

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

# **PROMETNI GEOINFORMACIJSKI SUSTAVI**

prof. dr. sc. Hrvoje Gold  
2009/2010

1

PROMETNI GEOINFORMACIJSKI SUSTAVI

## **04. RASTERSKI MODEL PROSTORNIH PODATAKA**

2

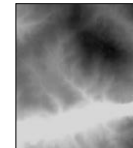
## Rasterski model prostornih podataka

- Uvod
- Elementi rasterskog modela podataka
- Vrste rasterskih podataka
- Struktura rasterskih podataka
- Sažimanje rasterskih podataka
- Pretvorba i objedinjavanje podataka

3

## Uvod ...

- Vektorski model prostornih podataka
  - prikladan za prikaz odvojenih prostornih značajki s dobro zadanim lokacijama i obrisima
    - točka, crta, poligon
  - neprikladan za prikaz neprekidno promjenljivih prostornih pojava
    - prikaz promjenljivosti visina



Tamnije sjene prikazuju pozicije većih visina

4

## Uvod ...

- Rasterski model podataka
  - koristi raster/rešetku/sliku za prikaz/pokrivanje prostora
  - vrijednost pojedine ćelije rastera odgovara značajki prostorne pojave na lokaciji ćelije
    - promjene vrijednosti ćelije odgovaraju prostornim promjenama prostorne pojave

5

## Uvod ...

- Formati zapisa podataka rasterskog modela
  - stalni u razvoju GIS-a
  - naglasak na strukturama i načinima sažimanja podataka
  - brojne vrste podataka zapisani u rasterskom formatu
    - digitalne visine, satelitske slike, digitalni ortofoto, skenirani zemljovidi, grafičke datoteke
  - zahtijevaju veliku količinu memorijskog prostora
    - načini pohrane i pristupa podacima

6

## Uvod

- Komercijalni i otvoreni GIS sustavi
  - istovremeni prikaz vektorskih i rasterskih podataka
  - mogućnost pretvorbe vektorskih podataka u rasterske i obratno
  - integracija vektorskih i rasterskih podataka
    - često se nadopunjuju

7

## Rasterski model prostornih podataka

- Uvod
- **Elementi rasterskog modela podataka**
- Vrste rasterskih podataka
- Struktura rasterskih podataka
- Sažimanje rasterskih podataka
- Pretvorba i objedinjavanje podataka

8

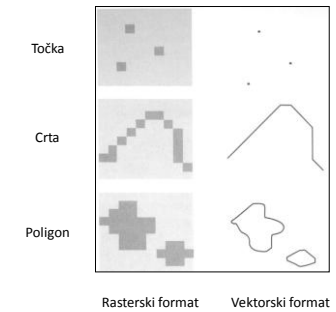
## Elementi rasterskog modela podataka ...

- Raster/rešetka/slika
  - prikaz stalno promjenljive prostorne značajke
  - za spremanje i analizu podataka
    - podjela rastera u retke, stupce i ćelije
      - ćelija – u obradi slika - element slike (pixel)
  - ishodište najčešće lijevi gornji kut rastera
    - retci – koordinata y – ordinata
    - stupci – koordinata x – apscisa
    - mjesto ćelije zadano pozicijom u retku i stupcu

9

## Elementi rasterskog modela podataka ...

- Prikaz geometrijskih elemenata rasterom
  - točka -> ćelija
  - crta -> slijedom susjednih ćelija
  - poligon -> skupom povezanih ćelija



10

## Elementi rasterskog modela podataka

- Rasterski model
  - nedostatak
    - točnosti prikaza lokacije prostorne značajke
  - prednost
    - nepromjenjive lokacije ćelija
    - algoritmi obrade slike
      - raster se promatra kao matrica
      - vrijednosti ćelije / elementa slike se spremaju kao dvodimenzionalno polje
      - jednostavnost obrade i analize u odnosu na vektorski prikaz

11

## Vrijednost ćelije ...

- Ćeliji u rasteru
  - pridružena je vrijednost značajke prostorne pojave na lokaciji određenoj retkom i stupcem rastera
  - zavisno o kodiranju
    - vrijednost u ćeliji cjelobrojna ili decimalna
      - cjelobrojna ćelija – prikaz neuređenih ili uređenih kategoričnih podataka
        - » npr. zemljišni pokrov : 1 – gradski, 2 – šumski, 3 – vodeni ili 1 – prikladan, 2 – granično prikladan, 3 – neprikladan
      - decimalna ćelija – stalne numeričke vrijednosti
        - » npr. raster oborina: vrijednosti oborina 20.15, 12.23, ...

