

## OSNOVE

---

---

U ovom poglavlju će biti date neke osnovne teorijske postavke korisne za bolje razumevanje postavljenih zadataka i samim tim njihovo uspešnije rešavanje. Smisao ovog poglavlja nije da posluži kao zamena za odgovarajuću literaturu iz oblasti geoinformatike i GIS-a ili zamena za odgovarajuću dokumentaciju koja se isporučuje uz korišćene softvere, već da se samo ukaže na neke osnovne aspekte rada sa prostornim podacima koji će biti predmet vežbi na ovom kursu.

Za dodatne teorijske osnove čitalac se upućuje na odgovarajuću literaturu koja je nabrojana na kraju dokumenta. Pored toga, na početku svake vežbe, a pre prelaska na rešavanje konkretnog zadatka i problema, studentu će biti predloženo da pročita odgovarajući deo teksta iz predložene literature.

Naravno, podrazumeva se da su se studenti pripremili za rešavanje konkretnih vežbi tako što su pre toga pročitali i proučili odgovarajuće materijale sa predavanja i prateću literaturu, tako da taj tekst neće biti posebno navođen kao preporučena literatura za rešavanje tih vežbi.

### Prostorni modeli

---

Za predstavljanje objekata i pojava iz realnog sveta u okviru geografskih informacionih sistema (GIS) koriste se dva osnovna pristupa:

- ◆ modeli zasnovani na prostornim entitetima;
- ◆ modeli zasnovani na poljima.

U ovom poglavlju će biti dat vrlo sažet prikaz ovih modela. Za više detalja, čitaocu se predlaže čitanje odgovarajućih poglavlja u predloženoj literaturi ([Burrough i McDonnell 2006](#), [Worboys i Duckham 2004](#)).

## Modeli zasnovani na prostornim entitetima

---

Kod modela zasnovanih na prostornim entitetima, polazi se od pretpostavke da je svet ispunjen diskretnim prostornim entitetima/objektima (engl. *spatial entities*, *spatial features*, *spatial objects*). Ovi objekti se mogu identifikovati, relevantni su za datu oblast primene i imaju određene karakteristike. Pored toga, ovi objekti se mogu georeferencirati u odnosu na planetu Zemlju. Za entitete se vode njihove karakteristike, i to su:

- ◆ prostorni atributi (geometrija i topologija);
- ◆ tematski atributi;
- ◆ izvedeni atributi (računaju se iz prostornih ili tematskih atributa).

Geometrija prostornih entiteta se po pravilu predstavlja koristeći vektorske strukture podataka, tj. geometrija se najčešće predstavlja preko tačkaka, linija i površina u zavisnosti od tipa geometrije objekta.

Podaci koji čine sadržaj modela zasnovanih na prostornim entitetima po pravilu se čuvaju u vidu tabela. Najčešće se te tabele čuvaju u okviru relacione ili objektno-relacione baze podataka, ali se ti podaci mogu čuvati i u okviru sistema datoteka (engl. *file based format*), kao što su datoteke u *ESRI Shapefile* ili *MapInfo MID/MIF* formatima. Jedna tabela čini jedan sloj prostornih podataka i ta tabela sadrži entitet jednog tipa, tj. entitete koji imaju iste attribute (isti broj i tip atributa). Najčešće entiteti jedne tabele, tj. entiteti jednog prostornog sloja imaju i isti tip geometrije (tačka, linija, površina ili neki drugi).

## Modeli zasnovani na poljima

---

Kod modela zasnovanih na poljima, informacije o prostoru se tretiraju kao prostorne raspodele. Drugim rečima, posmatra se neka pojava i njeno rasprostiranje u prostoru. Ta pojava može biti, na primer, promena temperature, promena nadmorske visine, promena količine teških metala u tlu ili promena bilo kog atributa od interesa na nekom posmatranom području. Ta promena nekog atributa u prostoru se može opisati preko odgovarajuće matematičke funkcije. Naravno, ta funkcija u opštem slučaju nije poznata. Zato se prikuplja odgovarajući uzorak podataka iz realnog sveta koji se najčešće sastoji od izmerenih vrednosti posmatranog atributa na izabranim lokacijama. Nakon toga, korišćenjem različitih postupaka, vrši se modeliranje nepoznate funkcije raspodele atributa.

Najčešće se modeliranje polja radi tako što se vrši odgovarajuća podela (teselacija) područja od interesa, tj. prostorni okvir nad kojim se formira polje deli se na manje elemente. Nakon toga, promena vrednosti atributa za te manje elemente se predstavlja odgovarajućim matematičkim funkcijama. U zavisnosti od izabrane teselacije postoje:

- ◆ pravilna teselacija, gde se područje od interesa deli na pravilne poligone, pri čemu su to najčešće kvadratne ćelije;
- ◆ nepravilna teselacija, gde se područje deli na nepravilne poligone, pri čemu su to najčešće nepravilni trouglovi.

