obliki, je treba to posebej programirati.

Procedura ZWR izvaja predpisano število (K) presledkov v eni vrsti.

Procedura ZEILE skrbi za predpisano število (K) začetkov novih vrst.

Procedura CARMEN ureja skupno s procedurama ZWR in ZEILE pisavo rezultatov v obliki: celo število stopinj - presledek - celo število minut - presledek - decimalno število sekund.

Število decimalnih mest moremo zahtevati različno. Procedura CARMEN je zgrajena za eno, dvoje ali troje decimalnih mest v sekundah.

Procedura CARMEN je zgrajena iz osnovnih elementov ALGOLA, vendar ni zelo enostavna in predstavlja zanimivo konstrukcijo ter primer za proceduro v proceduri. Računalnik potrebuje za prevod takšne procedure v interni jezik relativno precej časa. Tej pomankljivosti se skušajo v zadnji letih izogniti z uvedbo različnih standardnih procedur za tiskanje rezultatov kot npr. OUTPUT, OUTLIST in druge Razlog, da teh procedur v predloženem delu ni je dvojen. Prvič: računalnik ZUSE 23 pri Računskem centru Instituta za matematiko, fiziko in mehaniko v Ljubljani teh procedur še nima vgrajenih, drugi razlog pa bi bil ta, da je tovrstna problematika še v razvoju in da računski centri stalno spreminjajo tovrstne programe, tako, da določena procedura potem ni veljavna za vsak računalnik.

Procedura GRAD pretvarja dani lok v stopinje, minute in sekunde stare razdelbe. Zgrajena je za točnost 0,01" (pogrešek ≤ 0,005").

Procedura TEMPUS pretvarja dani lok v časovne ure, minute in sekunde. Zgrajena je za točnost $0{,}001^s$.

Pojasnila k programu

Na dani geografski širini je za določeno zenitno razdaljo in azimut izračunati ustrezno deklinacijo in časovni kot. Almukantarati rastejo od 5° do 90° zenitne razdalje po 5° (5°, 10°, 15°,...). Za dani almukantarat se potem zaradi simetrije z ozirom na meridijan jemljejo vrednosti azimutov le od 0° do 180° po 5° (0°, 5° 10°,...). Transformirati je torej treba presečišča 18 almukantaratov s 37 vertikalnimi polkrogi-kar dá 666 presečišč. Za vsako presečišče (dvojica: z, a) je izvesti transformacijo, skupno torej 666 krat.

Rezultati izračuna naj bodo za vsak almukantarat na enem listu in je temu ustrezno vzeti število izpuščenih vrst: 12 med enim in naslednjim almukantaratom. Na vsakem listu naj bo natisnjena zenitna razdalja almukantarata. Zaradi preglednosti tabele bodi na vsakih 5 vrst ena izpuščena. Zadnja zahteva določa razporeditev rezultatov v 8 skupinah. Sedem skupin ima po 5 vrst, prva skupina teče po azimutih: 0°, 5°, 15°, 20°, druga skupina po azimutih 25°—45° ,..., sedma skupina po azimutih 150°—170°, osma skupina pa vsebuje le dve vrsti in sicer za vrednosti azimutov 175° in 180°.

Navedeni pogoji in zahteve določajo 666. kratno ponovitev izračuna transformacije v treh ciklih. Prvi cikel (tekoča spremenljivka J) teče po zenitnih razdaljah almukantaratov (18 vrednosti), drugi in tretji cikel pa tečeta po azimutih. Drugi cikel (tekoča spremenljivka I) teče po skupinah (vrednosti od ! do 8), tretji cikel (tekoča spremenljivka K) pa zavzema vrednosti 1, 2, 3, 4, 5 v kolikor gre za skupine 1 do 7, oziroma vrednosti 1 in 2 v kolikor gre za 8. skupino.

