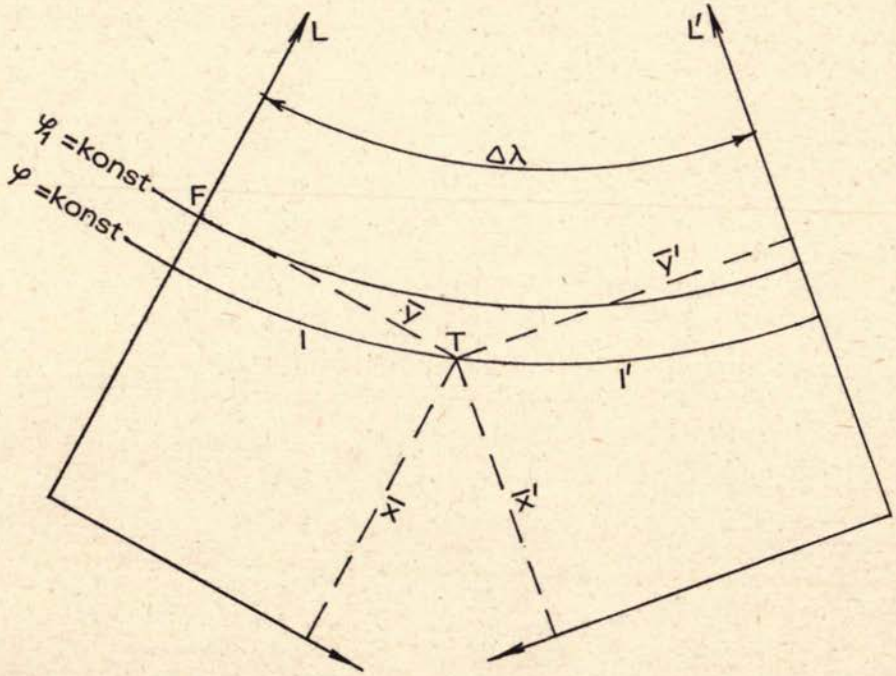
DIREKTNA TRANSFORMACIJA KOORDINATA POMOĆU ELEKTRONIČKIH RAČUNALA IZMEĐU SUSJEDNIH KOORDINATNIH SUSTAVA GAUSS - KRÜGEROVE PROJEKCIJE

Nedjeljko FRANČULA — Zagreb

Transformacija koordinata između susjednih koordinatnih sustava Gauss - Krügerove projekcije izvodi se najčešće pomoću pomoćnih točaka ([2], str. 123). Taj način transformacije nije pogodan za programiranje na elektroničkim računalim, jer se osniva na primjeni specijalnih tablica. Zbog toga se danas za transformaciju koordinata između susjednih sustava Gauss - Krügerove pro-



Adresa autora: Dr Nedjeljko Frančula, dipl. inž. — Zagreb — Geodetski Fakultet, Kačićeva 26

jekcije, pomoću elektroničkih računala, preporuča transformacija preko geografskih koordinata [4]. I u »paketu« IBM-ovih programa za geodeziju transformacija između sustava Gauss - Krügerove projekcije izvedena je prelaskom na geografske koordinate ([1], str. 34). Radi li se o transformaciji većeg broja točaka, tada je mnogo ekonomičnije izvršiti direktnu transformaciju.

Označimo li s L srednji meridijan zapadnog sustava, s L' srednji meridijan istočnog sustava a s $\Delta\lambda$ razliku geografskih dužina tih dvaju meridijana (sl. 1), tada formule za transformaciju koordinata točke T iz zadanog u susjedni koordinatni sustav glase ([3], str. 30):

$$\bar{y}' = z + \frac{1}{6N^2}(1 - t^2 + \eta^2)\, z^3 + \frac{1}{2N^2} t^2 z \bar{y}^2 + \frac{1}{6N^2}(-1 - 2t^2 - \eta^2)\, \bar{y}^3 +$$

$$+ \frac{1}{120N^4}(5 - 18t^2 + t^4)\, z^5 + \frac{1}{12N^4}(5t^2 - t^4)\, z^3 \bar{y}^2 + \frac{1}{12N^4}(-1 - t^2 + 2t^4)\, z^2 \bar{y}^3 +$$

$$+ \frac{1}{24N^4}(-8t^2 - 3t^4)\, z \bar{y}^4 + \frac{1}{120N^4}(5 + 18t^2 + 4t^4)\, \bar{y}^5,$$

$$\bar{x} = \bar{x} + \frac{t}{2N}(z^2 - \bar{y}^2) + \frac{t}{24N^3}(5 - t^2 + 9\eta^2)\, z^4 + \frac{t}{4N^3}(-1 + t^2 - \eta^2)\, z^2 \bar{y}^2 +$$

$$+ \frac{t}{6N^3}(-1 - 2t^2 - \eta^2)\, z \bar{y}^3 + \frac{t}{24N^3}(5 + 3t^2 + \eta^2)\, \bar{y}^4.$$