Kao što je to već rečeno, kod pristupa sa pravilnom teselacijom područje se najčešće deli na kvadratne ćelije grida. Za svaku ćeliju se vodi jedna vrednost atributa koji se modelira poljem. Ovakav model podataka se vrlo efikasno može predstaviti korišćenjem rasterske strukture podataka. Ovo je zgodno, jer se onda jednostavno mogu koristiti sistemi za dobijanje rasterskih slika i formati datoteka i algoritmi za rasterske slike, tj. veliki broj alata iz digitalne obrade slika. Naravno, raster pri tome mora biti georeferenciran, tj. mora biti poznat položaj svakog piksela (ćelije) rasterske slike u nekom koordinatnom sistemu vezanom za planetu Zemlju. Pored toga, podaci u ovom obliku se jednostavno mogu dobiti korišćenjem raznih senzora, recimo fotogrametrijskim snimanjem, laserskom ili radarskom metodom sa neke platforme (avion, satelit i sl) ili skeniranjem postojećih podloga.

Kod nepravilne teselacije najčešće se koristi mreža nepravilnih trouglova (engl. *Triangulated Irregular Network – TIN*), pri čemu su temena te mreže tačke u kojima su poznate vrednosti posmatranog atributa. Ovaj model se lako prilagođava nepravilnom rasporedu tačaka u uzorku. Na taj način, može se izabrati veća gustina tačaka u uzorku na delovima područja gde dolazi do učestalih promena vrednosti atributa, odnosno manja gustina tačaka na mestima gde te promene nisu izražene. Nakon toga se polje, tj. matematička funkcija raspodele modelira preko trougaonih faceta ili trougaonih površinskih zakrpa koje se međusobno nadovezuju bez prekida.

## Osnovne strukture prostornih podataka

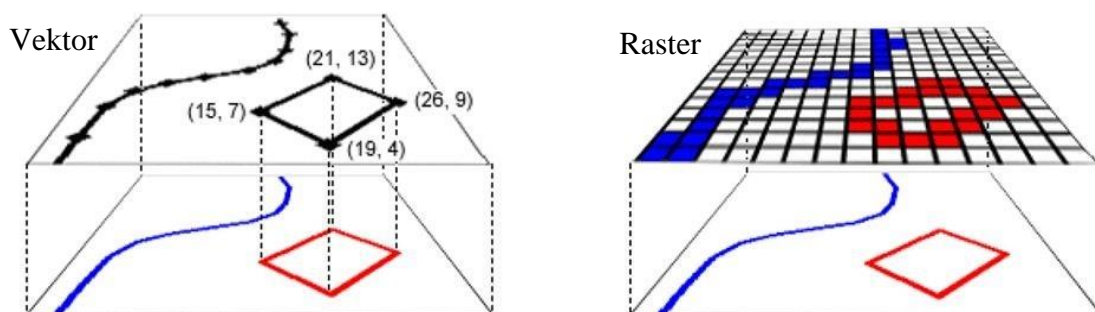
---

U okviru ovog poglavlja ukratko ćemo se upoznati s vektorskim i rasterskim strukturama prostornih podataka, kao osnovnim načinima predstavljanja prostornih podataka.

Dve osnovne strukture za predstavljanje prostornih podataka jesu:

- ◆ vektorske strukture prostornih podataka;
- ◆ rasterske strukture prostornih podataka.

**Slika 1** sadrži prikaz osnovnih razlika između dva osnovna pristupa modelovanju entiteta iz realnog sveta.



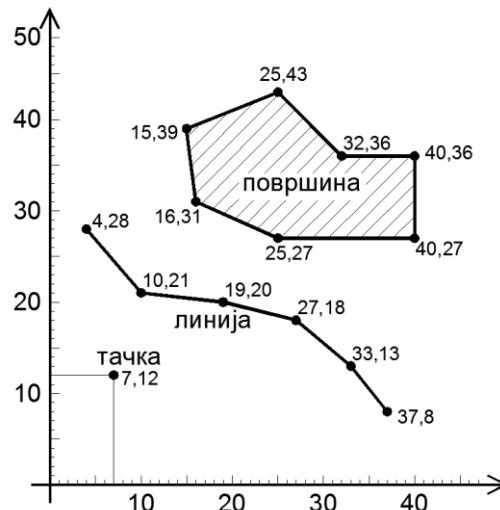
**Slika 1.** Poređenje predstavljanja istih prostornih podataka vektorskim strukturama (levo) i rasterskim strukturama (desno)

## Vektorske strukture za prostorne podatke

Kod vektorskog tipa podataka, objekti iz prirode se modeluju pomoću osnovnih geometrijskih oblika. Ovaj pristup se najčešće koristi za predstavljanje diskretnih objekata s jasno određenim granicama. Karakteristika vektorskih struktura prostornih podataka jeste da se podaci sastoje od niza povezanih vektora. Vektor je konačni linijski segment definisan svojim krajnjim tačkama. Lokacije krajnjih tačaka su date u odgovarajućem koordinatnom sistemu.

Objekti se u vektorskom modelu predstavljaju pomoću vektora sa njihovim koordinatama, pa su tako osnovni tipovi geometrija prostornih entiteta predstavljeni korišćenjem vektorskih primitiva na sledeći način (**Slika 2**):

- ◆ tačka – jednim parom  $(x, y)$  koordinata;
- ◆ linija – parovima  $(x, y)$  koordinata svih prelomnih tačaka;
- ◆ površina – parovima  $(x, y)$  koordinata svih prelomnih tačaka njene granice (granica je predstavljena jednim zatvorenim poligonom).