12

## Vrijednost ćelije ...

- Decimalni raster
  - zahtjev za većim memorijskim prostorom od cjelobrojnog rastera
- Cjelobrojni raster
  - za pristup ćeliji postoji vrijednost u tablici atributa
    - decimalnom rasteru, radi potencijalno velikog broja vrijednosti koje ćelija može poprimiti, nije pridružena tablica atributa
  - pojedina vrijednost ćelije se može koristiti za upite i prikaze cjelobrojnog rastera
    - područja vrijednosti, npr. od 12.0 do 19.9, se zapisuju decimalnim rasterom – vjerojatnost pronalaženja određene vrijednosti u decimalnom rasteru je niska

13

## Vrijednost ćelije

- Lokacija vrijednosti zabilježene u ćeliji
  - zavisi o vrsti obrade
    - kod mjerenja udaljenosti odnosi se na središte ćelije
      - npr. računanje fizičke udaljenosti ili ponovno uzorkovanje vrijednosti elementa slike
    - kod mnogih obrada odnosi se na cijelu ćeliju
      - obrade se zasnivaju na ćeliji, a ne na točki
      - pretpostavljaju da se vrijednost zapisana u ćeliji odnosi na cijelu ćeliju

14

## Veličina ćelije

- Određuje razlučivost rastera
  - npr. veličina ćelije od
    - 10 m – ćelija pokriva površinu 100 m<sup>2</sup> (10 x 10 m)
    - 30 m – ćelija pokriva površinu 900 m<sup>2</sup> (30 x 30 m)
    - 10 metarski raster ima finiju/višu razlučivost od 30 metarskog rastera
- Ćelije velikog pokrivanja ne mogu prikazati točnu lokaciju pojedine prostorne značajke
  - mogućnost prikaza više značajki u jednoj ćeliji
    - npr. prikaz šume, potoka i ruba ceste u jednoj ćeliji
  - točniji prikaz prostornih značajki uz manju veličinu ćelije
    - nedostatak – povećanje količine i vremena obrade podataka

15

## Rasterski pojasevi

- Raster
  - jedan ili više pojasa
  - jednopojasni raster
    - ćelija ima jednu vrijednost na lokaciji ćelije
      - npr. raster visina
  - višepojasni raster
    - ćelija ima više vrijednosti na lokaciji ćelije
      - npr. digitalna fotografija u boji - 3 pojasa / kanala (crveni, zeleni, plavi) valnih duljina iz spektra elektromagnetskog zračenja, satelitska snimka – 5, 6 ili više kanala

16



## Prostorna referenca rastera ...

- Prostorna referenca rastera
  - za prostorno poravnanje rasterskih podataka s ostalim podacima u GIS-u
  - usklađenost koordinatnih sustava
    - npr. za polaganje rastera visina na vektorski sloj zemljišta
  - georeferencirani raster
    - raster poravnan sa referentnim koordinatnim sustavom

17

## Prostorna referenca rastera ...

- Georeferenciranje rastera
  - odnos rastera i koordinatnog sustava
    - stupci rastera odgovaraju apscisi koordinatnog sustava
    - retci rastera odgovaraju ordinati koordinatnog sustava
    - ishodište rastera – gornji lijevi kut
    - ishodište koordinatnog sustava – donji lijevi kut
    - brojevi redaka rastu suprotno od porasta vrijednosti ordinate
  - projicirane koordinate ćelije rastera
    - moguće izračunati korištenjem  $x$ ,  $y$  koordinata veličine područja rastera

