

UDK 91:528:659.2.011.56
681.3:65.012.45 GIS
Pregledni članak

RASTERSKI ORIJENTIRANI GIS I DIGITALNO PROCESIRANJE SNIMAKA

Marinko OLUIĆ, Dean OLUIĆ – Zagreb*

SAŽETAK. Opisane su značajke geografskih informacijskih sustava (GIS). Izdvojena su dva osnovna pristupa za prikaz prostornih komponenti geografskih informacija: vektorski model i rasterski model. Detaljno je opisan rasterski model s rasterski strukturiranom geometrijom. Dat je usporedni prikaz vektorskog GIS-a (vektorski strukturirana geometrija) i rasterski orijentiranog GIS-a, pri čemu su navedene njihove prednosti i nedostaci. Opisane su digitalne snimke i njihovo procesiranje, kao jedan od najvažnijih izvora podataka za rasterski GIS.

1. OPĆI PRIKAZ

Geografski informacijski sustavi (GIS) i kompjutorska obrada snimaka, kao važni izvor informacija GIS-a, relativno su nove tehnologije o kojima se u nas do sada malo pisalo. Ovaj članak bi mogao biti prilog boljem poznavanju tih tehnologija.

Geografske informacijske sustave (engl. Geographical Information Systems) su pojedini autori različito nazvali i definirali. Shelton i Estes (1979.); Junkin (1982.); Morble i Peuquet (1983.) nazivaju ih Geobazirani informacijski sustav. White (1986.) uvodi naziv Geografski sustav podataka, Burrough (1986.) naziva ih Zemljini informacijski sustav. Clarke (1986.) spominje sljedeće nazive: Geobaze informacijskih sustava, Sustav geo-podataka, Prostorni informacijski sustav i Informacijski sustav prirodnih resursa. Parker (1987.) je predložio naziv Geografski informacijski sustav koji se danas najčešće koristi.

Pojednostavljeno GIS bi se mogao definirati kao automatski alat za djelotvorno rukovanje geografskim podacima. To je dakle složena tehnologija bazirana na kompjutorskoj obradi koja uključuje pet osnovnih komponenti: *ulazne podatke* (input), *upravljanje podacima* (management), *reaktiviranje podataka* (retrieval), *manipuliranje i analize* (manipulation, analysis) i *prikazivanje izlaznih podataka* (output). U procesu rada podaci se obrađuju i prikazuju slojevito, pa se tako obrađeni i superponirani topološki i atributni podaci o prostoru prikazuju zbirno u novom zajedničkom sloju informacija. Pri takvoj obradi obično se radi o analizi velikog broja geografskih podataka koji mogu biti prezentirani na karti ili u GIS-u

* Prof. dr. Marinko Oluić, Rudarsko-geološko naftni fakultet, Pierottijeva 6, Zagreb, Dean Oluić, dipl. inž., GEOSAT, B. Hanžekovića 31, Zagreb.

i to kao točka, linija ili poligon.

U literaturi se spominju počeci razvoja geografskih informacijskih sustava još u prošlom stoljeću (Parent i Church, 1987.), ali bazirani na posve drugim osnovama od današnjih. Međutim, organizirani razvoj moderne GIS tehnologije započeo je tek 1960-ih godina u SAD i Kanadi, da bi desetak godina kasnije (1970-ih) započela i njihova operativna primjena, kada su elektronska računala postala dostupna širem krugu korisnika (Aronoff, 1991.).

U posljednje dvije decenije ta se tehnologija tako naglo razvila da je postala nezaobilazna pri korištenju geografskih informacija u širokom spektru primjene.

Danas postoji veliki broj publiciranih radova iz te domene, pa i više napisanih knjiga (Palmer, 1973., White, 1986., Worralled 1990., Aronoff, 1991. i dr.), a godišnje se u svijetu redovito održavaju stručni skupovi posvećeni toj tehnologiji. U novije vrijeme pojavili su se i na našem jeziku pisani radovi iz tog područja, a napisana je i prva knjiga koja daje osnove iz te stručne domene (Brukner, Oluić, Tomanić, 1992.).

Izvori informacija za GIS su različiti, a najvažniji su: topografske i tematske karte, te aerosnimci i satelitski snimci. Podaci i informacije obrađene tom metodologijom koriste se u mnogim znanstvenim i praktičnim područjima, kao što su: agronomija, šumarstvo, geologija, pedologija, klimatologija, ekologija, zatim označavanje zemljoposjednika i administrativnih granica, za prostorno planiranje i infrastrukturu i dr.

Primjena GIS-a u različitim disciplinama odlikuje se određenim specifičnostima koje se manifestiraju u nazivlju i metodološkom pristupu. Tako se npr. GIS dizajniran za rad s detaljnim informacijama, gdje se pretežno radi o vlasništvu zemljišta (katastar), prostornom planiranju, urbanizmu i infrastrukturi, a rezultati se prikazuju na kartama krupnog mjerila (1:1000 do 1:10000), naziva ZIS – zemljišni informacijski sustav (engl. LIS – Land Information System). Informacijski sustav kojim se potpomaže rad arhitektonskog ili industrijskog dizajna naziva se KPD – kompjutorom potpomognut dizajn (engl. CAD – Computer Aided Design), (Schalten i Vlugt 1990.) To je zapravo grafički sustav kojim se omogućuje računanje (veličine, težine, iznosa materijala) i izrada crteža i dizajniranje trodimenzionalnih prikaza, a prostorni KPD je alat za urbani i krajoliki dizajn.

