

ANAGLIFSKI STEREOSKOPSKI PRIKAZ MODELA TERENA NA EKРАНU RAČUNALA

Branimir PETROVIĆ, Vladimir PETROVIĆ — Rijeka*

SAŽETAK. U radu se opisuje postupak anaglifskoga stereoskopskog prikaza modela terena iz baze prostornih podataka na zaslonu ekrana računala. Osim neophodne opreme i programske podrške, u radu se opisuje i postupak računanja slikovnih (zaslonskih) koordinata te analizira optimizaciju tog postupka. Na kraju su navedene i ostale značajke te iskustva autora u primjeni te metode trodimenzionalnog (3D) prikaza u vizualizaciji modela terena u danas sve interesantnijim bazama prostornih podataka. 3D-prezentacija je razvijena i kao programski modul nalazi se unutar programskog paketa BPSCAD.

1. UVOD

Danas gotovo svaka CAD (Computer Aided Design) aplikacija omogućuje trodimenzionalni (3D) prikaz objekata ili određenog područja modela terena na ekranu računala. U svim tim aplikacijama postoji čitav niz naredaba za određivanje parametara trodimenzionalnog prikaza, npr.: točke promatranja (odnosno njene koordinate), područje i mjerilo prikaza, skrivanja nevidljivih bridova, boja i dr. No, ti 3D prikazi su uistinu dvodimenzionalni (2D) prikazi odnosno kose ili perspektivne projekcije objekata.

Mnogo plastičniji trodimenzionalni prikaz terena moguće je ostvariti stereoskopskim promatranjem dviju poluslika istog objekta snimljenih ili iscrtanih u perspektivnoj projekciji (Braun, 1992). Tako se npr. u fotogrametriji u postupku stereoizmjere modela stereoskopski efekt ostvaruje istodobnim promatranjem lijeve poluslike lijevom i desne poluslike desnim okom (Braun, 1969).

Pri anaglifskom načinu stereoskopskog promatranja stereoskopski efekt se postiže promatranjem dviju poluslika iscrtanih ili nanijetih na tamnu ili svijetlu podlogu u komplementarnim bojama kroz naočale s odgovarajućim filterima.

Osnovne boje aditivnog miješanja su crvena, plava i zelena, a njihovim se miješanjem, zbog fizioloških svojstava našeg oka, dobije svjetlija boja

* Branimir Petrović, dipl. inž. el., BPS, A. Barca 16, Rijeka, Vladimir Petrović, dipl. inž. geod., Geodetski zavod — Rijeka, d.d. E. Kresnika 33, Rijeka.

Rad je izložen na 4. međunarodnom skupu o razvoju i primjeni kompjutorskih sustava (CAD Forum) Zagreb 12.—16. 5. 1993.

(Donassy, 1971). Aditivnim miješanjem triju osnovnih boja nastaje bijela boja. Upravo se taj način — promatranje dviju poluslika iscrtanih, snimljenih ili projiciranih u komplementarnim bojama na tamnu podlogu — koristi za anaglifske stereoskopske promatranje modela terena na ekranu računala. Jer, za razliku od aditivnog, u suptraktivnom miješanju boja za dobivanje stereoskopskog efekta treba biti nanijeta mnogo veća površina u komplementarnim bojama.

Za dostatno kvalitetno anaglifske stereoskopske promatranje na ekranu računala potrebno je:

- a) računalo sljedećih značajki:
 - PC IBM kompatibilno (s procesorom 80286, 80386 ili 80486),
 - DOS (Disk Operating System) operativni sustav verzije 3.xx i više,
 - ekran koji omogućuje prikaz u najmanje osam boja i razlučivosti od 1024×768 piksela (zaslonska točkica, engl. pixel);
- b) naočale s odgovarajućim filterima za anaglifske stereoskopske promatranje;
- c) programski paket, s pomoću kojeg računalo generira dvije poluslike istog detalja terena na ekranu računala.

2. MONITOR, GRAFIČKA KARTICA I RAZLUČIVOST EKRANA

Monitor u sklopu jednog računala pripada u vanjske i izlazne jedinice računala, a služi za prikaz tekstualnih i grafičkih podataka. Danas postoji mnoštvo tipova monitora, koji se razlikuju po svojim fizičkim odnosno konstrukcijskim rješenjima i operativnim značajkama. Te konstrukcijske razlike vidljive su u kvaliteti slike koja se generira na zaslonu ekrana. Uz monitore s katodnom cijevi, danas se koriste i druge tehnologije u izvedbi monitora (npr. LCD, elektroluminiscentni i plazma ekrani, v. Pištalek, 1991). No, druge tehnologije izvedbe ekrana još nisu dosegnule sve pozitivne značajke monitora s katodnom cijevi (npr. cijena, razlučivost, brzina prikaza, kontrast, itd.), iako imaju neke prednosti u odnosu na njih (prvenstveno u manjim dimenzijama odnosno dubini ekrana i manjoj potrošnji električne energije).

