

UDK 528.235.1
Stručni rad

RAČUNANJE KOORDINATA TOČAKA U MERCATOROVOJ PROJEKCIJI PRIMJENOM DŽEPNOG RAČUNALA

Radovan SOLARIĆ — Split*

Današnji stupanj razvoja džepnih računala omogućava rješavanje relativno kompliciranih zadataka. Zahvaljujući programibilnosti i kapacitetu, moguće je riješiti većinu zadataka iz područja matematičke kartografije.

U ovom članku date su jednadžbe, program sa uputama i primjerom za računanje X i Y koordinata Mercatorove projekcije iz geografskih koordinata φ i λ . Program je napravljen za džepno računalo firme TEXAS INSTRUMENTS tipa TI 58.

NAPOMENE UZ PROGRAM

Jednadžbe za računanje zatvorenog su tipa i prilagođene su za programiranje. Ulazni podaci su φ i λ , a rezultat su koordinate X i Y u Mercatorovoj projekciji.

Program najprije izračunava podatke za kartografsku mrežu, i to najprije za paralele, zatim za meridijane, zatim se prelazi na računanje koordinata točaka i to prvo koordinata X, a zatim Y. Budući da su ovi podaci u seksagezimalnom sustavu, treba prilikom unošenja geografskih koordinata obratiti pažnju na decimalnu točku koju obavezno treba staviti iza stupnjeva. Također treba obratiti pažnju da se za podatke na pr. $10^{\circ} 03' 05''$ obavezno unesu nule (03 i 05) za minute i sekunde.

Primjer koji je naveden niže odnosi se na Besselov elipsoid, pa su u skladu s time date i potrebne konstante. Koordinate dobivene po niže navedenim jednadžbama su u metrima, pa ih je potrebno pomnožiti s mjerilom i sa 1000 da bi bile u mjerilu i u milimetrima. Da bi program bio što fleksibilniji, taj se podatak, označen sa slovom M, posebno unosi i to samo nazivnik tog razlomka. Na pr.: za $M = 1 : 8000$ i da rezultat bude u centimetrima slijedi $\frac{1}{8000} \cdot 100 = \frac{1}{800}$, a u programu se na određenom mjestu unese samo nazivnik, tj. 800.

Program se može primijeniti za tangentni i za presječni cilindar. Područje računanja nije ničim ograničeno, pa se može računati kako mreža za kartu svijeta, tako i mreža za manje područje. Gustoća mreže, označena slovom K, također nije ničim ograničena. Ulazi u program kao običan broj, a stvarno je data u minutama. Na pr.: Ako se želi mreža na svakih 5 minuta, unosi se broj 5, dok za mrežu na svaka dva stupnja (karte sitnijeg mjerila), unosi se broj 120. Broj točaka, čije je koordinate potrebno preračunati, također nije ničim ograničen.

* Adresa autora: Radovan Solarić, dipl. inž., Hidrografski institut, Split

Pojava negativnog rezultata označava da točka pada van područja karte, i to zapadnije za negativan Y, i južnije za negativan X. Za točke koje padaju sjevernije i istočnije ne postoji takva vrst indikacije. Pogram je testiran na više konkretnih zadataka.

Oznake koje su korištene u ovom članku su slijedeće:

- a — velika poluos Zemljinog elipsoida
 e^2 — prvi brojni ekscentritet
 ρ_0 — radijan
M — nazivnik produkta mjerila i faktora za pretvaranje metra u željene jedinice
K — faktor gustoće mreže — korak
 φ_k — paralela na kojoj cilindar siječe (tangira) Zemljin elipsoid
 φ_s — najjužnija paralela kartografske mreže
 φ_n — najsjevernija paralela kartografske mreže
 φ — širina za koju se računa X koordinata
 λ_w — najzapadniji meridijan kartografske mreže
 λ_e — najistočniji meridijan kartografske mreže
 λ — dužina za koju se računa Y koordinata
X, Y — koordinate točaka u Merkatorovoj projekciji

Jednadžbe po kojima se računaju X i Y koordinate glase:

$$X = \frac{a \cos \varphi_k}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi_k)^{1/2}} \ln \frac{\operatorname{tg} \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)}{\operatorname{tg}^\circ \left(45 + \frac{\Psi'}{2} \right)}$$

$$\sin \Psi' = e \cdot \sin \varphi$$

$$Y = \frac{\cos \varphi_k}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi_k)^{1/2}} \frac{a}{\rho^\circ} (\lambda^0 - \lambda_w^0)$$

PROGRAM

Prije unošenja programa, računalo je potrebno podesiti tako da ima 320 koraka i 20 registara, sljedećim postupkom: redom pritisnuti tipke:

2	2nd	Op	1	7
---	-----	----	---	---

. Na ekranu se pojave brojke 319.19. Time je računalo podešeno i može se početi unositi program.