Prema načinu prikazivanja prostornih komponenti geografskih informacija, postoje dva osnovna modela, i to: *vektorski i rasterski model*. Međutim, postoje i takvi sustavi koji mogu simultano prikazivati vektorske i rasterske podatke. Tako se npr. satelitske rasterske snimke koriste kao osnova na kojoj se prikazuje vektorska karta.

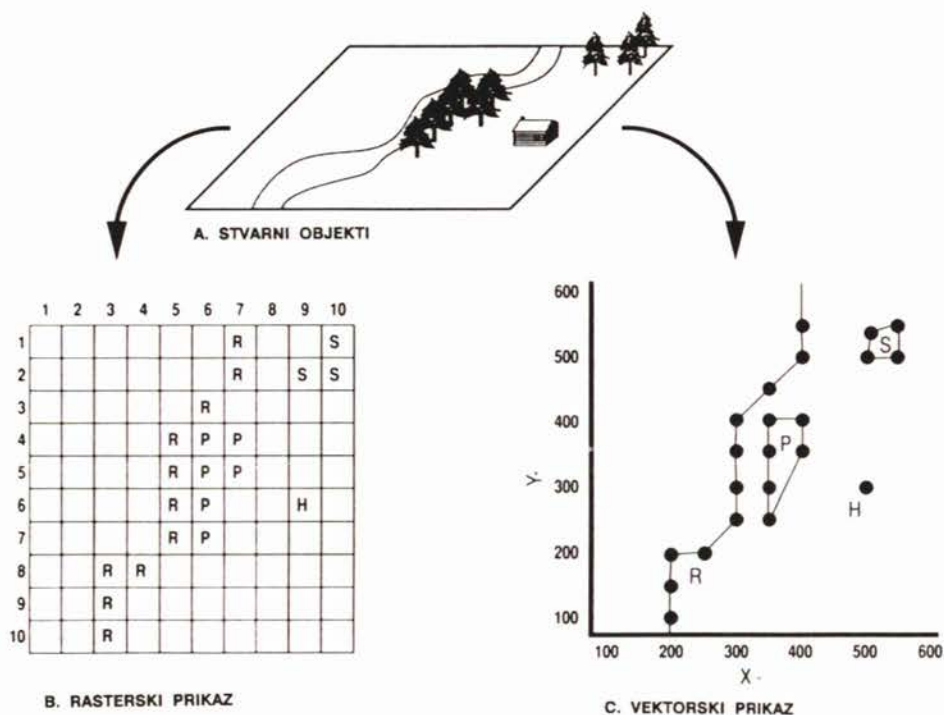
Vektorski model podataka s vektorski strukturiranom geometrijom osigurava precizno lociranje položaja struktura u prostoru odnosno precizno određivanje pozicija točaka, linija i poligona i to izborom reprezentativnih (interesantnih) struktura. Pri tome kartirano područje poprima prostorne koordinate, a pozicije se određuju što je moguće preciznije. Razina preciznosti je ograničena brojem bita korištenih za prikazivanje jednostavnih vrijednosti pomoću računala, premda je i to vrlo fina rezolucija (razlučivanje) u usporedbi s veličinom piksela (engl. pixel-picture element) koji se koriste u rasterskim sustavima.

Slijedi prikaz rasterskog modela prikazivanja geografskih podataka.

2. RASTERSKI MODEL

2.1. Opća razmatranja

Vidjeli smo da se u vektorskom modelu objekti i stanja na površini Zemlje prikazuju točkama, linijama i poligonima. U *rasterskom je modelu* s rasterski strukturiranom geometrijom prostor pravilno podijeljen u sitne dijelove, obično kvadratičnog ili pravokutnog oblika koji se zovu pikseli ili elementi slike (sl. 1).



Slika 1. Usporedni prikaz rasterskog i vektorskog modela. Krajolik (A) prikazan je u rasterskom modelu (B) i vektorskom modelu (C). Staništa borove šume (P) i omorike (S) izdvojena su karakterističnim oblicima, dok je rijeka (R) izdvojena linijskim oblikom, a kuća (H) je prikazana točkom (Aronoff, 1991).

Lokacija geografskih objekata definirana je pozicijom broja retka i stupca pripadajućeg piksela. Dodjelom određenih vrijednosti nekom pikselu (npr. veličina razine sivila), određuje se veličina koju piksel opisuje, kao i prostorna raspodjela te veličine. Tako se označuju vrijednosti atributa s kojim su prikazani objekti: npr. objekt veličine razlučivanja prikazan je jednostavnim pikselom (kao točka), dok je linija (rijeka) prikazana s više piksela poredanih linearno.

U *rasterskom modelu* homogene jedinice su pikseli, dok su u vektorskom modelu homogene jedinice točke, linije i poligoni.

Prvi GIS je napisan u programskom jeziku *Fortran* i zasnivao se na rasterskom modelu. Međutim, rasterski snimci (satelitski) su u početku bili podređeni crtanim

kartama zbog grube rezolucije odnosno slabije mogućnosti razlučivanja. Poboljšanom rezolucijom snimaka ta podređenost je otklonjena pa je rasterski orijentirani GIS poprimio široke razmjere primjene, za što su izrađeni i posebni programski paketi (software).