U tehničkim podacima se za dimenziju ekrana monitora daje podatak veličine dijagonale ekrana izražene u inčima (od 13 do 19, pa i više inča). Dijagonala zaslona ekrana, odnosno dijagonala korisne površine je oko 1 inč manja od veličine dijagonale ekrana monitora (tab. 2).

U kućištu računala je za određeni tip monitora smještena odgovarajuća grafička kartica. Grafičke kartice najčešće imaju oznake prema skraćenicama engleskih naziva (npr.: CGA — Color Graphics Adapter, EGA — Enhanced Graphics Adapter, VGA — Video Graphics Array, itd). Danas postoji mnoštvo grafičkih standarda odnosno grafičke razlučivosti prikaza na ekranu računala. Tako CGA kartice omogućuju razlučivost do 640×200 piksela, EGA — 640×350 , VGA — 640×480 , SVGA — 1024×768 (Devčić, 1992). Postoje i specijalni monitori s grafičkim karticama koje omogućuju visok stupanj razlučivosti od 1280×1024 , 2048×1280 do 2048×2048 piksela. No, monitori veće razlučivosti imaju uglavnom i veću dijagonalu ekrana. Treba imati na umu da se slika na ekranu monitora promatra najčešće s udaljenosti od 0,5 do 1,0 me-

tar, pa je vidni kut iscrtane slike na ekranu zbog veće dijagonale ekrana veći u monitora veće razlučivosti.

Uz podatak o razlučivosti i veličini dijagonale ekrana monitora, vrlo je važan i podatak o veličini piksela. Zapravo, situacija je obrnuta, tj. od veličine piksela posredno ovisi razlučivost i veličina dijagonale ekrana. U jeftinijih monitora (EGA i VGA razlučivosti) veličina piksela je u rasponu od 0,3 do 0,5 milimetra, a u najkvalitetnijih i ujedno najskupljih od 0,16 do 0,28 milimetra (tab. 2).

3. PRIKAZ BAZE PROSTORNIH PODATAKA NA EKRANU RAČUNALA U PROGRAMSKOM PAKETU BPSCAD

U BPSCAD bazi prostornih podataka točka može biti određena koordinatama u dvodimenzionalnom ili trodimenzionalnom pravokutnom koordinatnom sustavu (2D ili 3D). Spajanjem niza točaka nastaju složeniji linijski prostorni entiteti baze prostornih podataka (Brukner i dr., 1992; Petrović, 1992,b). Anaglifskim stereoskopskim prikazom niza točaka i/ili niza linijskih prostornih entiteta na ekranu računala možemo dobiti potpuni dojam prostornosti i plastičnosti modela terena. Treba posebno istaknuti da prikupljene prostorne podatke (točke i/ili linije) u bazi prostornih podataka u svrhu 3D prikaza ne treba posebno obrađivati, uređivati i pripremati (npr. spajati, interpolirati i iscrtavati slojnice, padnice i sl.) za takav način trodimenzionalnog prikaza, jer, što je veći broj detaljnih točaka, to i 3D prikaz postaje plastičniji i potpuniji.

Položajno područje prikaza prostorne baze podataka na ekranu računala omeđeno je samom veličinom ekrana (YX-ravnina, odnosno širinom i visinom ekrana), a u pravcu Z-osi dvjema koordinatama (Zmin i Zmax) koje određuju dubinu anaglifske stereoskopske prikaza. Za ravninu ekrana u tako postavljenom koordinatnom sustavu vrijedi izraz: $Z_e = (Z_{min} + Z_{max})/2$. Područje prikaza baze prostornih podataka na ekranu računala može se predstaviti i dvjema krnjim piramidama, jednom zamišljenom i postavljenom ispred i jednom iza ekrana računala (sl. 3).

Mjerila iscrtavanja na ekranu računala mogu biti jednaka ili različita u pravcu svake koordinatne osi, odnosno: $m_x \langle \rangle m_y \langle \rangle m_z$. Naime, dvostruka mjerila prikaza u geodetskoj se praksi često koriste, npr. za prikaz:

- uzdužnih profila ceste, cjevovoda, itd,
- izmjerenih odstupanja tračnica ili objekata od idealnog pravca, itd.

Tijekom rada operater može nizom naredaba i postupaka odrediti područje prikaza odnosno mjerila iscrtavanja u smjeru svake koordinatne osi na ekranu računala. Dakako, sa svakom promjenom područja prikaza po bilo kojoj koordinatnoj osi ili mjerilu iscrtavanja na ekranu računala ponovno se potpuno automatski iscrta novi prikaz baze prostornih podataka ili njenog dijela.