Korak	Tipke	Korak	Tipke	Korak	Tipke
	LRN	056	DMS	113	(
000	LBL	057	STO	114	RCL
001	A	058	7	115	7
002	STO	059	STO	116	SIN
003	1	060	12	117	*
004	R/S	061	STO	118	RCL
005	STO	062	14	119	2
006	2	063	R/S	120	\sqrt{X}
007	R/S	064	DMS	121)
008	STO	065	STO	122	INV
009	3	066	8	123	SIN
010	R/S	067	StFlg	124	\div
011	STO	068	1	125	2
012	4	069	R/S	126	+
013	R/S	070	LBL	127	4
014	DMS	071	C	128	5
015	STO	072	RLC	129)
016	5	073	8	130	TAN
017	COS	074	$X \leq t$	131	Y^x
018	:	075	RCL	132	RCL
019	(	076	7	133	2
020	1	077	$X \geq t$	134	\sqrt{X}
021	—	078	D'	135)
022	RCL	079	IfFlg	136	=
023	2	080	2	137	LN
024	x	081	A'	138	*
025	RCL	082	IfFlg	139	RCL
026	5	083	3	140	5
027	SIN	084	C'	141	*
028	X^2	085	IfFlg	142	RCL
029	)	086	1	143	1
030	\sqrt{X}	087	B'	144	\div
031	=	088	RCL	145	RCL
032	STO	089	6	146	4
033	5	090	SUM	147	=
034	R/S	091	7	148	STO
035	STO	092	RCL	149	10
036	9	093	10	150	INV
037	\div	094	—	151	StFlg
038	1	095	RCL	152	6
039	0	096	11	153	IfFlg
040	0	097	=	154	4
041	=	098	R/S	155	E'
042	DMS	099	LBL	156	GTO
043	STO	100	A'	157	0
044	6	101	RCL	158	82
045	INV	102	7	159	LBL
046	StFlg	103	\div	160	B'
047	5	104	2	161	INV
048	INV	105	+	162	StFlg
049	StFlg	106	4	163	1
050	3	107	5	164	STO
051	StFlg	108	=	165	11
052	2	109	TAN	166	RCL
053	R/S	110	\div	167	7
054	LBL	111	(	168	INV
055	B	112	(	169	INT

Korak	Tipke	Korak	Tipke	Korak	Tipke
170	*	217	RCL	264	LBL
171	6	218	7	265	E'
172	0	219	—	266	RCL
173	=	220	RCL	267	10
174	INT	221	12	268	—
175	+	222	)	269	RCL
176	RCL	223	÷	270	11
177	9	224	(	271	=
178	=	225	RCL	272	INV
179	÷	226	3	273	StFlg
180	RCL	227	*	274	4
181	9	228	RCL	275	R/S
182	=	229	4	276	LBL
183	INT	230	)	277	D
184	*	231	=	278	DMS
185	RCL	232	STO	279	STO
186	9	233	10	280	7
187	÷	234	IfFlg	281	IFflg
188	6	235	6	282	0
189	0	236	E'	283	E
190	+	237	GTO	284	INV
191	(	238	0	285	StFlg
192	RCL	239	85	286	3
193	7	240	LBL	287	StFlg
194	INT	241	D'	288	0
195	)	242	INV	289	RCL
196	=	243	StFlg	290	13
197	—	244	2	291	STO
198	RCL	245	StFlg	292	11
199	6	246	3	293	GTO
200	=	247	StFlg	294	A'
201	STO	248	4	295	LBL
202	7	249	StFlg	296	E
203	GTO	250	6	297	INV
204	0	251	RCL	298	StFlg
205	88	252	8	299	0
206	LBL	253	STO	300	RCL
207	C'	254	7	301	14
208	StFlg	255	IfFlg	302	STO
209	5	256	5	303	12
210	RCL	257	C'	304	0
211	5	258	RCL	305	STO
212	*	259	11	306	11
213	RCL	260	STO	307	GTO
214	1	261	13	308	C'
215	*	262	GTO		
216	(	263	A'		

UPUTE ZA KORIŠTENJE PROGRAMA S PRIMJEROM

Primjer: izračunati podatke za nanošenje kartografske mreže Mercatorove projekcije za svakih deset minuta, na području omeđenom ovim meridijanima i paralelama

$$\begin{aligned} \varphi_s &= 44^{\circ}06'30'' & \lambda_w &= 14^{\circ}25'24'' \\ \varphi_N &= 44^{\circ}40'00'' & \lambda_E &= 15^{\circ}37'00'' \\ \varphi_K &= 44^{\circ}25' & M &= 1 : 100000 \end{aligned}$$

Treba nanijeti i dvije točke čije su geografske koordinate

	φ	λ
1	44°20'31'',156	14°44'06'',032
2	44°39'14'',820	15°21'48'',317

Podaci za nanošenje neka budu u milimetrima.
Koristiti dimenzije Besselovog elipsoida.