U tim formulama pojedine oznake imaju ova značenja:

$\bar{y}, \bar{x}$ — koordinate točke u sustavu iz kojeg se transformiraju točke,

$y, \bar{x}$ — koordinatne točke u sustavu u koji se transformiraju točke,

$z = \bar{y} - N\Delta\lambda\cos\varphi_1$ (pri prelazu iz istočnog u zapadni sustav uzima se $\Delta\lambda$ s negativnim predznakom),

φ_1 — širina paralele točke F koja leži na srednjem meridijanu zadanog sustava i ima apscisu $\bar{x}$,

$t = \mathrm{tg}\varphi_1$, $\eta = e' \cos\varphi_1$,

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2\varphi_1}}, \qquad e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} \qquad e' = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{b^2}}$$

a — velika poluos Zemljinog elipsoida,
b — mala poluos Zemljinog elipsoida.

Širinu φ_1 odredit ćemo metodom iteracije iz izraza za dužinu luka meridijana B [4]:

$$B = a(1-e^2)\left(AO\,\varphi_1 - \frac{BO}{2}\sin 2\varphi_1 + \frac{CO}{4}\sin 4\varphi_1 - \frac{DO}{6}\sin 6\varphi_1 + \right.$$

$$\left. + \frac{EO}{8}\sin 8\varphi_1 - \frac{FO}{10}\sin 10\varphi_1\right).$$

Iznosi konstanata AO, BO... FO za Besselov elipsoid dani su u priloženom dijagramu toka.

Približnu vrijednost širine φ_1 odredit ćemo iz izraza

$$(\varphi_1)_1 = \frac{2\bar{x}}{a+b}.$$

Formiramo li razliku $(d)_1 = \bar{x} - (B)_1$, tada je

$$(\varphi_1)_2 = (\varphi_1)_1 + \frac{2(d)_1}{a+b}$$

Postupak ćemo nastaviti sve dok »d« ne bude manji od 0,1 mm.

Označimo li sa x, y i x' y' pravokutne koordinate u ravnini pomnožene linearnim modulom m_o i pisane prema načinu Baugmarta ([2], str. 77), tada je

$$x = \bar{x}\,m_o,\; y = \bar{y}m_o + K,$$

$$x' = \bar{x}'m_o,\; y' = \bar{y}'m_o + K_1$$

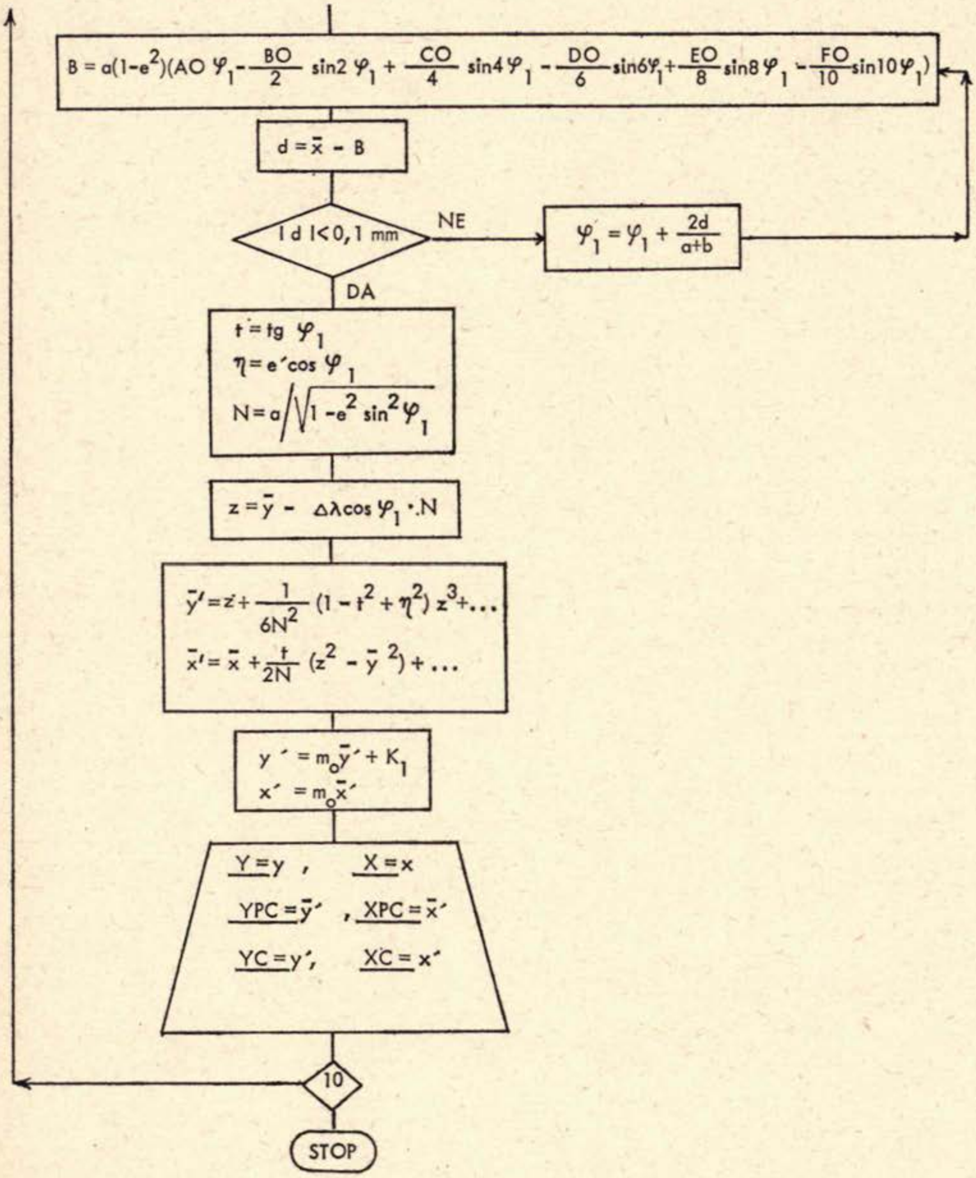
gdje K i K_1 za 5., 6. i 7. sustav iznose 5 500 000 , 6 500 000 odnosno 7 500 000.