Točke u dvodimenzionalnom koordinatnom sustavu (tj. Z-koordinata nepoznata) uvijek se iscrtavaju u ravnini ekrana (odnosno u bijeloj boji), kao i sve točke čija je dubina (Z) jednaka trenutnom postavu ekrana (Z_e). Ostale točke (za koje vrijedi: $Z \langle \rangle Z_e$) iscrtavaju se u dvije poluslike u komplementarnim bojama. Međusobna udaljenost tih dviju poluslika ovisi o Z-koor-

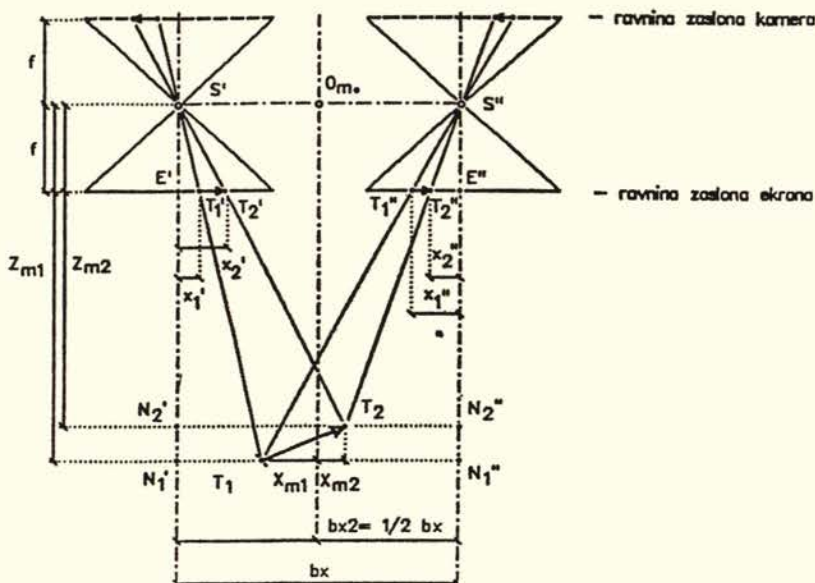
dinati dane točke (odnosno o razlici $dZ = Z - Z_e$) i trenutačnom mjerilu prikaza (mz) u pravcu Z-osi. Jednako mjerilo prikaza u smjeru osi Y i X moguće je postaviti poznavajući razlučivost ekrana (tab. 2). Npr., za VGA (640×480) treba postaviti odnos mjerila iscrtavanja: $m_y : m_x = 640 : 480 = 4 : 3$.

Brzina iscrtavanja podataka iz baze prostornih podataka na ekranu računala vrlo je velika i umnogome ovisi o svojstvima računala, a iznosi od najmanje 1.000 točaka u sekundi za računalo sa 16-bitnom sabirnicom i Intelov procesor 80286/20 MHz do više od 20.000 točaka u sekundi za 32-bitne EISA s procesorom 80486/33 MHz. Treba napomenuti da računala s procesorom 80386/33 MHz daju samo oko 10% veću brzinu iscrtavanja u odnosu na računala s procesorom 80286/20 MHz.

4. POSTUPAK RAČUNANJA KOORDINATA POLUSLIKA TOČAKA U KOORDINATNOM SUSTAVU EKRANA

Poznatim postupcima orijentacije fotogrametrijskih snimki, uspostavlja se pri stereoizmjeri normalnog stereopara odnos između slikovnih koordinatnih sustava i zemljišnoga koordinatnog sustava. Odnosno, prvo se u postupku unutarnje orijentacije za svaku fotogrametrijsku snimku posebno uspostavlja slikovni koordinatni sustav, tj. obavlja se unutarnja orijentacija posebno za lijevu, a posebno za desnu fotogrametrijsku snimku. Pri inverznom postupku stereoizmjere moguće je uspostaviti za obje poluslike samo jedan slikovni koordinatni sustav (sl. 2).

Na slici 1. je shematski prikaz modela stereoskopskog snimanja za normalni stereopar. Baza stereoskopskog snimanja određena je udaljenošću jednog snimališta od drugoga, a zamišljeni zasloni ekrana računala predstavljaju



Slika 1. Shematski prikaz stereoskopskog snimanja za normalni stereopar i postavljene ravnine zaslona ekrana računala

zrcaljenu sliku zaslona kamera oko točke snimališta. Točke T1 (Yg_1, Xg_1, Zg_1) i T2 (Yg_2, Xg_2, Zg_2) u zemljišnom koordinatnom sustavu preslikavaju se na tako zamišljene zaslone ekrana u točke T1' (y_1', x_1'), T2' (y_2', x_2') na lijevom zaslonu ekrana i T1'' (y_1'', x_1''), T2'' (y_2'', x_2'') na desnom zaslonu ekrana.