**Slika 2.** Predstavljanje prostornih podataka korišćenjem vektorskih primitiva

U savremenim GIS softverskim okruženjima, vektorski podaci se organizuju u vidu slojeva ili lejera (engl. *layers*). Jedan sloj čine podaci koji pripadaju istoj klasi prostornih entiteta. To najčešće znači da je geometrija tih entiteta istog tipa, recimo tačka, i da ti entiteti imaju isti broj i tip atributa. Svi entiteti jednog sloja po pravilu se smeštaju u jednu tabelu baze podataka, ako se podaci čuvaju u okviru baze podataka, ili u jednu ili više datoteka, ako se podaci čuvaju u okviru datoteka korišćenjem nekog GIS formata datoteka (npr. *ESRI Shapefile* format).

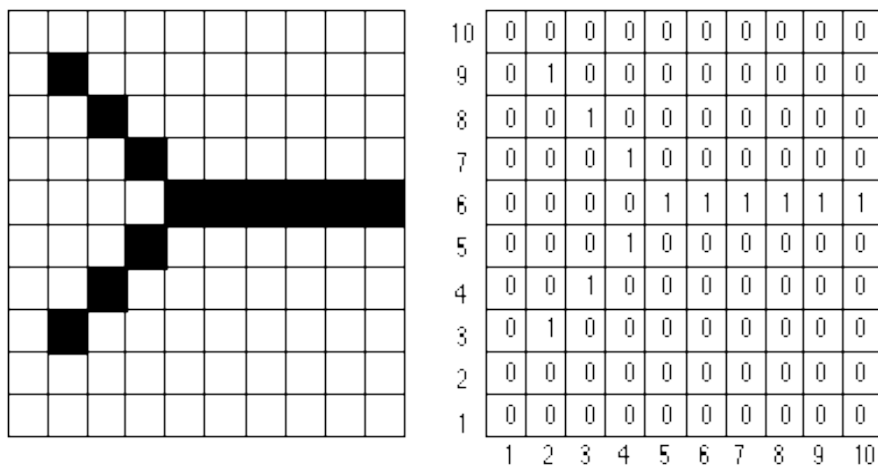
Više o prostornim podacima u vektorskom obliku podataka pročitati u poglavljima *Vector Data* i *Vector Attribute Data* iz publikacije *A Gentle Introduction to GIS* ([Sutton et al. 2009](#)).

## Rasterske strukture za prostorne podatke

---

Rasterski podaci su strukturirani u vidu dvodimenzionalne matrice ćelija grida koje se nazivaju pikseli. Rasterski model podataka je jednostavniji od vektorskog. Zasnovan je na podeli prostora od interesa na pravilnu mrežu ćelija jednake veličine. Svakoj ćeliji je dodeljena vrednost atributa koji predstavlja. Ukoliko se radi o slikama, onda se vrednost atributa odnosi na intenzitet boje. Izvorno se kao vrednosti ćelija (piksela) čuvaju brojevi, a oni mogu da se interpretiraju na različite načine. Rasterska struktura podataka nije pogodna, tj. efikasna za predstavljanje prostornih objekata sa granicama. Zato se ova struktura podataka najčešće koristi za prostorne modele zasnovane na kontinualnim poljima. Kod ovih modela, rasterska struktura predstavlja logičan način teselacije, tj. deljenja prostornog okvira na manje jedinice. Te jedinice su kod rastera u stvari ćelije grida, tj. pikseli rastera.

**Slika 3** sadrži prikaz primera rastera sa po deset redova i kolona koji za vrednosti piksela ima samo vrednosti 0 ili 1. Na ekranu računara ili na nekom drugom mediju, ti pikseli se mogu predstaviti, na primer, kao crne ili bele tačkice.



**Slika 3.** Digitalni brojevi rastera (desno) i njihova interpretacija (levo)

Ukoliko su poznate koordinate, recimo, piksela u donjem levom uglu rastera i ukoliko su ose rastera paralelne osama koordinatnog sistema, tada se pomoću prostorne rezolucije (tj. prostorne veličine piksela) mogu izračunati koordinate svakog piksela rastera.

Zbog toga što su rasterski podaci organizovani u pravilnu strukturu matrice, prostorni odnosi između piksela su već definisani i samim tim operacije nad njima su jednostavne. U rasterskoj strukturi mogu se nalaziti razne vrste podataka, najčešće:

- ◆ satelitski ili aero-snimci;
- ◆ podaci digitalnog modela terena;
- ◆ podaci o načinu korišćenja zemljišta;
- ◆ temperaturni podaci;
- ◆ razni statistički podaci itd.