Da bi smo transformaciju koordinata pomoću navedenih formula mogli izvršiti na elektroničkom računalu potrebno je točno, korak po korak, naznačiti redoslijed izvođenja pojedinih operacija. To je učinjeno u grafičkom obliku u priloženo mdijagramu toka za transformaciju između 5., 6. i 7. koordinatnog sustava.

U dijagramu toka pojedine figure imaju ova značenja:+
oval —start, stop i slične naredbe,
pravokutnik — aritmetičke naredbe,
trapez (odozdo širi) — izlaz informacija (npr. štampanje rezultata)
obrnuti trapez — učitavanje podataka,
romb — uvjetni skok, račvanje,
kružnica — mjesto u programu na koje se dolazi saobraćajnom naredbom.

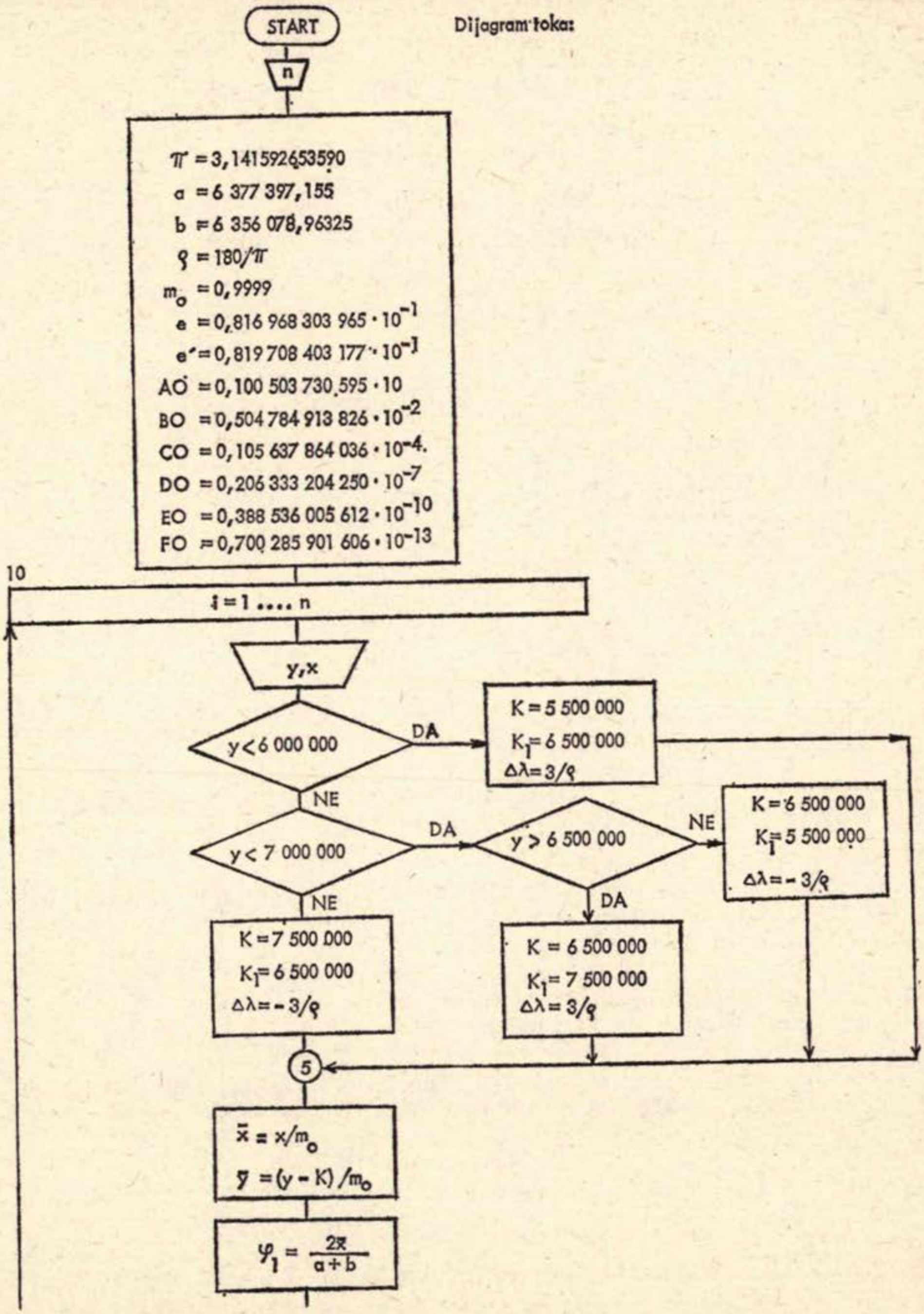
Dijagram toka omogućuje da i programer koji nije upoznat s načinom transformacije koordinata, napiše program u nekom od viših programskih jezika.

Prema priloženom dijagramu toka napisan je FORTRAN program za elektroničko računalo UNIVAC 1106 Sveučilišnog računskog centra (SRCE) u Zagrebu. Ulazni podaci buše se na kartice. Na prvu karticu buši se broj točaka »n« koje treba transformirati. Na ostale kartice buše se redom pravokutne koordinate y, x u zadanom koordinatnom sustavu. Sve točke zadane u 5. koordinat-



+ Detaljnije o izradi dijagrama toka vidi u [5].

nom sustavu bit će transformirane u 6. sustav, a sve točke iz 7. koordinatnog sustava bit će transformirane u 6. sustav. Kod točaka 6. koordinatnog sustava,