Odnos uspostavljenoga modelnog i zemljišnoga koordinatnog sustava vidljiv je iz izraza:

$$\begin{aligned} X_m &= (Y_{g0} - Y_g) * M_x, \\ Y_m &= (X_{g0} - X_g) * M_y, \\ Z_m &= (Z_g - Z_{g0}) * M_z. \end{aligned} \quad (4.1)$$

gdje su:

Y_{g0}, X_{g0} — zemljišne koordinate točke Om0

Y_g, X_g i Z_g — koordinate bilo koje točke T u zemljišnom koordinatnom sustavu

X_m, Y_m, Z_m — koordinate bilo koje točke T u modelnom koordinatnom sustavu

M_x, M_y, M_z — nazivnici mjerila preslikavanja zemljišnoga u modelni koordinatni sustav u smjeru odgovarajuće osi

Za desnu polusliku iz sličnosti trokuta (T1, S'', N1'') i (T1'', S'', E''), te za lijevu polusliku iz (T1, S', N1') i (T1, S', E') slijede izrazi za računanje apscisa točke T1:

$$\begin{aligned} x_1' &= (X_{m1} - bx_2) * f / Z_{m1}, \\ x_1'' &= (X_{m1} + bx_2) * f / Z_{m1}, \end{aligned} \quad (4.2)$$

gdje je:

X_{m1}, Z_{m1} — koordinate točke T1 u modelnom koordinatnom sustavu

x_1', x_1'' — apscise točke na lijevom i desnom zaslonu ekrana

bx_2 — polovica veličine zamišljene baze snimanja, odnosno $bx_2 = 1/2 bx$

f — žarišna daljina kamere (odnosno ekrana računala, $f = f_1 = f_2$)

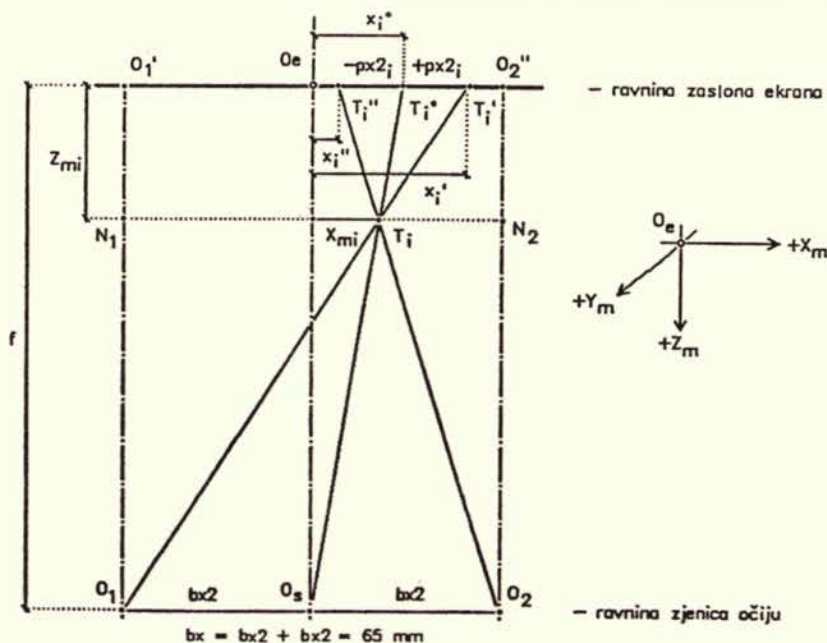
Prikrata mjerila preslikavanja u centralnoj projekciji na zaslonu ekrana računala ovisi o veličini Z_m , te stoga u prvi član izraza (4.2) možemo uvesti faktor mjerila $k=f/Z_m$, a umjesto drugog člana istog izraza izraz:

$kx = bx_2 \cdot k$. Izrazi (4.2) za računanje slikovnih koordinata za obje poluslike točke T1 su tada:

$$\begin{aligned} x_1' &= X_{m1} * k - kx, \\ x_1'' &= X_{m1} * k + kx, \\ y_1' &= y_1'' = Y_{m1} * k. \end{aligned} \quad (4.3)$$

Analogno izrazima (4.3), za računanje slikovnih koordinata točaka za obje poluslike možemo izvesti izraze za računanje slikovnih koordinata točaka u inverznom postupku stereoiszmjere.