Kao i vektorski podaci, i rasterski podaci se u savremenim GIS softverskim okruženjima organizuju u vidu slojeva. Jedan sloj čine podaci kojima se modelira prostorna raspodela

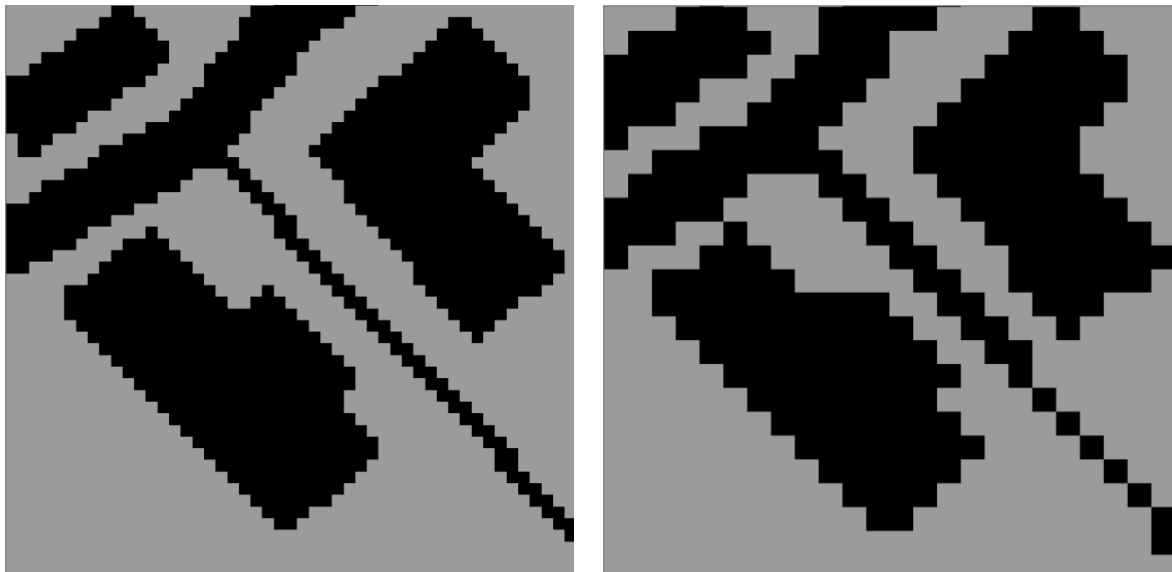
jednog atributa (temperatura, padavine, nadmorska visina), ili je to georeferencirana slika zemljine površi (ortofoto) ili georeferencirana skenirana podloga. Ovi podaci su često smešteni u datotekama u nekom od standardnih formata za rasterske datoteke (*JPEG*, *TIFF*, *ECW* i sl). Podaci georeferenciranja ovih rastera se čuvaju ili u samim tim datotekama (npr. *GeoTIFF* ili *ECW* format), ili u nekim pratećim datotekama.

Rasterske podloge koje se koriste u geoinformacionim sistemima karakterišu:

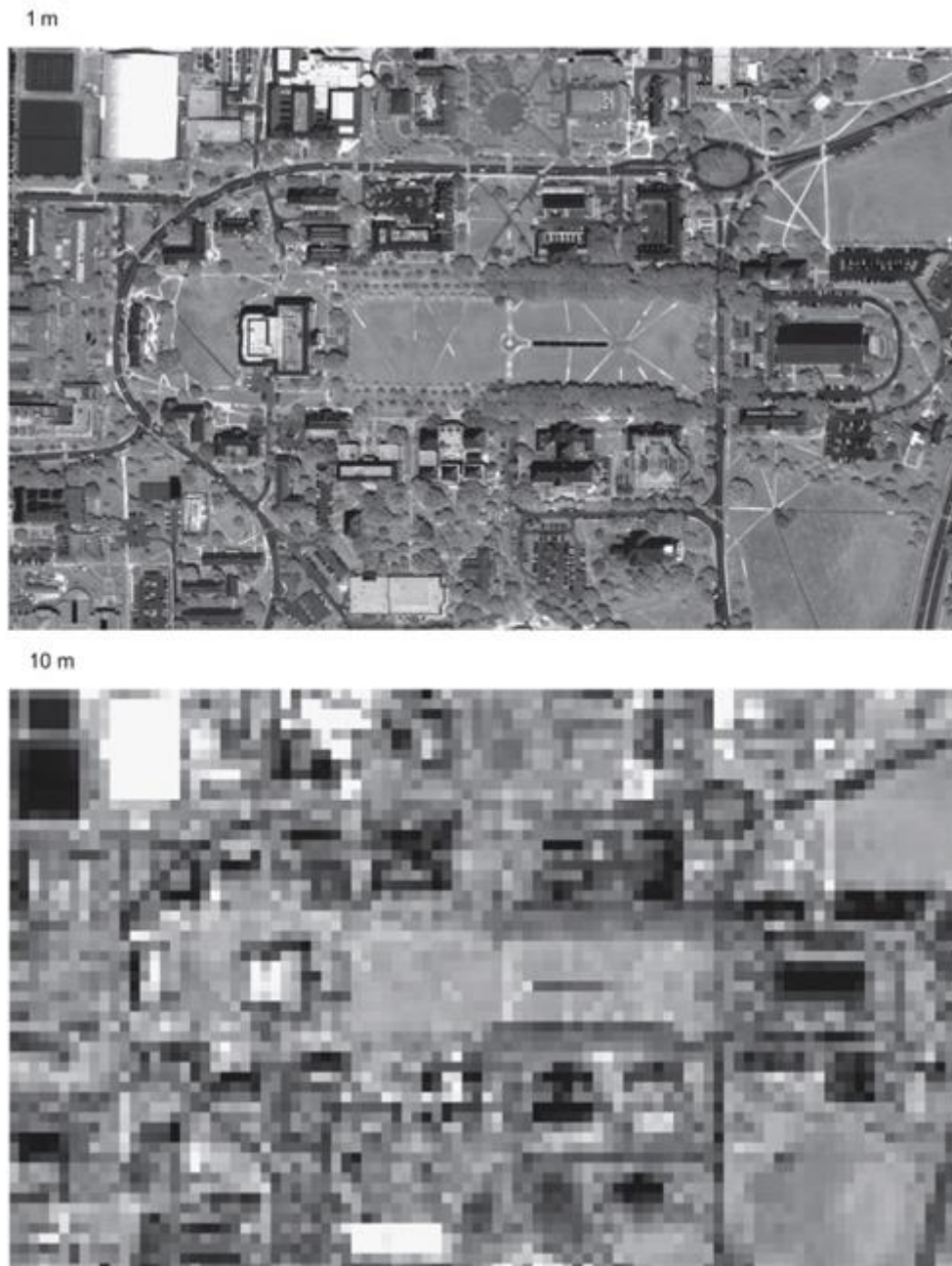
1. prostorna rezolucija;
2. spektralna rezolucija;
3. radiometrijska rezolucija;
4. vremenska rezolucija.