ako je $y > 6\,500\,000$ točka će biti transformirana u 7. sustav, a ako je $y < 6\,500\,000$ točka će biti transformirana u 5. sustav.
Lista izlaznih podataka izgleda ovako:

```
      Y = 5610821.171         X = 5067029.450
    YPC =  122619.401       XPC = 5067757.254
     YC = 6377392.861        XC = 5067250.478

      Y = 6377392.861         X = 5067250.478
    YPC =  110832.255       XPC = 5067536.203
     YC = 5610821.171        XC = 5067029.450
```

Za pravokutne koordinate korištene su u FORTRAN programu slijedeće oznake:

$$y, x \text{ — } Y, X$$

$$\bar{y}', \bar{x}', \text{ YPC, XPC}$$

$$y', x' \text{ — YC, XC.}$$

U listi izlaznih podataka prvo su odštampane zadane koordinate, a zatim transformirane nesmanjene i smanjene koordinate.

LITERATURA:

[1] *Akšamović, M., D. Ignjatić.* Ocena mogućnosti primene elektronskih računara u geodeziji na osnovu četvorogodišnjeg praktičnog iskustva. »Automatizacija u geodeziji«, Vrnjačka Banja 1972, str. 29—35.

[2] *Borčić, B.:* Gauss-Krügerova projekcija. Teorija i primena u državnom premeru. Geografski institut JNA, Beograd 1955.

[3] *Ehlert, D.:* Die direkte Umformung Gausscher Koordinaten in den benachbarten Meridianstreifen. Professor Dr. — Ing. Helmut Wolf zum 60. Geburtstrag Bonn 1970, str. 26 — 31.

[4] *Speidel, D.:* Koordinatentransformationen auf der IBM 1620. AVN 1966, No 6, str. 227—232.

[5] *Stefanini, B.:* FORTRAN Udžbenik programiranja. Tehnička knjiga, Zagreb 1973.