Na slici 2. je shematski prikaz anaglifskoga stereoskopskog promatranja dviju poluslika Ti' i Ti'' točke Ti na zaslonu ekrana računala. Točka Oe je središte ekrana, a točke O1 i O2 označuju središta zjenica očiju. Iz sličnosti



Slika 2. Shematski prikaz anaglifskeg stereoskopskog promatranja dviju poluslika jedne točke na zaslonu ekrana računala

trokuta (O_1, N_1, T_i) i (O_1, O_1', T_i') , te (O_2, T_i, N_2) , i (O_2, T_i'', O_2'') slijede izrazi za računanje apscise slikovnih koordinata za desnu i lijevu polusliku:

$$\begin{aligned} x_i' &= f / (f - Z_m) \times (X_m + bx_2) - bx_2, \\ x_i'' &= f / (f - Z_m) \times (X_m - bx_2) + bx_2. \end{aligned} \quad (4.4)$$

U izrazima (4.4) može se pretpostaviti da su f i bx_2 konstantne vrijednosti, odnosno:

$f = 750$ mm (prosječna udaljenost s koje će se promatrati ekran računala), a $bx_2 = bx/2 = 32.5$ mm (bx — prosječna udaljenost zjenica očiju, oko 65 mm).

Prikrata mjerila preslikavanja pri anagliskom stereoskopskom promatranju dana je izrazom (sl. 2):

$$k = f / (f - Z_m) \quad (4.5)$$

Na slici 1. se vidi da su udaljenosti (T_i'', T_i') i (T_i^o, T_i') jednake, te da njihov zbroj znači paralaksu px . Iz toga slijedi da je:

$$px_2i = x_i^o - x_i'' = x_i' - x_i^o, \text{ te}$$

$$px_i = px_2i + px_2i = (x_i^o - x_i'') + (x_i' - x_i^o) = x_i' - x_i'', \text{ što je}$$

paralaksa po definiciji. Prema tomu je:

$$px_2i = (x_i' - x_i'') / 2 \quad (4.6)$$

Uvrštenjem (4.4) i (4.5) u (4.6) bit će:

$$px_{2i} = bx_2 \times (k - 1), \quad (4.7)$$

a uvrštenjem (4.5) i (4.7) u (4.4):

$$\begin{aligned} xi' &= k \times X_m + px_{2i}, \\ xi'' &= k \times X_m - px_{2i}, \\ yi' &= yi'' = k \times Y_m. \end{aligned} \quad (4.8)$$

Ako u izraze (4.8) uvedemo:

$$\begin{aligned} x^\circ &= k \times X_m, \\ y^\circ &= k \times Y_m, \end{aligned} \quad (4.9)$$

tada je:

$$\begin{aligned} xi' &= x^\circ + px_{2i}, \\ xi'' &= x^\circ - px_{2i}, \\ yi' &= yi'' = y^\circ. \end{aligned} \quad (4.10)$$

Izrazi (4.1), (4.5), (4.7), (4.9) i (4.10) služe za računanje slikovnih koordinata za anaglifsko stereoskopsko promatranje dviju poluslika na ekranu računala.

5. ANALIZA OPTIMIZACIJE POSTUPKA RAČUNANJA SLIKOVNIH (EKRANSKIH) KOORDINATA NA ZASLONU RAČUNALA

Poznato je da brojevne vrijednosti u računalu mogu biti predočene kao:

- cjelobrojne vrijednosti (integer),
- vrijednosti u jednostrukoj preciznosti (engl. single 7-digit precision) i
- vrijednosti u dvostrukoj preciznosti (engl. double 15-digit precision).

Analizirajući potrebne preciznosti vrijednosti varijabli u izrazima (4.1), (4.5), (4.7), (4.9) i (4.10), te optimizacije programa u nekom višem programskom jeziku računala, odnosno postizanja što veće brzine računanja danih izraza, trebaju vrijednosti varijabli biti:

- | | |
|--|-------------------------------|
| Yg, Xg, Zg, Yg0, Xg0, Zg0, My, Mx, Mz | — u dvostrukoj preciznosti, |
| Ym, Xm, Zm, k | — u jednostrukoj preciznosti, |
| yi', yi'', xi', xi'', x°, y°, px _{2i} | — cjelobrojne vrijednosti. |

Tablica 1. pokazuje sažetak postupka računanja slikovnih koordinata. Uz optimizirani redoslijed računanja navodi se ukupan broj i tip računskih operacija.

ZAKLJUČAK: Dakle, za cijeli postupak računanja slikovnih koordinata na ekranu računala (u razlučivosti ekrana) potrebno je obaviti četrnaest (14) računskih operacija, i to:

- tri množenja i tri zbrajanja u dvostrukoj preciznosti,
- četiri množenja i dva zbrajanja u jednostrukoj preciznosti, te
- dva zbrajanja cjelobrojnih vrijednosti.