### **Prostorna rezolucija**

Prostorna rezolucija se odnosi na dimenzije pojedinačnog piksela i određena je dimenzijama područja koje piksel pokriva u prirodi, tj. na terenu. Praktično, njome se definiše minimalna veličina objekata na terenu koji se mogu prepoznati i međusobno jednoznačno razlikovati. Višu prostornu rezoluciju takođe odlikuje uvećanje ukupnog broja piksela, stoga i povećan utrošak memorije.



**Slika 4.** Primer predstavljanja istih objekata različitim prostornim rezolucijama



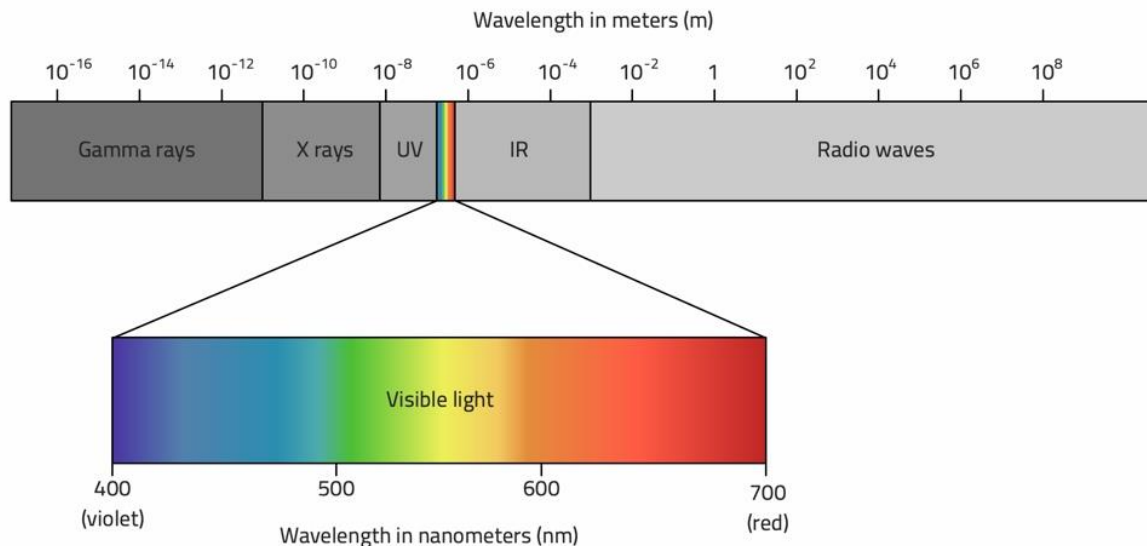
**Slika 5.** Primer satelitskih snimaka na kojima je isto područje predstavljano različitim prostornim rezolucijama

### **Spektralna rezolucija**

Spektralna rezolucija se odnosi na broj kanala i delove elektromagnetnog spektra u kojima senzor registruje elektromagnetno zračenje (panhromatski – vidljiva svetlost, crveni, zeleni, plavi, bliskoinfracrveni, srednjeinfracrveni, termalni i dr). Gotovo uvek se odnosi na snimke dobijene daljinskom detekcijom sa satelita.

Spektralna rezolucija opisuje sposobnost senzora da detektuje fine intervale talasne dužine u okviru elektromagnetnog spektra. Što je viša spektralna rezolucija, to su užiji opsezi talasnih dužina koji se odnose na određeni kanal. Osnovna prednost ovakvog pristupa jeste što se

omogućava registrovanje elektromagnetnog zračenja čija je frekvencija izvan vidljivog dela spektra (npr. infracrveni deo spektra). Kombinacijom više spektralnih kanala dobijaju se multispektralni ili hiperspektralni snimci koji omogućavaju dobijanje dodatnih informacija koje ljudsko oko nije u stanju da registruje.