U rasterskom modelu podataka svaki piksel ili element slike prikazuje površinu nekog područja i svaki je piksel u raster-datoteci određen samo jednom vrijednošću. Različiti atributi koji se na njega odnose pohranjeni su ili u određenim datotekama ili u jednoj datoteci, ovisno o strukturi baze podataka i formatu koji je karakterističan za pojedine softvere. Datoteke s rasterskim podacima obično sadrže milijune piksela, pri čemu je pozicija svakog piksela strogo određena. Zato satelitske snimke zahtijevaju veliki memorijski prostor za spremanje podataka. Pri tome vrijedi pravilo: što je veća rezolucija snimaka, potreban je i veći kapacitet medija za spremanje podataka, pa veličina datoteke rapidno raste s povećanjem rezolucije snimaka. Tako npr. ako element slike prikazuje područje dimenzija $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ na terenu, razdaljina od 1 km bit će prikazana s četiri piksela, dok će područje površine $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ biti prikazano sa 16 piksela. Kod većih rezolucija, gdje primjerice element slike iznosi $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$, razdaljina od 1 km bit će prikazana s 10 piksela, a površina od $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ zahtijeva 100 piksela.

Satelitske snimke imaju ogroman broj piksela, ovisno o rezoluciji snimaka. Tako jedan Landsatov MSS snimak (iz bilo kojeg kanala) rezolucije oko 80 m, ima 7 581 600 piksela, dok jedan Landsatov TM snimak rezolucije 30 m, ima više od 42 milijuna piksela.

2.2 Povezanost rasterskih i vektorskih podataka

Za udruživanje rasterskih podataka u vektorski orijentirani GIS mogu se razlikovati tri apstraktne razine (Molenaar i Fritsch, 1991.) Na najnižoj (prvoj) razini rasterski podaci se superponiraju s vektorskim podacima i odgovarajućim atributima, pri čemu se ostvaruje direktna veza između pozicije i tematskih atributa. Na višoj (druvoj) razini koriste se procesiranjem dobiveni klasificirani rasterski podaci koji se sastoje od homogenih polja. Tu se ostvaruje izravna veza između pozicije i identificiranih objekata, a tematski atributi su povezani s identificiranim objektima. Na najvišoj apstraktnoj razini (trećoj) transformacije rasterskih podataka, objekti su geometrijski prikazani svojim granicama. Pri toj proceduri, na prvoj razini s rasterskim podacima rukuje se bez komprimiranja podataka, na drugoj se podaci spremaju i zaštićuju, dok se treća razina u upravljačkoj piramidi može direktno povezati s konceptom pojedinačnih vrijednosti vektorskih karata pa se tu istodobno ostvaruje veza između vektorskih i rasterskih podataka.

Kombinacija rasterskih i vektorskih podataka u principu može biti ostvarena na dva načina: pozicijski orijentirani pristup i pristup »karakteristika« (Molenaar & Fritsch, 1991.) Pozicijski orijentirani pristup je prilično jednostavan. Rasterski i vektorski podaci se kombiniraju preko njihove zajedničke pozicije. To se postiže transformacijom vektorskih podataka u rasterske u istoj koordinatnoj mreži koji ima originalni raster. Prostorno udruživanje tematskih podataka (atributa) u rasterske elemente zove se »mrežni atributi« (attributes gridding) (Molenaar i Fritsch, 1991.).

Pristup »karakteristika« zahtijeva da terenske značajke prikazane na vektorskoj karti budu obilježene i na rasterskoj karti. Simultanim prikazivanjem vektor-

skih i rasterskih podataka (kombinacija vektorske grafike i rasterskih snimaka), gdje snimka služi kao osnova na kojoj se nalazi vektorska karta, omogućuje noveliranje postojeće vektorske karte ili kreiranje nove. Svaki od ovih modela ima svoje prednosti i nedostatke (tablica 1).

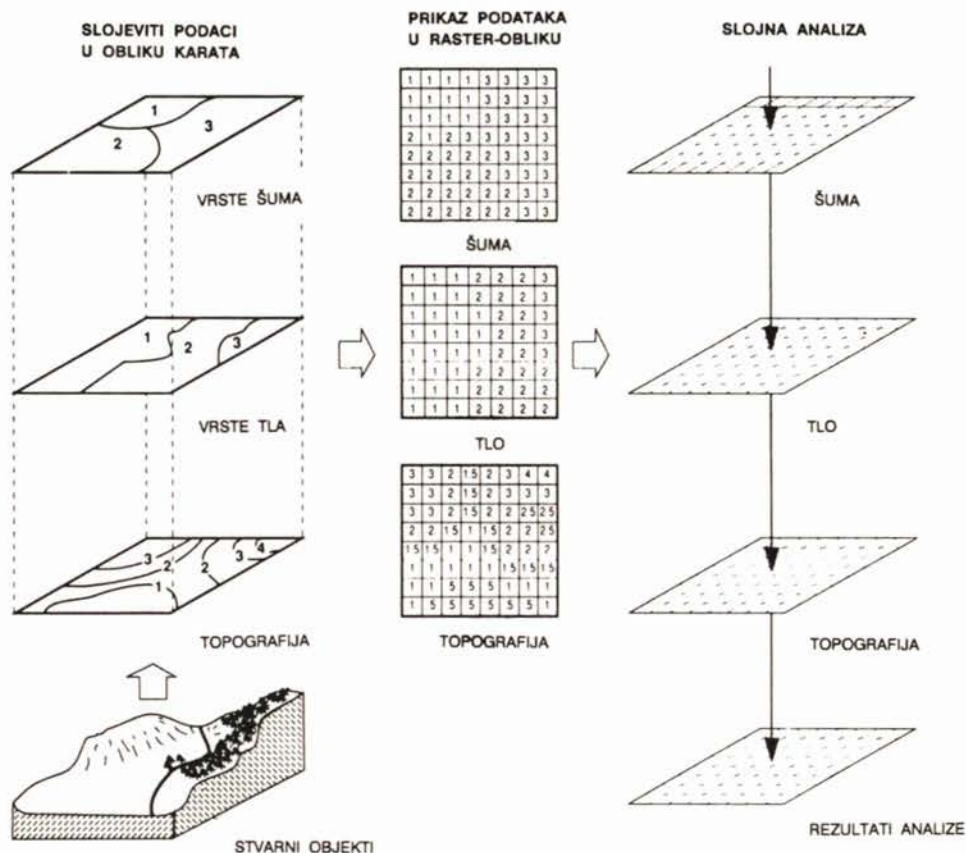
Tablica 1. Usporedni prikaz rasterskog i vektorskog modela – prednosti i nedostaci (Aronoff, 1991.).