Tablica 1. Sažetak postupka računanja slikovnih koordinata i analiza tipa te broja računskih operacija u računalu

BROJ	IZRAZ	TIP RAČUNSKIH OPERACIJA
1	$X_m = (Y_g - Y_{g0}) * M_x$	ZD + MD
2	$Y_m = (X_g - X_{g0}) * M_y$	ZD + MD
3	$Z_m = (Z_{g0} - Z_g) * M_z$	ZD + MD
4	$k = f : (f - Z_m)$	
5	$px2i = bx2 * (k - 1)$	ZS + MS
6	$x^o = k * X_m$	ZS + MS
7	$y^o = y_i' = y_i'' = k * Y_m$	MS
8	$xi' = x^o + px2i$	MS
9	$xi'' = x^o - px2i$	ZI
UKUPNO: 3 * MD + 3 * ZD + 4 * MS + 2 * ZS + 2 * ZI		

Značenje oznaka:

MD — množenje u dvostrukoj preciznosti
 ZD — zbrajanje u dvostrukoj preciznosti
 MS — množenje u jednostrukoj preciznosti
 ZS — zbrajanje u jednostrukoj preciznosti
 ZI — zbrajanje cjelobrojnih brojeva

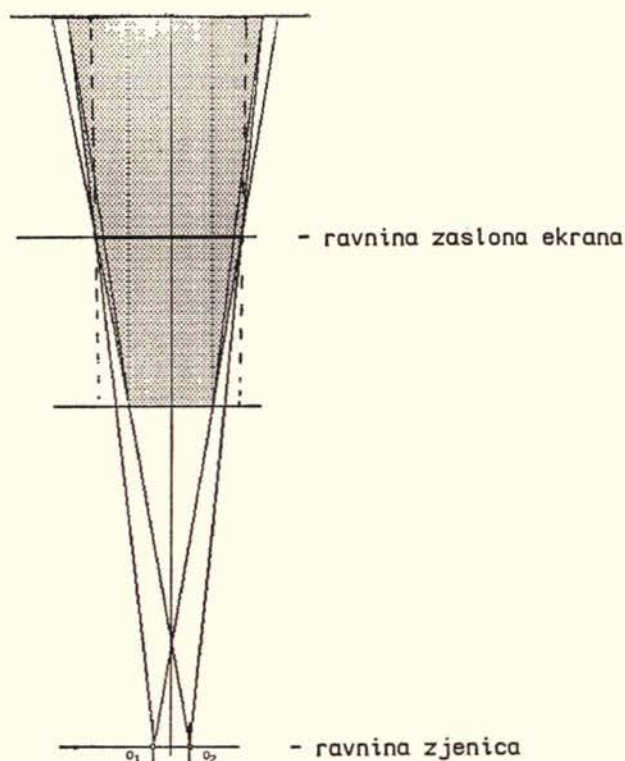
6. ANALIZA PODRUČJA PRIKAZA BAZE PODATAKA NA EKRANU RAČUNALA U OVISNOSTI O TIPU MONITORA I GRAFIČKE KARTICE

Na slici 3. tlocrtno je pokazano i označeno najveće moguće područje prikaza ovisnosti o Z-koordinati točaka, a da pritom nema 'napreznja' očiju.

Tablica 2. Odnos tipa monitora (odnosno dimenzija i razlučivosti zaslona ekrana) i razlučivosti prikaza u pravcu Z-osi

Dijagonalna D u inčima	Ekran		Razluč.		Piksel		Poluparalaksa		Br. ploha 'vidljive' po Z-osi ukupno br.
	širina u mm	visina u mm	po širini	po visini	širina u mm	visina u mm	MIN px2i broj	MAX px2i broj	
14—>13	264	198	320	200	0.83	0.99	-13	20	33
14—>13	264	198	640	200	0.41	0.99	-26	39	66
14—>13	264	198	640	350	0.41	0.57	-26	39	66
14—>13	264	198	640	480	0.41	0.41	-26	39	66
14—>13	264	198	800	600	0.33	0.33	-33	49	82
14—>13	264	198	1024	768	0.26	0.26	-42	63	105
17—>16	325	244	1024	768	0.32	0.32	-34	51	85
17—>16	325	244	1280	1024	0.25	0.24	-43	64	107
17—>16	325	244	2048	1280	0.16	0.19	-68	102	171
20—>19	386	289	1280	1024	0.30	0.28	-36	54	90
20—>19	386	289	2048	1280	0.19	0.23	-57	86	144

U tablici 2. predočena je razlučivost prikaza u pravcu Z-osi (dubina prikaza) u ovisnosti o tipu monitora i pripadajuće grafičke kartice.