Odredi se M i K, M = 100, K = 10

I. UNOŠENJE PODATAKA

PODATAK	TIPKA	EKRAN	KOMENTAR
a	A	6377397,155	računa se dio koji je isti u obje jednadžbe korak se na ekranu pojavljuje u dijelovima stupnja
e ²	R/S	0,0066743722	
ρ^0	R/S	57,29577951	
M	R/S	100	
φ_K	R/S	0,7154395542	
K	R/S	0,1666666667	

II. RAČUNANJE MREŽE PO X-OSI

φ_S	B	44.10833333	φ_S se pokazuje u stupnjevima i dijelovima stupnja φ_N se pokazuje u stupnjevima i dijelovima stupnja
φ_N	R/S	44.66666667	
	C	0	računa se udaljenost najjužnije paralele od ekvatora i svodi se na nulu. Taj je pode- tak trajno pohranjen u registru 13. Svada- njem na nulu najjužnija paralela postaje Y-os u mreži. Nakon svakog pritiska na tip- ku C pojavi se novi rezultat, a odnosi se na iduću paralelu određenu korakom. U našem slučaju to su paralele: 44°10' 44°20' 44°30' i 44°40'. Ponavljanje rezultata ozna- čava završetak računanja mreže po X-osi Zadnji rezultat se odnosi najsjeverniju pa- ralelu mreže.
	C	64.50376174	
	C	249.154975	
	C	434.3353154	
	C	620.0493793	

III. RAČUNANJE MREŽE PO Y-OSI

PODATAK	TIPKA	EKRAN	KOMENTAR
λ_w	B	14.42333333	λ_w pokazuje se u stupnjevima i dijelovima stupnja
λ_E	R/S	15.61666667	λ_E pokazuje se u stupnjevima i dijelovima stupnja
	C	0	to je vrijednost za najzapadniji meridijan.
	C	61.05206526	Time je taj meridijan postao X-os mreže.
	C	193.7739462	Nakon svakog pritiska na tipku C pojavi se novi rezultat, a odnosi se na idući meridijan određen korakom. U našem slučaju to su meridijani; 14°30' 14°40' 14°50' 15°00'
	C	326.4958272	
	C	459.2177082	
	C	591.9395892	
	C	724.6614702	
	C	857.3833512	
	C	950.2886679	Ponavljanje rezultata označava završetak računanja mreže po Y-osi. Zadnji rezultat se odnosi na najistočniji meridijan mreže.

IV. RAČUNANJE X I Y TOČAKA IZ φ I λ

φ_1	D	258.7577091	pokazani rezultati je X koordinata točke 1 u koordinatnom sistemu mreže.
λ_1	D	394.191065	pokazani rezultat je Y koordinata točke 1 u koordinatnom sistemu karte.
φ_2	D	606.0464254	X koordinata točke 2
λ_2	D	748.6215302	Y koordinata točke 2

Kod uzastopnog računanja više mreža, ili ponavljanja računanja iste mreže, potrebno je postupak unosa podataka ponoviti od I., tj., od unošenja podatka za »a« itd.

Za računanje koordinata samo točaka postupiti na slijedeći način:

- 1) izvršiti sve radnje opisane pod I. osim: za korak K staviti nulu, tj. $K = 0$.
- 2) izvršiti sve radnje opisane pod II. a tipku \boxed{C} pritisnuti samo jednom. Nula na ekranu će žmirkati. Pritisnuti \boxed{CE} , zatim $\boxed{D'}$. Dobiveni rezultat se odnosi na najsjeverniju paralelu karte.
- 3) izvršiti sve radnje opisane pod III. a tipku \boxed{C} pritisnuti samo jednom. Nula na ekranu će žmirkati. Pritisnuti \boxed{CE} , zatim $\boxed{D'}$. Dobiveni rezultat se odnosi na najistočniji meridijan karte.
- 4) Dalje postupiti prema IV.

LITERATURA

[1] Borčić, B.: Matematička kartografija, Tehnička knjiga, Zagreb 1955.

SAŽETAK

U članku je opisan postupak računanja pravokutnih koordinata iz geografskih koordinata u Mercatorovoj projekciji pomoću džepnog programirajućeg računala TEXAS INSTRUMENTS tipa TI 58.

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Aufsatz ist das Verfahren der Koordinatenberechnung in der Mercator Abbildung mittels der Taschenrechner TEXAS INSTRUMENTS TI 58 beschrieben.