RASTERSKI MODEL	VEKTORSKI MODEL
<p><i>Prednosti:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Jednostavna struktura podataka 2. Operacije slojevitog prikazivanja su jednostavne i efikasne. 3. Važnije prostorne razlike uspješno se prikazuju u rasterskom obliku. 4. Rasterski model je pogodan za efikasno manipuliranje i povećavanje digitalnih snimaka. <p><i>Nedostaci:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Struktura rasterskih podataka je manje kompaktna, ali se to može često riješiti komprimiranjem podataka. 2. Topološka srodstva se mnogo teže prikazuju. 3. Grafički izlazi su estetski manje dopadljiviji, jer npr. granice često imaju »blokovski« oblik u odnosu prema ravnim linijama ručno crtanim. Ta se pojava može prevladati velikim brojem piksela što opet iziskuje povećanje datoteke. 	<p><i>Prednosti:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kompaktnija struktura podataka nego u rasterskom modelu. 2. Efikasnija topologija rezultira efikasnijim izvođenjem operacija koje zahtijevaju topološke informacije kao što su mrežne analize. 3. Vektorski model je bolje prilagođen za podržavanje grafike, poput ručno-crtajućih karata. <p><i>Nedostaci:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mnogo je kompleksnija struktura podataka nego kod rastera. 2. Slojevita obrada podataka je znatno teža. 3. Prikaz čestih prostornih promjena nije efikasan. 4. Manipuliranje digitalnim snimkama i njihovo povećavanje može biti neefikasno u vektorskoj domeni.

Općenito se može konstatirati da je u vektorskom modelu točnost podataka znatno veća nego u rasterskom, ali je analiza podataka znatno sporija. Uz danas uobičajene rezolucije u rasterskom modelu, grafika je kvalitetnija u vektorskom modelu, dok je u rasterskom pohranjivanje podataka bolje (Kollarits, 1990.). Razvoj softvera se kreće u smjeru da svaki programski paket podržava oba modela, pri čemu se maksimalno koristi prednost jednog i drugog modela, a izmjena podataka je interaktivna.

Koncepcijski proces spremanja datoteka prikazan je na sl. 2. kao i primjena slojevitih vrijednosti piksela za analizu pozicije svakog piksela.

Primjerice, ako se na nekom terenu želi izdvojiti sve piksele koji označuju borovu šumu i pješčano tlo, može se utvrditi svaki piksel u datoteci »tlo« i svaki odgovarajući piksel u datoteci »šuma«. Svi ti pikseli kodirani kao borova šuma i pješčano tlo mogu biti identificirani i mogu poslužiti za izradu izlazne nove datoteke podataka. Taj postupak se zove »slojna analiza« (overlay analysis) sl. 2.



Slika 2. Slojna analiza pomoću datoteke rasterskih podataka (Aronoff, 1991.).

2.3. Programska podrška za rasterske modele

Postoji više programskih paketa namijenjenih za rasterski orijentirane analize u GIS-u. Međutim, neki paketi namijenjeni za analize u vektorskom modelu imaju i modul za rastersku analizu (ARC/INFO). Među najznačajnijim programskim paketima za rastersku analizu jesu: ERDAS-IMAGINE, ILWIS i ER-MAPPER. Ti programi raspoznaju satelitske podatke u digitalnom obliku na različitim medijima (magnetske trake, CD – ROM, Cartridges) dobivene posredstvom različitih satelita i senzora (Landsat TM, SPOT HRV, NOAA AVHRR, ERS-1 SAR, JERS-1 OPS & SAR i dr.).

2.3.1. Programski paket ERDAS IMAGINE

ERDAS IMAGINE je američki programski paket namijenjen prvenstveno za procesiranje snimaka (Image Processing) i rasterski orijentirani GIS. Primjenjuje se na širokom spektru hardverskih platformi od PC/AT (DOS), preko radnih stanica Sun SPARC, IBM RS 6000, Hewlett – Packard i DEC stanica 8 UNIX, do DEC VAX (VMS) main frame računala.