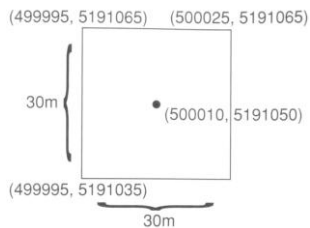
18

## Prostorna referenca rastera

- Primjer georeferenciranja rastera visina u UTM koordinatnom sustavu

– podaci o rasteru visina

- broj redaka: 463, broj stupaca: 318, veličina ćelije: 30 m
- (x, y) koordinate donjeg lijevog kuta: 499995, 5177175
- (x, y) koordinate gornjeg desnog kuta: 509535, 5191065



– provjera ispravnosti broja redaka i stupaca korištenjem okvirnih UTM koordinata i veličine ćelije:

- broj redaka =  $(5191065 - 5177175)/30 = 463$
- broj stupaca =  $(509535 - 499995)/30 = 318$

– računanje UTM koordinata pojedine ćelije

– npr. koordinate ćelije (1,1)

- donji lijevi kut ćelije = 499995, 5191035 ( $5191065 - 30$ )
- gornji desni kut = 500025 ( $499995 + 30$ ), 5191065
- središte ćelije = 500010 ( $499995 + 15$ ), 5191050 ( $5191065 - 15$ )

19

## Rasterski model prostornih podataka

- Uvod
- Elementi rasterskog modela podataka
- Vrste rasterskih podataka
- Struktura rasterskih podataka
- Sažimanje rasterskih podataka
- Pretvorba i objedinjavanje podataka

20

## Vrste rasterskih podataka

- Brojni GIS podaci zapisani u rasterskom formatu
  - satelitske snimke
  - digitalni modeli visina
  - digitalni ortofoto
  - binarno kodirani rasterski format
  - digitalni rasterski format
  - grafičke datoteke
- Sadrže osnovne elemente rasterskog modela podataka

21

## Satelitske snimke ...

- Podaci dobiveni daljinskim istraživanjem / pronicanjem
- Prostorna razlučivost satelitske snimke
  - veličina ćelije / elementa slike / piksela odgovara površini pokrivanja ćelije na zemljinoj površini
    - npr. prostorna razlučivost od 30 m označava da element slik pokriva površinu na zemlji od 900 m<sup>2</sup>
- Vrijednost piksela / razina svjetline
  - količina svjetlosne energije (elektromagnetskog zračenja) reflektirane ili emitirane od zemljine površine
    - mjerenje svjetlosne energije se zasniva na pojasevima / kanalima područja valnih duljina elektromagnetskog spektra
  - pankromatske snimke – jedan spektralni pojas
  - multispektralne snimke – više širih spektralnih pojaseva
  - hiperspektralne snimke – više užih spektralnih pojaseva

22

## Satelitske snimke ...

- Landsat program
  - široko korištene snimke za GIS, posebno geoznanosti, ekologija
  - program započeo 1972. godine
    - Nacionalna aeronautička i svemirska uprava (National Aeronautics and Space Administration - NASA) i Geološka uprava SAD-a (U.S. Geological Survey – USGS)
  - Landsat 1, 2, 3
    - prikupljanje podataka multispektralnim skenerom MSS (MultiSpectral Scanner)
      - prostorna razlučivost – 79 m
  - Landsat 4 – 1982. godine
    - prikupljanje podataka multispektralnim skenerom TM (Thematic Mapper)
      - prostorna razlučivost 30 m
      - sedam spektralnih pojaseva (plavi, zeleni, crveni, bliski infracrveni, srednje infracrveni I, termalni infracrveni, srednje infracrveni II)
  - Landsat 5 – 1984. godine
    - unaprijeđeni TM
  - Landsat 6 – 1993. godine
    - nakon lansiranja nije uspio dostignuti orbitu

23

## Satelitske snimke ...

- Landsat 7 – 1999. godine
  - sezonski nadzor procesa malog mjerila na mjerilu Zemlje
    - ciklus rasta vegetacije, propadanje šuma, korištenje poljoprivrednog zemljišta, erozija i ostali oblici propadanja tla, akumulacija i topljenje snijega, urbanizacija
  - prikupljanje podataka unaprijeđenim multispektralnim skenerom / osjetilom / senzorom ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus)
    - prostorna razlučivost
      - 15 m u pankromatskom pojasu
      - 30 m u šest vidljivih, blisko infracrvenih i kratkovalnih infracrvenih pojaseva
      - 60 m u termalno infracrvenom pojasu
- [landsat.usgs.gov](http://landsat.usgs.gov)