Slika 3. Shematski prikaz najvećega mogućeg područja prikaza pri anaglifskom stereoskopskom promatranju na ekranu računala

PRIMJER: Neka je dijagonala ekrana veličine 14 inča, Super-VGA razlučivosti, tj. 1024×768 piksela. Dimenzije korisne površine zaslona ekrana su za oko 1 cm manje od ruba ekrana (tj. oko 13 inča ili oko 330 mm). Tada je:

- razlučivost po dijagonali ekrana: $\sqrt{(1024^2 + 768^2)} = 1280$
- širina piksela: $330 : 1280 = 264 : 1024 = 0.26 \text{ mm}$
- širina ekrana: $0.26 \times 1024 = 264 \text{ mm}$
- visina ekrana: $0.26 \times 768 = 198 \text{ mm}$
- dijagonala zaslona u inčima: $\sqrt{(264^2 + 198^2)} : 2.54 = 13 \text{ inča}$
- baza promatranja: $b_x = 65 \text{ mm}; b_{x2} = b_x : 2 = b_{x2} = 32.5 \text{ mm}$
- udaljenost promatranja: $f = 1000 \text{ mm}$
- Z_m (modela): $Z_m - \min = -375 \text{ mm}; Z_m - \max = +250 \text{ mm}$
- prikrata mjerila: $k - \min = 0.666 \text{ i } k - \max = 1.5$
- veličina poluparalakse:
 - $px_{2i} - \min = -10.83 \text{ mm i } px_{2i} - \max = 16.25 \text{ mm}$
- razlučivosti po Z-osi: $\min-Z = -10.83 : 0.26 = -42$
- $\max-Z_x = 16.25 : 0.26 = 63$
- ukupan broj 'vidljivih' Z ploha:
 - $(\max-Z - \min-Z) = (42 + 63) = 105$

ZAKLJUČAK: Razlučivost anaglifsoga grafičkog prikaza na ekranu računala u smjeru osi X i Y (širine i visine ekrana) ovisi o ukupnom broju piksela, a razlučivost u smjeru osi Z (po dubini) isključivo o širini pixela.

7. NEDOSTACI, PREDNOSTI I PRIMJENA ANAGLIFSKOGA STEREOSKOPSKOG PROMATRANJA NA EKRANU RAČUNALA

Nedostatak ovakvog prikaza svakako je ovisnost kvalitete prikaza o kvaliteti izvedbe ekrana računala i pripadajuće grafičke kartice. No, veća razlučivost monitora ne daje nužno i veću razlučivost po dubini odnosno veći broj 'vidljivih' ploha po pravcu Z-osi.

Da bi se postiglo najveće moguće područje prikaza, treba ugraditi rubne uvjete prikaza točaka u obliku dvostruke krnje piramide (sl. 3), tako da jedna krnja piramida rubnih uvjeta bude ispred a druga iza ekrana. Naime, treba ostvariti uvjet da se uvijek iscrtaju obje poluslike jedne točke na zaslonu ekrana računala, kako se ne bi pojavile 'smetajuće' poluslike. S druge strane, uvođenjem rubnih uvjeta prikaza u obliku krnje piramide dosta će se usporiti brzina iscrtavanja poluslika točaka. Stoga je optimalno područje prikaza glede brzine iscrtavanja i broja 'smetajućih' u obliku kvadra čija je baza dimenzija zaslona računala.

Nedostatak anaglifsoga stereoskopskog promatranja može biti, kao i u drugih načina stereoskopskog promatranja, u premalom broju iscrtanih poluslika točaka ili linija (premalom detalja). U tom se slučaju, također u dvije poluslike, mogu iscrtati redni brojevi točaka ili kratki natpisi (engl. label) prostorne baze podataka.

Prednost anaglifsoga stereoskopskog prikaza u odnosu na prikaz raznih projekcija prvenstveno je u plastičnosti i uvjerljivosti prikaza, pogotovo raznih morfoloških oblika terena (Braum, 1992), a u odnosu na druge stereoskopske prikaze prvenstveno u brzini iscrtavanja određenog prikaza (npr. na računalu s 32-bitnom EISA sabirnicom i Intelovim procesorom 80486/33 MHz baza prostornih podataka koja sadrži oko 100.000 točaka iscrtava se za svega pet sekundi. Međutim, za obradu (npr. interpolaciju slojnica) tolikog broja točaka treba imati odgovarajući programski paket i mnogo 'snažnije' računalo od radne stanice, a sve radi izradbe perspektivne projekcije modela terena. Prema obavljenim ispitivanjima učinkovitosti programskog paketa BPSCAD na računalima s procesorom 80486 (danas već u tzv. notebook formatu), autori zaključuju da je u toj okolini moguće učinkovito 'svladati' baze prostornih podataka koje sadrže i do nekoliko milijuna točaka. Dakako, uz iscrtavanje dviju poluslika točaka, potpuniju plastičnost daju iscrtane poluslike slojnica, padnica, profila, presječna ploha ili bridova objekata, kanala i prometnica, kratkih natpisa (labela) itd.