Koncepcijski sustav je preko izbornika (menu) vođena programska podrška koja je modularno koncipirana. Osnovne komponente čine moduli:

- ◆ za obradu slike (izravnavanje histograma, višekanalna algebra; analiza glavnih komponenti; predklasifikacija, evaluacija, klasifikacija, postklasifikacija, geometrijska i radiometrijska korekcija i dr.)
- ◆ za rasterski GIS u modeliranju (prostorne analize, uređivanje, formiranje baze podataka, unos, upit i ispis podataka)
- ◆ za vezu s vektorskim ARC/INFO GIS-om (istodobni rad s oba GIS-a, formiranje ARC/INFO vektora pomoću ERDAS slike u pozadini, međusobna konverzija podataka)
- ◆ za ručnu digitalizaciju
- ◆ za skeniranje
- ◆ za multivarijantnu analizu
- ◆ za konverziju podataka (AGN, DFAD, DLG, DXF, SIF formati)
- ◆ za kopiranje (hardcopy modul) – iglični, elektrostatski, tintni pislač)
- ◆ za 3-D prikaz terena
- ◆ za topografiju terena
- ◆ za sustav izbornika koje korisnik sam definira.

2.3.2. Programsk paket ILWIS

ILWIS (Integrated Land and Water Information System) je prvi i najveći europski GIS sustav označen s »Made in Europa«, izrađen u Međunarodnom institutu za aerosvemirski istraživanja i geoznanosti (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences-ITC) u Enschedeu (Nizozemska). Taj programski paket (software) namijenjen je prvenstveno stručnjacima koji se bave daljinskim istraživanjima i geografskim informacijskim sustavima, te za edukativne namjene. Temelji se na PC konfiguraciji i dizajniran je tako da zadovoljava brojne kriterije za primjenu i razvoj GIS tehnologija. Među ostalim odlikuje se slijedećim karakteristikama:

- ◆ Relativno je jednostavan za primjenu u stručnim i znanstvenim projektima, a prilagođen je i za edukativne namjene.
- ◆ Omogućeno je prihvaćanje i ispis kartografskih (prostornih) sadržaja u vektorskom i rasterskom obliku, te njihova međusobna izmjena.
- ◆ Prostorni postupci i prostorna statistika provode se prvenstveno korištenjem rasterskih sadržaja, dok se vektorski sadržaji koriste uglavnom za prikazivanje rezultata.
- ◆ Pri radu se koriste podaci različite strukture: točke, rasterske karte, vektorske karte, tablice, i to iz različitih izvora: terensko kartiranje, postojeće karte, aerosnimke i satelitske snimke.
- ◆ Korekcija aerosnimaka transformacijom digitaliziranih značajki iz aerosnimaka u točna prostorna mjerila korištenjem kontrolnih točaka u DTM-a.
- ◆ Unaprijedom ARC/INFO konverzijom segmenata i poligona u, ARC/INFO i iz njega pomoću Batch datoteke.
- ◆ Za rad s ILWIS-om koristi se jezik naredbi ili dobro organizirani izbornik. Pri tome postoje i moduli koji samostalno izvode određene grupe postupaka.

Modul za unos podataka (input) osigurava unos rasterskih, vektorskih i tabelarnih podataka s učitavanjem različitih formata (rasterski: TIFF, LAN, GIS, LIP, GIF, PCX, BMP i mnogi drugi; vektorski: SMT, SIF, DXF, HPGL, DIG,

ARC/INFO, SiCAD, UseMap, SysScan; tablice: dBase, DBF, Delimited, Lotus, DIF i dBase-SDF).

Vektorski modul se koristi za digitalizaciju, prikazivanje i održavanje kartografskih podataka (moguća je pretvorba podataka iz rasterskog u vektorski oblik i obratno).

Modul za rasterske analize sastoji se od tri dijela:

- modula za vizualizaciju (visualization module)
- modula za prostorno modeliranje (spatial modeling module) i
- modula za obradu slike (image processing module).

Modul za manipuliranje tablicama omogućuje korištenje opisnih podataka preko izrade baza podataka.

Izlazni modul (output) omogućuje izradu, tiskanje i iscrtavanje karata, dijagrama, tablica i slika.

Modul za upravljanje (system manager module) osigurava vezu ILWIS-a s DOS-om i s računalom.

Za pokretanje ILWIS-a potrebna je minimalna tehnička osnova (hardware): IBM-AT 80286, 80386SX, 80486 ili kompatibilan s odgovarajućim matematičkim koprocesorom, zatim kolor monitor s pripadajućom grafičkom karticom i crnobijeli monitor s MDA ili Hercules karticom.

2.3.3. Programsk paket ER-MAPPER

ER-MAPPER (Earth Resource Mapping) je sustav (software) za procesiranje snimaka i integraciju podataka, pri tome poboljšava, integrira i prikazuje slikovne podatke. Posebno je razvijen za X-Windowse. Procesiranje ulaznih rasterskih i vektorskih podataka obavlja se pomoću više od 200 standardnih algoritama. Rezultirajuća slika prikazana je u Windowsima ili su izlazni rezultati u obliku tvrdih kopija (kolor tiskani proizvodi, crnobijele kopije, filmovi i dr.).

ER-MAPPER se, među ostalim, odlikuje sljedećim:

- ◆ Algoritmi (processing »macros«) omogućuju integraciju i analizu velikog opsega rasterskih, vektorskih i tabelarnih podataka. Više od 200 algoritama može biti primijenjeno ili mogu biti novi kreirani.
- ◆ Dinamička veza (Dynamic Links) osigurava točne priključke na sustave kao što su: ARC/INFO, Genomap i Oracle, te na vanjske vektorske formate kao što je DXF. Otvorena struktura omogućuje direktnu vezu s rasterskim, vektorskim i tabelarnim podacima iz bilo kojeg vanjskog izvora.
- ◆ Postscript (PostScript) alat omogućuje ER-Mapperu tiskanje visoko kvalitetnih pankromatskih i kolor-proizvoda.
- ◆ Potpuna integracija rasterskih, vektorskih i tabličnih podataka (podržano je 82 rastersko-vektorskih ulaznih formi podataka).
- ◆ Složena klasifikacija pri kartiranju zamljišta (land use).
- ◆ ER HiView za automatsku izradu digitalnog modela terena iz stereo-snimaka.
- ◆ Sposobnost podržavanja velikog broja izlaznih proizvoda i unosnih/izlaznih formata.
- ◆ Višestruke fleksibilnosti za različite postupke procesiranja snimaka.