24

## Satelitske snimke ...

- EOS (Earth Observing System) sustav
  - NASA 1999. godine
  - sustav za proučavanje međusobnog utjecaja atmosfere, zemljišta, oceana, života i energije zračenja (topline i svjetla)
    - klasifikacija zemljinog pokrova i otkrivanje promjena na Zemlji
  - svemirska letjelica Terra opskrbljena s pet senzora
    - prikupljanje podataka senzorom visoke prostorne razlučivosti ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)
      - prostorna razlučivost
        - » 15 m u vidljivom i infracrvenom pojasu
        - » 30 m u kratkovalnom infracrvenom pojasu
        - » 90 m u termalnom infracrvenom pojasu

25

## Satelitske snimke ...

- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) sustav
  - meteorološki sateliti za potporu vremenskoj prognozi
    - pruža podatke za proučavanje zemljišnog pokrova na velikim površinama i kartiranje vegetacije
  - sateliti POES (Polar Orbiting Environmental Satellites) opskrbljeni sa naprednim senzorom vrlo visoke razlučivosti (Advanced very High Resolution Radiometer – AVHRR)
    - prostorna razlučivost 1.1 km
      - često nedostatna za GIS analize
    - pruža dnevnu pokrivenost s manjom količinom podataka
- [edc.usgs.gov/products/satellite/avhrr.html](http://edc.usgs.gov/products/satellite/avhrr.html)

26

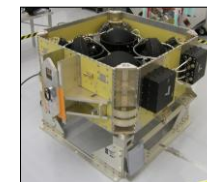
## Satelitske snimke ...

- SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) program
  - satelitski sustav za opažanje Zemlje
  - Nacionalno središte za svemirske studije (Centre National d'Études Spatiales – CNES), Francuska 1986. godine, danas tvrtka SPOT Image
  - SPOT 1 do 4
    - dvije vrste senzora
    - prostorna razlučivost
      - jednopojasne snimke 10 m
      - višepojasne snimke 20 m
  - SPOT 5 – uspješno lansiran 2002. godine
    - prostorna razlučivost
      - jednopojasne snimke 5 i 2.5 m
      - višepojasne snimke 10 m
  - [www.spot.com](http://www.spot.com)
- Satelitski programi u svijetu
  - Indija – [www.isro.org](http://www.isro.org)
  - Japan – [www.jaxa.jp](http://www.jaxa.jp)

27

## Satelitske snimke ...

- Privatne tvrtke za daljinsko pronicanje koriste različite platforma i senzora
  - GeoEye – IKONOS i OrbView sateliti
    - prostorna razlučivost
      - jednopojasne snimke 1 m
      - višepojasne snimke 4 m
    - [www.geoeye.com](http://www.geoeye.com)
  - DigitalGlobe
    - QuickBird satelit
      - prostorna razlučivost
        - » jednopojasne snimke 0.61 m
        - » višepojasne snimke 2.44 m
    - WorldView-2
      - razlučivost pankromatska 0.50 m, 8 kanala, vremenska razlučivost ≈ 1 dan
    - [www.digitalglobe.com](http://www.digitalglobe.com)



WorldView-2

28

## Satelitske snimke

- Združivanjem / fuzijom multispektralnih i pankromatskih snimaka
  - dobivaju se snimke u boji više razlučivosti
    - GeoEye pruža slike u boji razlučivosti 1 m
    - DigitalGlobe pruža slike u boji razlučivosti 0.7 m
      - moguće otkriti vozila, prometne nesreće, ...

29

## Digitalni modeli visina ...

- Digitalni model visina (Digital Elevation Model – DEM)
  - točkasti model
    - ravnomjerno razmaknutih podataka o visinama
  - jednostavna pretvorba u rasterski model
    - postavljanjem točke visine u središte ćelije
- Nacionalno središte za opažanje i znanost o zemljišnim bogatstvima (Earth Resources Observation & Science – EROS) USGS-a
  - SRTM DEM
    - DEM izrađen radarskom topografijom (Synthetic Aperture Radar – SAR) u misiji SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) 2000. godine
  - pokriva 80% Zemljine površine u području 60° N i 56° S
  - visine se mjere u odnosu na reflektirajuću površinu
    - koja može biti vegetacija, od čovjeka izgrađeni objekti ili površina zemlje
  - visinska razlučivost 90 m (30 m za područje SAD-a)
    - apsolutna visinska točnost bolja od nominalne koja iznosi 16 m
  - [edcns17.cr.usgs.gov/srtmtded2](http://edcns17.cr.usgs.gov/srtmtded2)