**Slika 6.** Skala elektromagnetskog spektra s nanim vrednostima talasnih dužina i nazivima pojedinih delova spektra

### Radiometrijska rezolucija

Radiometrijska rezolucija određuje koliko dobro se mogu razlikovati nivoi intenziteta. Što je radiometrijska rezolucija viša, to se suptilne razlike u intenzitetima piksela mogu bolje uočiti. Drugim rečima, radiometrijskom rezolucijom se definiše raspon vrednosti koje mogu da imaju pikseli.

Ukoliko je reč o jednom spektralnom kanalu (npr. nijansama sive boje – engl. *grayscale*), broj mogućih vrednosti zavisi od broja bitova koji se koriste za memorisanje svakog piksela. Tačnije, broj različitih vrednosti piksela se računa kao:

$$bit\_depth = 2^n \quad (1)$$

gde  $n$  predstavlja broj bitova rezervisanih za memorisanje svakog piksela.

Prema tome, rasteri čiji pikseli zauzimaju po jedan bit mogu imati dve različite vrednosti, obično 0 ili 1. Takve slike se nazivaju binarne ili neformalno „crno-bele“. Primera radi, u slučaju kada pikseli zauzimaju po jedan bajt (osam bitova), njima će na raspolaganju biti 256 različitih nijansi sive boje (uzimaće vrednosti od 0 do 255). Senzori koji se nalaze na satelitima najčešće prikupljaju podatke u povećanoj radiometrijskoj rezoluciji kao što je npr. 10-12 bita po pikselu (1024, odnosno 4096 različitih vrednosti piksela).



Kako bi se omogućilo prikazivanje slika u boji, koristi se više spektralnih kanala i za svaki se dodeljuje po jedan raster. Ovi rasteri su obično istih dimenzija i jednake prostorne rezolucije. Najčešće korišćen model boja je *RGB* (engl. *Red, Green, Blue*), gde se sabiranjem triju osnovnih boja (crvene, zelene i plave) na različite načine dobijaju sve ostale boje. Svakoј boji odgovara jedan raster i uobičajeno je da se za memorisanje svakog piksela svih rastera koristi bar po jedan bajt. Time se može dobiti 256 različitih nijansi osnovnih boja, dok ukupan broj različitih boja koje se na ovaj način mogu predstaviti iznosi  $2^8 \times 2^8 \times 2^8$ , odnosno 16 777 216.

## Vremenska rezolucija

Vremenska rezolucija rastera se odnosi na frekvenciju kojom su snimci prikupljeni. Kod snimaka daljinske detekcije se definiše kao vreme potrebno za povratak i ponovno prikupljanje podataka s iste lokacije, tj. ponovno snimanje istog područja Zemljine površi istim satelitom ili drugim satelitom sa istom orbitom. Visoka vremenska rezolucija podrazumeva da se isto područje snima učestalije, i obrnuto. Obično se izražava u danima, a intervali između dva snimanja mogu biti manje ili više pravilni.

Više o rasterskoј strukturi za smeštanje prostornih podataka pročitati u poglavlju *Raster Data* iz publikacije *A Gentle Introduction to GIS* ([Sutton et al. 2009](#)).

## Poređenje vektorske i rasterske strukture prostornih podataka

---

S jedne strane, vektorske strukture prostornih podataka su efikasnije u smislu korišćenja memorijskih resursa, s obzirom na to da se u memoriju smeštaju samo tačke od interesa. Najveća pogodnost se ogleda u mogućnosti kvalitetnog modelovanja pojava i objekata iz realnog sveta koje poseduju jasno definisane granice. Ipak, s druge strane, vektorske strukture prostornih podataka podrazumevaju znatno složenije algoritme za obradu i analizu podataka. Takođe, postupak izrade vektorskih baza je vremenski zahtevan i složen i često je nezaobilazan manuelni rad operatera.

Što se tiče rasterske strukture prostornih podataka, ona je prirodna struktura za računare, uzimajući u obzir da svi programski jezici podržavaju operacije za rukovanje nizovima i matricama. Algoritmi za obradu podataka su značajno jednostavniji, s mogućnošću korišćenja algoritama za digitalnu obradu slika. Razmena podataka je zahvaljujući velikom broju rasterskih formata datoteka relativno jednostavna. Prevođenje postojećih podataka u digitalni oblik (npr. skeniranje analognih planova i karata) je jednostavan i ustaljen proces, a vredi pomenuti i da je velika količina podataka u formi rastera dostupna iz daljinske detekcije i fotogrametrije. Najizrazitija mana rasterskih struktura prostornih podataka jeste neefikasnost u smislu korišćenja memorijskih resursa. Ova ograničenja se donekle mogu prevazići primenom tehnika kompresije rasterskih podataka.

Zajednička osobina vektorskih i rasterskih tipova podataka jeste da postoji veliki broj formata za njihovo zapisivanje. Prema načinu smeštanja prostornih podataka, formati se mogu podeliti na dve grupe i to na formate gde se prostorni podaci smeštaju u baze podataka i na formate gde se podaci smeštaju u datoteke.