Potrebna tehnička osnova (hardware): UNIX radna stanica koja uključuje Sun (SunOS i Solaris), Digital Ultrix/MIPS I OSF/Alpha, Silicon Graphics, Hewlett Packard, IBM i periferni dijelovi.

3. DIGITALNO PROCESIRANJE SNIMAKA

3.1. *Digitalne snimke*

Pod snimkom se razumijeva slika, fotografija ili bilo koji oblik koji dvodimenzionalno prikazuje objekte ili površine (scene). Informacije su na snimci prikazane tonom i bojom.

Kada bismo preko snimke položili vrlo finu mrežu (grid lines) i brojevima označili tonove ili boje svakog djelića mreže, dobili bismo digitalnu snimku. Iz toga proizlazi da je digitalna snimka dvodimenzionalni niz brojeva koja prikazuje prostornu raspodjelu određenih polja ili parametara. Pri tome parametar može biti refleksija elektromagnetske radijacije (albedo), emisija, temperatura, neki geofizički podaci, topografske visine ili bilo koji izračunati parametar (Gupta, 1991.).

Svaki djelić digitalne slike zove se piksel, a broj koji prikazuje razine sivila piksela zove se digitalni broj koji označuje vrijednost piksela. Kao dvodimenzionalni niz, digitalna snimka je sastavljena od podataka raspoređenih u linijama (redovima) i stupcima (kolonama). Pozicija svakog piksela je određena retkom i stupcem njegova digitalnog broja (prostorne koordinate u ravnini slike-xy).

Digitalne snimke mogu imati i treću dimenziju, a to je vrijednost piksela u ravnini slike (Oluić, 1983.). Ta vrijednost je različita, a može biti npr. sivilo zbog refleksije, temperature i dr. Satelitske snimke, koje se najčešće koriste u procesu digitalnog procesiranja obično su načinjene u više intervala (kanala) elektromagnetskog spektra, koje prostorno korespondiraju (npr. Landsat TM snima u 7 kanala), pa je i intenzitet sivila različit na snimkama iz pojedinih kanala. Vrijednost nekog piksela predstavljena je intenzitetom elektromagnetskog zračenja (z) u danom području spektra, koje iz korespondiranog elementa slike pada na detektor.

Digitalne snimke se mogu spremati kao datoteka podataka u kompjutorskoj memoriji na medijima kao što su disk i magnetska traka, a mogu se prikazati i kao crnobijele ili kolor-snimke na monitoru, ili kao izlazni podatak u obliku filma ili papirne kopije. Također se može prikazati kao niz brojeva za numeričke analize.

Važnije prednosti digitalnih snimaka jesu:

- snimke se ne mijenjaju zbog vanjskih utjecaja, kao obične snimke ili fotografije,
- snimke se mogu umnožavati s velikom, uvijek jednakom, točnošću, bez promijene ili gubitka informacije,
- snimke se mogu matematički obrađivati u cilju dobivanja novih snimaka bez bojazni za oštećenje originalne snimke,
- snimke se mogu elektronski transportirati na različite udaljenosti bez gubitka informacija.

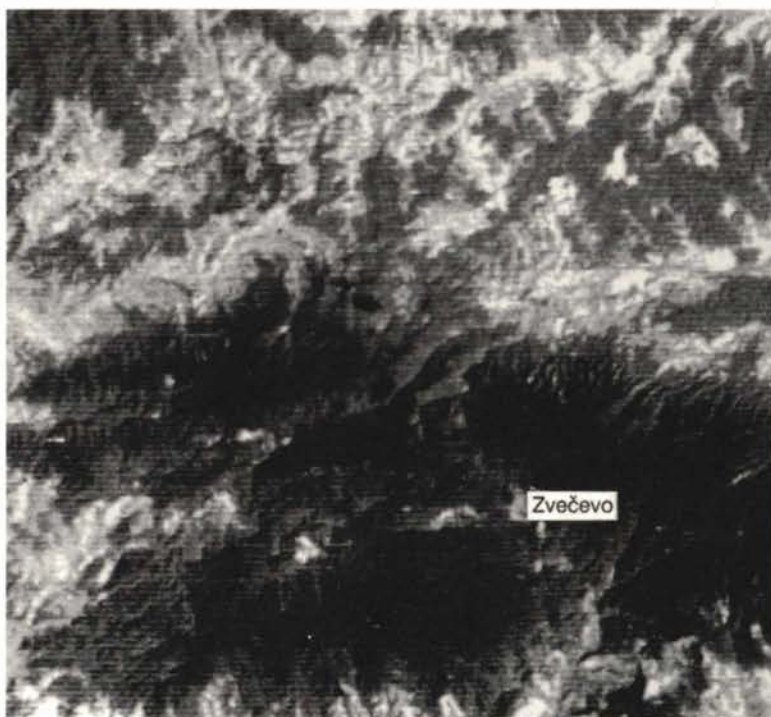
Digitalne snimke se zapravo dobivaju nizom matematičkih operacija koje se izvode s digitalnim brojevima snimaka, pa se te operacije općenito nazivaju **digitalno procesiranje snimaka** (engl. digital image processing). Tim se procesiranjem poboljšava kvaliteta snimaka u smislu bolje čitljivosti te zapažanja, identifikiranja i klasificiranja detalja, kao i neka druga poboljšanja (geometrijska, radiometrijska i dr.). Na taj način postiže se mnogo bolja analiza i interpretacija sadržaja snimke, što je izuzetno važno u daljinskim istraživanjima.