Iz već navedenog podatka da operater tijekom rada nizom naredaba i postupaka određuje područje i mjerilo prikaza, te mogućnosti različitih mjera prikaza u pravcu svake koordinatne osi, slijedi i mnogo raznovrsnija mogućnost primjene tako riješenog 3D-prikaza. Tako se, osim već navedene primjene u prikazima tzv. dvostrukih mjerila, ovdje mogu navesti i drugi primjeri, npr.:

- prikaz dna jezera (rijeke) od određene do određene kote terena (slojnica),

- prikaz višeslojnih ploha, npr. u građevinarstvu, rudarstvu, geologiji, brodogradnji, projektiranju prometnica, izradbi prostornih planova itd.

Prednost je anaglifskoga stereoskopskog prikaza modela terena na ekranu računala pred drugim trodimenzionalnim prikazima u tomu što ne treba naučiti stereoskopski promatrati. Naime, na temelju iskustva je utvrđeno da i osobe bez posebnog iskustva i vježbanja odmah stereoskopski 'progledaju' u promatranju anaglifskih 3D-prikaza. To je još više važno jer istodobno više sudionika i stručnjaka srodnih i drugih struka mogu sudjelovati u projektiranju objekata u prostoru, u planiranju i zaštiti okoliša i slično, promatrati i analizirati veliki broj gotovo trenutačno generiranih 3D-prikaza modela terena bez posebne obuke ili specijalnih tehničkih pomagala.

Danas, u 'poplavi' multimedijalne tehnologije postoji čitav niz mogućnosti pohranjivanja i demonstracije takvih trodimenzionalnih prikaza modela terena (npr. VCR, CD-diskovi, videotop, i sl.). Pohranjivanje anaglifskih prikaza u malom broju kopija jednostavno je i jeftino ostvarljivo s pomoću kvalitetnijih fotoaparata i izradbom dijapozitiva u boji.

Prednost je anaglifskog 3D-prikaza i u tomu što se od potrebne opreme zahtijeva tip računala koji je danas u svijetu najbrojniji, a i glede cijene vrlo prihvatljiv. Punjenje baza prostornih podataka, u sklopu programskog paketa BPSCAD, može se ostvariti digitalizacijom profila, planova i sl. (Petrović, 1993,a i 1993,b), ručnim upisom podataka, unosom putem datoteka u tzv. ASCII-formatu, preuzimanjem podataka iz raznih tzv. REC-modula i IC-kartica, te automatskim preuzimanjem podataka putem standardne kabelaške veze (RS-232C) itd. Dakle, prednost takvog načina prikaza prostornih podataka je upravo u mogućnosti prikupljanja raznovrsnih prostornih podataka, odnosno podataka koji određuju pojedinačnu točku u prostoru (npr. dužine, kutovi, koordinate i koordinatne razlike) u različitim formatima, iz različitoga mjerneg instrumentarija, sve radi trajnog arhiviranja prostornih podataka u bazama prostornih podataka u što izvornijem obliku glede izvornosti i razlučivosti (točnosti, preciznosti) podataka, te brzog prikaza svih podataka u željenom mjerilu i području prikaza na ekranu računala.

Opisani postupak anaglifskoga stereoskopskog prikaza na zaslonu ekrana računala primjenljiv je u bilo kojem višem programskom jeziku te je u tu svrhu i obavljena i prikazana analiza i optimizacija postupka računanja slikovnih (ekranskih) koordinata.

LITERATURA

- Braum, F. (1969): Elementarna fotogrametrija, Sveučilište u Zagrebu.
Braum, F. (1992): Digitalno stereoskopiziranje slojnog plana. Geodetski list, 3, 251—261.
Brukner, M.; Oluić, M.; Tomanić, S. (1992): GIZIS — Geografski i zemljišni informacijski sustav Republike Hrvatske (Metodološka studija), INA-INFO, 1992.
Devčić, M. (1992): Oštro i mirno, Byte, 1, 82—83.
Donassy, V. (1971): Fotogrametrija I (Fotografija), Geodetski fakultet. Sveučilišta u Zagrebu.
Pištalek, I. (1991): Monitori, TREND Elektronika u primjeni, 46, 53—68.

- Petrović, B.; Petrović V. (1993, a): Digitalizacija digitalizatorom Cherry Mk. IV, Geodetski list, 1993, 1, 55—62.
- Petrović, B.; Petrović V. (1993, b): Programski paket BPSCAD, Geodetski list, 3, 231—244.

ANAGLYPHICAL STEREOSCOPIC PRESENTATION OF TERRAIN MODEL ON COMPUTER'S SCREEN

This article describes anaglyphical stereoscopic vision of terrain model on computer's screen. Moreover specifying hardware and software this article describes computing procedure of screen coordinates and analysis of optimisation method. At the end, reader can find some other characteristic and authors' experience using this method of 3D-vision in visualisation terrain model in today more and more interesting database of spatial data. This 3D-presentation is developed and incorporated as module in BPSCAD software.

Priljeno: 1993-02-04