Prema tome ko je propisao format, oni se mogu podeliti na:

- ◆ interne formate proizvođača softvera – u ovom slučaju ne postoji javno dostupna dokumentacija o formatu, odnosno o načinu smeštanja podataka u i iz tog formata;
- ◆ industrijski standardni formati – postoji javno dostupna dokumentacija o formatu, odnosno o načinu smeštanja podataka u i iz tog formata i on je prihvaćen od strane drugih;
- ◆ nacionalni standardni formati – formati propisani od strane nadležnih institucija na nivou država, kao obavezni formati za razmenu i čuvanje podataka;
- ◆ međunarodni standardi – formati propisani od strane međunarodnih institucija (npr. *ISO, Open Geospatial Consortium*).

## Prikupljanje prostornih podataka

---

Prikupljanje prostornih podataka može se izvršiti korišćenjem:

- ◆ primarnih;
- ◆ sekundarnih metoda prikupljanja prostornih podataka.

Kod primarnih metoda prikupljanja prostornih podataka, podaci se prikupljaju direktno, opažanjima na terenu. U ove metode se ubrajaju:

- ◆ fotogrametrija i daljinska detekcija;
- ◆ lasersko skeniranje (engl. *Light Detection and Ranging – LiDAR*) iz vazduha ili sa zemlje;
- ◆ radarsko snimanje iz vazduha;
- ◆ geodetske terenske metode snimanja (korišćenjem totalnih stanica, globalnog navigacionog satelitskog sistema – *GNSS*, itd);
- ◆ druge terenske metode prikupljanja podataka.

Kod sekundarnih metoda prikupljanja prostornih podataka, podaci se prikupljaju obradom odgovarajućeg materijala sa kojih mogu da se prikupe prostorni podaci. U ove metode se ubrajaju:

- ◆ skeniranje postojećih podloga;
- ◆ vektorizacija sadržaja sa podloga na digitajzeru;
- ◆ vektorizacija sadržaja sa skeniranih podloga (manuelna, poluautomatska ili automatska);
- ◆ prikupljanje vektorskog sadržaja sa fotogrametrijskih snimaka;
- ◆ unos postojećih podataka (terenski zapisnici i sl).

Tokom celokupnog procesa prikupljanja i naknadne obrade prikupljenih prostornih podataka mora se voditi računa o kontroli kvaliteta prikupljenih podataka da bi se obezbedilo da se nivo grešaka u podacima svede na najmanju moguću meru i da se dobiju podaci adekvatni za odgovarajuću namenu.

Više o prikupljanju i obradi prikupljenih prostornih podataka pročitati u odgovarajućim poglavljima iz predložene literature ([Burrough i McDonnell 206](#), [Cvijetinović 2008a](#), [Longley et al. 2005](#)).

## Prostorne analize

---

Svakako jedan od najvažnijih razloga za formiranje prostornih modela podataka je da bi se kroz analizu tih modela došlo do korisnih informacija. Ove prostorne analize se izvode koristeći odgovarajuće algoritme koji su najčešće ugrađeni u GIS softver i druge softverske alate za rad sa prostornim podacima.

Prostorne analize obuhvataju sve vrste manipulacija nad prostornim podacima kao što su:

- ◆ pretraživanje podataka;
- ◆ prikaz podataka (u vidu kataloga, tabelarno, kartografski, preko dijagrama i grafika i sl);
- ◆ transformacije podataka;
- ◆ kompleksne analize preko usvojenih matematičkih modela;
- ◆ proučavanje različitih scenarija.

Analize prostornih podataka se obično proučavaju i implementiraju kao manje celine koje se mogu izvršavati zasebno ili u kombinaciji sa drugim analizama da bi se došlo do željenih informacija.

Prostorne analize se najčešće razlikuju po tome da li se izvode nad podacima koji su dati u vidu modela zasnovanog na entitetima ili modela zasnovanog na poljima. Pored toga, analize se razlikuju i po tome da li se koristi rasterska ili vektorska struktura za smeštanje podataka.

Kao što je to već rečeno, prostorne analize su implementirane u okviru odgovarajućeg softvera. Najčešće se za ove potrebe koristi GIS softver (*ArcGIS*, *Geomedia*, *QGIS*, *Idrisi*, *SAGA*, *GRASS GIS*, *Cadcorp SIS*, *MapInfo* i drugi), ali to mogu biti i druga softverska rešenja. Savremeni GIS softverski alati obezbeđuju podršku za rad i sa modelima zasnovanim na prostornim entitetima i sa modelima zasnovanim na poljima. Isto tako, obezbeđena je podrška i za rasterske i za vektorske strukture podataka. Međutim, postoji značajna razlika u pristupu koji se koristi za implementaciju prostornih analiza zasnovanih na vektorskim podacima, od analiza za rasterske podatke. Kao što je već rečeno, vektorska struktura podataka se najčešće koristi za modele zasnovane na entitetima, dok se za modele zasnovane na poljima koristi rasterska struktura podataka ili eventualno, mreža nepravilnih trouglova (engl. *TIN*). Treba reći i to da savremeni GIS softverski proizvodi najčešće sadrže i alate za transformaciju podataka iz jednog modela u drugi ili iz vektorske u rastersku strukturu

podataka, i obrnuto. Za neke analize je omogućeno i kombinovanje različitih modela ili struktura podataka.