Program

```
'BEGIN'
'COMMENT' OBZORNISKA MREZA ZA VRTLJIVO ZVEZDNO KARTO;
'INTEGER' AA, I, J, K, FI1, FI2, G, M, ST, X;
'REAL' A, FI, FI3, HSINFI, HCOSFI, Z, D, T, HSINZ, HCOSZ, HSINA, HCOSA,
HSIND, HCOSD, HSINP2, HCOSP2, HSINA2, HCOSA2, HSINT, HCOST,
PI, PI2, REZ, ROH, S, UMFANG;

'PROCEDURE' ZWR(K) ;
'INTEGER' K ;
'BEGIN' 'INTEGER' I ;
'FOR' I : = 1 'STEP' 1 'UNTIL' K 'DO' WRITE(' (' ') ')
'END' PROCEDURE ZWR;

'PROCEDURE' ZEILE (K) ;
'INTEGER' K ;
'BEGIN' 'INTGER' I ;
'FOR' I : = 1 'STEP' 1 'UNTIL' K 'DO'
                                                  WRITE (' ('
') ')
'END' PROCEDURE ZEILE ;
```

```
'PROCEDURE' CARMEN (A, B, C, R) ;
'VALUE' A, B, C, R ;
'INTEGER' A, B, R ; 'REAL' C ;
'BEGIN' 'INTEGER' A1, B1, II, E, V ; 'REAL' GEN ;
'BOOLEAN' ZIFF, VORZ ;
'PROCEDURE' WR (I) ;
'INTEGER' I ;                             'BEGIN'
'IF' I 'LESS'  0 'THEN' 'GOTO' ZF ;
'IF' I 'LESS'  1 'THEN' 'BEGIN' WRITE (' ('0') ') ; 'GOTO' ZE 'END' ;
'IF' I 'LESS'  2 'THEN' 'BEGIN' WRITE (' ('1') ') ; 'GOTO' ZE 'END' ;
'IF' I 'LESS'  3 'THEN' 'BEGIN' WRITE (' ('2') ') ; 'GOTO' ZE 'END' ;
'IF' I 'LESS'  4 'THEN' 'BEGIN' WRITE (' ('3') ') ; 'GOTO' ZE 'END' ;
'IF' I 'LESS'  5 'THEN' 'BEGIN' WRITE (' ('4') ') ; 'GOTO' ZE 'END' ;
'IF' I 'LESS'  6 'THEN' 'BEGIN' WRITE (' ('5') ') ; 'GOTO' ZE 'END' ;
'IF' I 'LESS'  7 'THEN' 'BEGIN' WRITE (' ('6') ') ; 'GOTO' ZE 'END' ;
'IF' I 'LESS'  8 'THEN' 'BEGIN' WRITE (' ('7') ') ; 'GOTO' ZE 'END' ;
'IF' I 'LESS'  9 'THEN' 'BEGIN' WRITE (' ('8') ') ; 'GOTO' ZE 'END' ;
'IF' I 'LESS' 10 'THEN'         WRITE (' ('9') ') 'ELSE'
ZF: WRITE (' ('F') ') ;                  ZE :
'END' PROCEDURE WR ;
'PROCEDURE' RED (O, Q) ;
'INTEGER' O, Q ;
'BEGIN' E : = 0 ;
MARKE: 'IF' O 'NOTLESS' Q 'THEN'
'BEGIN' E:=E+1 ; ZIFF:='TRUE' ; O:=O—Q ;
'GOTO' MARKE 'END' ;
'IF' ZIFF 'THEN' 'BEGIN' 'IF' VORZ 'THEN'
'BEGIN' VORZ: = 'FALSE' ; 'IF' V 'LESS' 0 'THEN' WRITE (' ('—') ')
'ELSE' ZWR(1) 'END' ; WR(E) 'END' 'ELSE' ZWR(1)
'END' PROCEDURE RED ;
'IF' A 'LES' 0 'THEN' V:=—1 'ELSE' V:=1 ;
A:=ABS(A) ; VORZ:= 'TRUE' ; ZIFF:= 'FALSE' ;
RED (A, 100) ; RED (A, 10) ; ZIFF:= 'TRUE' ; RED (A, 1) ;
ZWR (1) ; ZIFF:= 'FALSE' ; RED (B, 10) ; ZIFF:= 'TRUE' ;
RED (B, 1) ; ZWR (1) ; GEN:=1 ;
'FOR' II:=1 'STEP' 1 'UNTIL' R 'DO' GEN:=GEN/10 ;