30

## Digitalni modeli visina ...

- Metode izrade DEM-a
  - korištenjem pasivnih senzora
    - iz zrakoplovnih snimaka
      - » zrakoplovne snimke
      - » s preklapajućim područjima
    - stereocrtič
    - » izrađuje se 3D model i unose podaci o visinama
    - DEM visoke točnosti, skupa izrada za veća područja
  - iz satelitskih snimaka
    - satelitske snimke visoke razlučivosti
      - » za izdvajanje podataka o visinama potrebne i koordinate zemaljskih kontrolnih točaka (Ground Control Points – GCP)
      - » mjerenje GPS-om s diferencijskim ispravkom mjerenja
    - komercijalni ili otvoreni programski paketi
    - točnost zavisi o kakvoći snimaka i algoritama programskog paketa

31

## Digitalni modeli visina ...

- korištenjem aktivnih senzora
  - iz radarskih podataka (Radio Detection And Ranging )
    - emitira mikrovalne impulse i mjeri količinu energije vraćene od zemaljskih objekata
    - prikupljanje podataka moguće
      - » danju i noću, u uvjetima bez i s oblacima
    - postignuta vertikalna točnost od 1 m – [www.intermap.com](http://www.intermap.com)

32



## Digitalni modeli visina ...

- iz podataka LIDAR-a (Light Detection and Ranging)
  - sustav za prikupljanje podataka
    - » laserski skener, GPS, inercijalno mjerni uređaj (Inertial Measurement Unit – IMU), zrakoplovna platforma
  - vrlo često emitira impulse svjetlosne energije i mjeri udaljenost do objekata
    - » na temelju mjerenja odlaznog i dolaznog vremena impulsa
  - istovremeno se pomoću GPS-a i IMU-a utvrđuju lokacija i smjer laserskog izvora
  - prostorna razlučivost
    - » od 0.5 do 2 m
  - vertikalna točnost
    - »  $\pm 15$  cm
  - DEM je izravno georeferenciran
  - sadrži više razina visina dobivenih od povratnog impulsa LIDAR-a
    - » visina terena – zadnji povratni impuls
    - » visina vegetacije – prvi povratni impuls
  - [lidar.cr.usgs.gov](http://lidar.cr.usgs.gov)

33

## Digitalni modeli visina ...

- Globalni DEM
  - SRTM DTED (Digital Terrain Elevation Model)
    - digitalni model terena / reljefa
    - izvan SAD – DTED 1. razine – visinska razlučivost – 90 m (3 lučne sekunde) – izveden iz DTED 2. razine za SAD
    - DTED 2. razine – za SAD – visinska razlučivost – 30 m (7.5 lučnih minuta) – vertikalna točnost < 16 m
  - ETOPO5 (Earth Topography-5 Minute)
    - prekrivanje površine kopna i mora
    - razmak rešetke
      - 5 lučnih minuta zemljopisne širine
      - 5 lučnih minuta zemljopisne duljine
    - [www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/etopo5.html](http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/etopo5.html)

34

## Digitalni modeli visina

- GTOPO  
([edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/gtopo30.html](http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/gtopo30.html)) i GLOBE  
([www.ngdc.noaa.gov/mgg/topo/globe.html](http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/topo/globe.html))
  - globalni DEM
    - horizontalni razmak rešetke 30 lučnih sekundi odnosno približno 1 km
    - DEM izveden iz rasterskih satelitskih snimaka i vektorskih konturnih linija digitalnog atlasa svijeta
      - vertikalna točnost GLOBE 30 m za podatke iz rasterskog i 160 m iz vektorskog izvora