Prostorne analize se u najopštijem smislu mogu podeliti na sledeće osnovne tipove:

- ◆ **Upiti** – predstavljaju osnovne prostorne analize; nema promena u bazi podataka i ne unose se u bazu podataka novi podaci; u ove analize se ubraja i prikaz podataka koristeći različite vrste pogleda kao što su katalozi, tabelarni prikazi ili dijagrami (histogrami, pitasti dijagrami i sl); cilj ovih analiza je da se dobiju odgovori na pitanja kao što su:
  - „Gde je nešto?“;
  - „Koliko ima nečega?“;
  - „Šta je ovo?“ (upiti po atributima i lokaciji);
  - „U kakvom su međusobnom odnosu entiteti?“;
  - „Koji entitet je najbliži posmatranom entitetu?“.
- ◆ **Merenja** – obezbeđuju numeričke vrednosti koje opisuju geoprostorne podatke, kao što su to, na primer:
  - osnovna svojstva prostornih entiteta (dužina, površina, oblik, i sl);
  - odnosi između prostornih entiteta (rastojanje, smer, i sl);
  - nagib površi, pravac najvećeg pada, zakrivljenost površi i sl.
- ◆ **Transformacije** – jednostavne metode prostorne analize kojima se menjaju skupovi podataka, ili se na osnovu njihovog međusobnog kombinovanja ili poređenja dobijaju novi skupovi podataka; koriste se jednostavne geometrijske, aritmetičke ili logičke operacije; uključuju i operacije za pretvaranje rasterskih u vektorske podatke i obrnuto, kao i operacije za formiranje kontinualnih polja na osnovu kolekcije objekata (interpolacija i modeliranje površi); primeri ovih analiza su:
  - izmene postojećih atributa i kreiranje novih atributa;
  - preklapanje poligona;
  - formiranje bafera i bafer zona oko entiteta;
  - prostorna interpolacija.
- ◆ **Sumarna deskripcija** – analize iz ove grupe imaju za cilj da se preko jedne ili nekoliko numeričkih vrednosti sumarno opišu podaci koji se analiziraju; ovo se radi preko sledećih statističkih pokazatelja:
  - srednja vrednost, centroid (ocena centralne tendencije, tj. grupisanja podataka);
  - disperzija (standardna devijacija, srednje rastojanje od centroida);
  - ispitivanje obrasca u pogledu rasporeda tačaka (slučajni, klasterisani i rasuti);
  - Moran statistika (obraci za attribute dodeljene entitetima – pozitivna autokorelacija, slučajna raspodela, rasuta);
  - drugi statistički pokazatelji.

- ◆ **Optimizacione tehnike** – imaju za cilj izbor optimalnih rešenja za neke probleme; primeri ovih analiza su:
  - izbor idealne lokacije s obzirom na zadate kriterijume (lokacija u kontinualnom prostoru ili mreži koja minimizira ukupno, tj. sumarno rastojanje u odnosu na zadate tačke, ili lokacija koja minimizira najduže rastojanje do zadatah tačaka);
  - problem trgovačkog putnika (redosled obilaska čvorova u mreži);
  - izbor optimalne trase (najkraćeg puta).
- ◆ **Testiranje hipoteza** – donošenje zaključaka o populaciji na osnovu manjeg prikupljenog uzorka iz populacije.

Pored ove klasifikacije, postoje i brojne druge klasifikacije prostornih analiza. Čitaocu se za produblivanje znanja predlaže čitanje odgovarajućih poglavlja u predloženoj literaturi ([Burrough i McDonnell 206](#), [Cvijetinović 2008a](#), [Longley et al. 2005](#)).

# LITERATURA

---

---

1. Burrough, P.A. / McDonnell, R.A.: **Principi geografskih informacionih sistema**, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, prevod: Branislav Bajat, Dragan Blagojević, 2006.
2. Cvijetinović, Ž.: **Geoinformatika 2**, predavanja u formi prezentacija, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2008a.
3. Longley, P.A. / Goodchild, M.F. / Maguire, D.J. / Rhind, D.W., editors: **Geographical Information Systems : Principles, Techniques, Management and Applications**, Second Edition, John Wiley & Sons, 2005.
4. Worboys, M.F / Duckham, M: **GIS : A computing perspective**, Second Edition, Taylor and Francis, 2004.
5. QGIS Development Team: **QGIS User Guide**, Release 2.18, [http://docs.qgis.org/2.18/en/docs/user\\_manual/](http://docs.qgis.org/2.18/en/docs/user_manual/) ili <http://docs.qgis.org/2.18/pdf/en/QGIS-2.18-UserGuide-en.pdf> , 2017.
6. Thiede, R. / Sutton, T. / Düster, H. / Sutton, M.: **QGIS Training Manual**, Release 2.18, [http://docs.qgis.org/2.18/en/docs/training\\_manual/](http://docs.qgis.org/2.18/en/docs/training_manual/) ili <http://docs.qgis.org/2.18/pdf/en/QGIS-2.18-QGISTrainingManual-en.pdf>, QGIS Development Team, 2017.
7. Sutton, T. / Dassau, O. / Sutton, M.: **A Gentle Introduction to GIS**, [http://docs.qgis.org/2.18/en/docs/gentle\\_gis\\_introduction/](http://docs.qgis.org/2.18/en/docs/gentle_gis_introduction/), Chief Directorate: Spatial Planning & Information, Department of Land Affairs, Eastern Cape, 2009.