AI:=ENTIER (C+.5 x GEN) ;
ZIFF:= 'FALSE' ; RED (A1, 10) ; ZIFF:= 'TRUE' ;
RED (A1, 1) ; WRITE (' ('.') ') ;
'IF' R 'EQUAL' 3 'THEN'
'BEGIN' B1:=ENTIER (1000 x (C — ENTIER (C + .5₁₀ — 3) ) + .5) ;
RED (B1, 100); RED (B1, 10) ; RED (B1, 1) 'END' ;
'IF' R 'EQUAL' 2 'THEN'
'BEGIN' B1:=ENTIER (100 x (C — ENTIER (C + .5₁₀ — 2) ) + .5) ;
RED (B1, 10) ; RED (B1, 1) 'END' ;
'IF' R 'EQUAL' 1 'THEN'
'BEGIN' B1:=ENTIER (10 x (C — ENTIER (C + .5₁₀ — 1) ) + .5) ;
RED (B1, 1) 'END'
'END' PROCEDURE CARMEN ;
```

```
'PROCEDURE' GRAD (ARC, G, M, S) ;
'INTEGER' G, M ; 'REAL' ARC, S ;
'BEGIN' 'REAL' GG, MM ;
GG:=ABS (ARC) × 57 . 295779513 ; G:=SIGN (ARC) × ENTIER (GG) ;
MM:= (GG — ABS (G) ) × 60 ; M:=ENTIER (MM) ; S:= (MM—M) × 60 ;
'IF' MM 'NOT LESS' 59 . 9999166667 'THEN'
'BEGIN' G:=G + 1 ; M:=0 ; S:=0 'END' 'ELSE'
'BEGIN' 'IF' S 'NOT LESS' 59 . 995 'THEN'
'BEGIN' M:=M + 1 ; S:=0 'END' 'END'
'END' PROCEDURE GRAD ;

'PROCEDURE' TEMPUS (ARC, ST, M, S) ;
'INTEGER' ST, M ; 'REAL' ARC, S ;
'BEGIN' 'REAL' HH, MM ; HH:=ABS (ARC) × ROH ;
ST:=SIGN (ARC) × ENTIER (HH) ; MM:=(HH — ABS (ST) ) × 60 ;
M:=ENTIER (MM) ; S:= (MM—M) × 60 ;
'IF' MM 'NOT LESS' 59 . 9999916667 'THEN'
'BEGIN' ST:=ST+1 ; M:=0 ; S:=0 'END' 'ELSE'
'BEGIN' 'IF' S 'NOT LESS' 59 . 9995 'THEN'
'BEGIN' M:=M+1 ; S:=0 'END' 'END'
'END' PROCEDURE TEMPUS ;

'REAL' 'PROCEDURE' BOGEN (H1, H2, H3) ; 'INTEGER' H1, H2 ; 'REAL' H3 ;
'BEGIN'
BOGEN:=H1 × . 1745329252₁₀ — 1 + H2 × . 29088821₁₀ — 3 + H3 . 484814₁₀ — 5
'END' PROCEDURE BOGEN ;

'REAL' 'PROCEDURE' GAUSS (S, C) ;
'REAL' S, C ;
'BEGIN' 'IF' ABS (C) 'GREATER' ABS (S) 'THEN'
'BEGIN' REZ:=ARCTAN (S/SQRT (1—S × S) ) ;
'BEGIN' REZ:=SQRT (1—C X C) ;
REZ:=PI/2 — ARCTAN (C/REZ) ;
'IF' S 'LESS' 0 'THEN' REZ:=-REZ 'END' ;
'IF' REZ 'LESS' 0 'THEN' REZ:=REZ+UMFANG ;
GAUSS:=REZ
'END' PROCEDURE GAUSS ;

PI:=3.14159265 ; PI2:=1.57079633;
ROH:=3.81971863 ; UMFANG:=6.28318531 ;
ZEILE (8) ; WRITE (' ('GEOGRAFSKA SIRINA') ') ;
READ (FI2, FI3) ; CARMEN (FI1, FI2, FI3, 1) ; ZEILE (3) ;
'IF' FI1 'LESS' 0 'THEN' 'BEGIN' FI2:= F12:F13= . F13 'END'
FI:=BOGEN (FI1, FI2, FI3) ; HSINFI:=SIN (FI) ; HCOSFI:=COS (FI) ;
'FOR' J:=5 'STEP' 5 'UNTIL' 90 'DO'
'BEGIN'
WRITE (' ('ALMUKANTARAT') ') ; CARMEN (J, 0, 0, 1) ;