3.2. *Digitalni prikaz snimaka*

Boje objekata su rezultat selektivne apsorpcije i refleksije elektromagnetskog zračenja u vidljivom dijelu spektra koje dolazi od izvora svjetlosti. Percepcija ljudskog čula vida ograničena je na uski interval elektromagnetskog spektra od

samo 0,38 μm do 0,75 μm . Međutim, pomoću određenih tehnoloških postupaka može se učiniti vidljivim, tj. može se snimiti mnogo širi interval spektra (za ljudsko oko nevidljiv) i prikazati ga u obliku crnobijelih snimaka ili pseudokolor-snimaka. Te snimke se ostvaruju detekcijom elektromagnetskog zračenja u željenom dijelu spektra koje dolazi iz nekog elementa scene (u svakom trenutku jedan element slike ima samo jedan pripadni element scene). Iznosu tog detektiranog zračenja pridjeljuje se (digitalizacijom signala iz detektora) određena vrijednost piksela. Većina sustava za digitalno procesiranje snimaka realizirana je s 8 bita (256 razina sivila) za prikazivanje. Zapravo se prikazuju digitalni brojevi od 0 do 255, u rasponu od crnog do bijelog tona. To dinamičko područje prikazivanja je dovoljno široko za ljudsko opažanje, a također je dovoljno za prikaz većine snimaka, koje se koriste u daljinskim istraživanjima (TM, MSS, HVR, OPS, SAR i dr.) jer se digitalni brojevi u tim snimkama kreću u rasponu od 0-255. Snimke s digitalnim brojevima većeg raspona od 8 bita (npr. AVHRR) također se mogu prikazati po istom sustavu od 8 bita.

Satelitske snimke se obično dobivaju u digitalnom obliku, već pripremljene za daljnju kompjutorsku obradu. Postoji više postupaka koji se koriste za digitalno procesiranje snimaka, kojima se dobivaju nove, obrađene snimke, pogodnije za vizualnu analizu i interpretaciju. Također se određenim postupcima obavlja digitalna analiza snimaka u cilju izdvajanja, identificiranja i klasificiranja određenih podataka i informacija. Tako se npr. pomoću CORINE programa (corine-GIS) mogu digitalnom obradom snimaka izdvojiti i do 44 različite klase (Commission European Communities, 1992.).



Slika 3. Landsatov TM snimak planine Papuka, kanal 7.

Navode se važniji postupci digitalnog procesiranja snimaka prema Guo (1992.):

- povećanje kontrasta (Contrast enhancement)
- algebarske operacije snimkama (Image Algebraic operations)
- ponavljana klasifikacija u grupe (Iterative clustering classification)
- filtriranje (cijele) snimke i obrada susjednih piksela (Image filtering and neighbourhood processing)
- transformacija koordinata i pojačanje boja (Colour coordinate transformation and enhancement)
- analize osnovne komponente (Principal component analysis).

Svaki od navedenih metodskih postupaka sadrži više različitih radnji (prilaza) koje se obavljaju pri procesiranju. Snimke procesirane po određenom postupku (ovisno o namjeni) pružaju mnogo više informacija od izvornih snimaka iz pojedinačnih spektralnih kanala (sl. 3 i sl. 4).



Slika 4. Digitalno procesiran Landsatov TM snimak planine Papuka (postupak: obrada kvocijenta kanala (ratio) 2/5, 3/5, 7/5 i 1/5, 3/5, 7/5). Prema Oluić & Oluić, 1994.

Već se na prvi pogled opaža da se na procesiranoj snimci (sl. 4) može registrirati mnogo više npr. geoloških podataka nego na izvornoj snimci TM iz kanala 7 (sl. 3). Područje prikazano na razmatranoj snimci prekriveno je gustom šumom i drugim raslinjem što uveliko otežava terensko geološko kartiranje

(»kamufilirani« su izdanci stijena). Međutim, na procesiranoj snimci dobro se uočavaju različiti geološki podaci: litološki sastav, rupturna tektonika, hidrografska mreža, stupanj razvijenosti linearne erozije i dr. (Oluić & Oluić, 1994.).

4. ZAKLJUČAK

Geografski informacijski sustavi (GIS) su u novije vrijeme postali nezaobilazna tehnologija koja se koristi pri uspješnom gospodarenju prostorom (okolišom) i pri donošenju relevantnih odluka.

Budući da uspješno gospodarenje cjelokupnim prostorom nekog grada, regije ili države zahtijeva veliki broj različitih podataka i informacija, njihova efikasna obrada i prikaz mogući su samo korištenjem GIS tehnologija.

Postoje dva osnovna načina prikazivanja geografskih informacija, i to vektorski model i rasterski model. Vektorski model, u kojem su strukture označene točkom, linijom ili poligonom, pretežno se koristi pri radu s detaljnim informacijama, kao što su one o vlasništvu zemljišta (katastar), infrastrukturi, urbanizmu i sl., a podaci se prikazuju u krupnim mjerilima.