ZEILE (4) ; ZWR (3) ; WRITE (' ('AZIMUT') ') ; ZWR (7) ;
WRITE (' ('DEKLINACIJA') ') ; ZWR (12) ;
```

```
WRITE (' ('CAS KOT') ') ; ZEILE (2) ;
Z:= BOGEN (J, 0, 0) ; HSINZ:=SIN (Z) ; HCOSZ:=COS (Z) ;
AA:=-5 ;
'FOR' I:= 'STEP' 1 'UNTIL' 8 'DO'
'BEGIN'
'IF' I 'LESS' 8 'THEN' X:=5 'ELSE' X:=2 ;
'FOR' K:=1 'STEP' 1 'UNTIL' X 'DO'
'BEGIN'
'REAL' CSFISNZ;
AA:=AA + 5 ; CARMEN (AA, 0, 0, 1) ; A:=BOGEN (AA, 0, 0) ;
HSINA:=SIN (A) ; HCOSA:=COS (A) ;
CSFISNZ:=HCOSFI x HSINZ ; A:=A/2 ;
HSINP2:=SIN ( (P12 — FI — Z) / 2) ; HSINP2:=HSINP2 x HSINP2 ;
HCOSP2:=COS ( (P12 — FI + Z) / 2) ; HCOSP2:=HCOSP2 x HCOSP2 ;
HSINA2:=SIN (A) ; HSINA2:=HSINA2 x HSINA2 ;
HCOSA2:=COS (A) ; HCOSA2:=HCOSA2 x HCOSA2 ;
HSINP:=SQRT (HSINP2 + CSF ISNZ x HCOSA2) ;
HCOSP2:=SQRT (HCOSP2 + CSF ISNZ x HSINA2) ;
HSIND:=HSINFI x HCOSZ — HCOSFI x HSINZ x HCOSA ;
HCOSD:=2 x HSINP2 x HCOSP2 ;
D:=GAUSS (HSIND, HCOSD) ;
'IF' D 'GREATER' PI2 'THEN' D:=D - UMFANG ;
ZWR (3) ; GRAD (D, G, M, S) ; CARMEN (G, M, S, 1) ;
'IF' HSINA 'LESS' 10 - 8 'AND' HCOSD 'LESS' 10 - 8 'THEN'
'BEGIN' ZWR (3) ; CARMEN (6, 0, 0, 2) ;  ZEILE (1) 'END' 'ELSE'
'BEGIN'
HSINT:=HSINZ x HSINA / HCOSD ;
HCOST:=(HSINZ x HCOSA + HCOSFI x HSIND) / (HSINFI x HCOSD) ;
'IF' ABS (HSINT) 'GREATER' 1 'THEN' HSINT:=1 ;
'IF' ABS (HCOST) 'GREATER' 1 'THEN'
'BEGIN' 'IF' HCOST 'GREATER' 0 'THEN' HCOST:=1 'ELSE' HCOST:=-1 'END' ;
T:=GAUSS (HSINT, HCOST) ; ZWR (3) ;
TEMPUS (T, ST, M, S) ; CARMEN (ST, M, S, 2) ; ZWR (3) ;
GRAD (T, G, M, S) ; CARMEN (G, M, S, 1) ; ZEILE (1)
'END'
'END'  CIKLUS K ;
'IF' I 'LESS' 8 'THEN' ZEILE (1) 'ELSE' ZEILE (12)
'END'  CIKLUS I;
'END'  CIKLUS J;
'END'  PROGRAM;
```

LITERATURA

1. Baumann R.: ALGOL - Manual der ALCOR Gruppe. R. Oldenburg Verlag - München - Wien 1965.
2. Brukner M.: Programiranje zadataka i postupak računanja s elektronskim računskim automatima. Geodetski list 1964, br. 10-12, Zagreb 1964.
3. Lipovac M.: Astronomska navigacija. Hidrografski Institut JRM, 1954.
4. Skubic T.: Programiranje v simboličnem jeziku ALGOL 60. Obz. mat. fiz. 1965, XII, 49, Ljubljana 1965.
5. Zakrajšek E.: Programiranje v ALGOLU. Univerza v Ljubljani, IMFM, Računski center, Ljubljana 1966.
6. Wagner K.: Kartographische Netzentwürfe. Bibliographisches Institut, Leipzig 1949.