Rasterski model, u kojem je prostor podijeljen u sitne dijelove (piksele) koje prepoznaje kompjutorska memorija, pogodan je za obradu i prikaz podataka, u sitnijim mjerilima, a za izvor informacija najčešće se koriste tematske karte i satelitske snimke.

S obzirom da se satelitske snimke dobivaju obično u više spektralnih intervala (multispektralno), pri čemu se ponekad istodobno koriste i multitemporalne snimke, rukuje se s ogromnim brojem podataka (piksela) koji mogu iznositi i više desetaka milijuna, stoga je njihova obrada moguća samo pomoću računala odgovarajuće memorije. Tako dobiveni podaci i informacije najčešće se koriste u geologiji, poljoprivredi, šumarstvu, regionalnom planiranju, ekologiji i dr.

Digitalnim procesiranjem satelitskih snimaka dobiva se mnogo više informacija od izvornih, neprocesiranih snimaka. Zato je, pri korištenju satelitskih snimaka, kao izvora informacija za GIS, potrebno obaviti njihovo digitalno procesiranje.

LITERATURA

- Aronoff, S. (1991.): *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publ. Ottawa, Canada, s. 294.
- Brukner, M., Oluić, M., Tomanić, S. (1992.): *GIZIS-geografski i zemljišni informacijski sustav Republike Hrvatske-metodološka studija, INA-INFO, Zagreb*, s. 143.
- Burrough, P.A. (1986.): *Principles of Geographic Information Systems for Land Resource Assessment*, Oxford University Press, Oxford.
- Clarke, K.C. (1986.): *Recent trends in geographic information System research. Geol.-Processing 3*, s. 1-15.
- Commission of the European Communities. (1992.): *CORINE Land Cover. Present. in the framework of the Internat. Space Year 3/1992*, München, s. 22.
- Guo, J.L. (1992.): *Digital Image Processing for Geological Applications. Centre for Remote Sens., Imperial College, London*, s. 52.
- Gupta, P.R. (1991.): *Remote Sensing Geology*. Springer-Verlag, Berlin, New York, London, Paris ..., s. 356.
- Junkin, B.G. (1982.): *Development of three-dimensional spatial displays using a geographically based information system. Photogramm. Eng. Remote Sens.*, 48, s. 577-586.

- Kollarits, S. (1990.): SPANS-Konzeption und Funktionalität eines innovativen GIS. Angew. Geographische Informationstechn. II. Salzburger geograph. Material. 15, Inst. Geographie, Salzburg, s. 37-46.
- Marble, D.F., Peuquet, D.J. (1983.): Geographic information systems and remote sensing. In: Colwell, R.N. (ed) Manual of remote sens. 2nd edn. Am. Soc Photogramm. Falls Church, VA., s. 923-958.
- Molenaar, M., Fritsch, D. (1991.): Combined data structures for vector and raster representations in Geographic Information Systems. Geo-Information Systeme, vol 4, No. 3, Karlsruhe, s. 26-32.
- Oluić, M. (1983.): Daljinska istraživanja u geologiji, s. 123. U Donassy, Oluić, Tomašević: Daljinska istraž. u geoznanostima Savjet dalj. istraž. fotointerpret. JAZU, Zagreb, s. 333 + 9.
- Oluić, M., Oluić, D. (1994.): Doprinos digitalno procesiranih Landsat TM snimaka u geo-istraživanjima Papuka, Hrvatska. Savjet dalj. istraž. fotointerpret. HAZU, bilten 13, Zagreb, s. 21-32.
- Palmer, J. (1973.): Database Management. Scicon, London, s. 366.
- Parker, D.H. (1987.): What is a Geographic Information System? GIS' 87 - San Francisco. Second Ann. Internat. Conf. Exhibits and Workshops on GIS. Am. Soc. Photogramm, Falls Church, VA, s. 72-80.
- Parent, P., Church, R. (1987.): Evolution of Geographic Information Systems as Decision Making Tools. GIS '87 - San Francisco. Second Ann. Internat. Conf., Exhibits and Workshops on GIS. Am. Soc. Photogramm. Remote Sens. s. 63-71.
- Schalten, H., Vlugt, M. (1990.): A Review of Geographic Information Systems Applications in Europe. Geographic Information Systems. Developments and Applications. Worrall (ed)., Belhaven Press, London-New York, s. 13-40.
- Shelton, R.L., Estes, J.E. (1979.): Integration of Remote Sensing and Geographic Information Systems. Proc. 13th Symp. Remote Sens. Environ., Ann Arbor, MI, s. 463-483.
- White, W.B. (1986.): Modeling forest pest impacts-aided by a GIS in a decision support system framework. Proc. 3. National MOSS Users Workshop. Bureau of Land Management. Denver, CO, s. 236.
- Worrall, L. (ed): (1990.): Geographic Information Systems: Developments and Applications. Belhaven Press, London-New York. s. 251.

RASTER ORIENTED GIS AND DIGITAL IMAGE PROCESSING

The paper reviews the main features of Geographic Information Systems (GIS). There are two fundamental approaches to the representation of the spatial component of geographic information: the vector model and the raster model. The raster model, a raster structured geometry, is described in detail. The comparison of vectorial GIS (vector structured geometry) and raster oriented GIS, as well as its advantages and disadvantages is also presented. Digital images and digital image processing, as one of the most important sources of information for raster GIS are described.

Primljeno: 1994-08-12