35

## Digitalni ortofoto ...

- Digitalni ortofoto
  - prema sjeveru usmjerena rasterska aerofoto/satelitska snimka s ispravljenim nagibom i reljefom
  - georeferencirana snimka koja se može registrirati s topografskim i ostalim zemljovidima
  - vrste ortofoto snimaka
    - pankromatski – 256 razina sivog kao jednopojasna satelitska snimka
    - u boji - višepojasni – pojasevi odgovaraju osnovnim bojama, postoji i obojeni infracrveni
  - prostorna razlučivost 1 m ili više
  - jednostavno uklapanje u GIS
    - prikladan kao pozadina za prikaz i uređivanje podataka

36

## Digitalni ortofoto

- Digitalna ortofoto karta
  - DOF5 u mjerilu 1:5000



37

## Binarno kodirani rasterski format

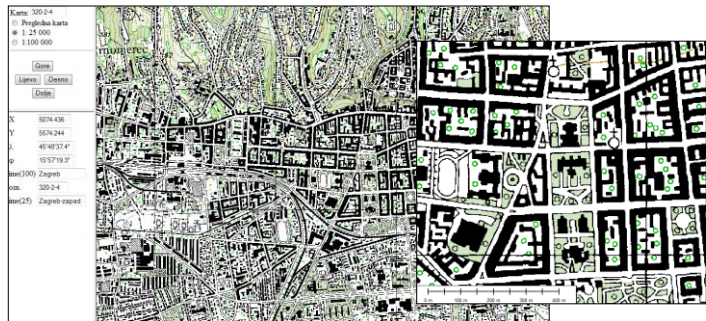
- Binarno kodirani rasterski format
  - binarno (0/1) skenirane karte
  - skeniraju se iz papirnatih zemljovida koji sadrže granice parcela, zona i ostalih prostornih značajki
    - skeniranje u razlučivosti 300 ili više točaka po palcu (dots per inch – dpi)
  - u GIS-u se digitaliziraju programom za pretvorb u vektorski format



38

## Digitalni rasterski format ...

- Digitalni rasterski format (Digital Raster Graphics – DRG)
  - skenirane i georeferencirane topografske karte u boji
  - DTK25, DTK100, DTK 200 – Detaljna Topografska Karta u mjerilu 1:25000, 1:100000, 1:200000

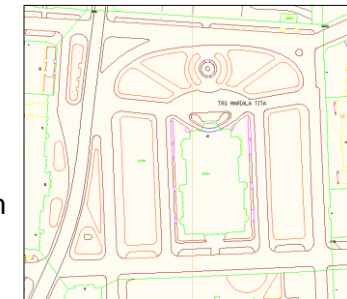


39

## Digitalni rasterski format



Hrvatska osnovna karta  
HOK u mjerilu 1:5000



Katastarski plan u digitalnom  
rasterskom formatu

40

## Grafičke datoteke

- Zemljovidi, fotografije, slike
  - spremaju se u digitalne grafičke datoteke
  - grafičke datoteke u rasterskom formatu
    - TIFF (Tagged Image Format)
      - format označenih slika
    - GeoTIFF – georeferencirana verzija TIFF-a
    - GIF (Graphics Interchange Format)
      - format za razmjenu grafičkih podataka
    - JPEG (Joint Photographic Experts Group)

41

## Rasterski formati u GIS-u

- GIS koristi rasterske formate uvezene iz
  - DEM-a, satelitskih snimaka, skeniranih slika, grafičkih datoteka, ASCII datoteka ili pretvorene iz vektorskih podataka
  - rasterski podaci u GIS-u koriste različite formate
    - npr. ArcGIS sprema rasterske podatke u ESRI Grid format

42

## Rasterski model prostornih podataka

- Uvod
- Elementi rasterskog modela podataka
- Vrste rasterskih podataka
- **Struktura rasterskih podataka**
- Sažimanje rasterskih podataka
- Pretvorba i objedinjavanje podataka

43

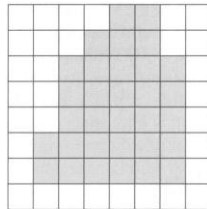
## Struktura rasterskih podataka ...

- Struktura rasterskih podataka
  - metode i formati kodiranja/spremanja rasterskih podataka
    - ćelija po ćelija (cell-by-cell/pixel-by-pixel)
    - duljine slijeda (run-length encoding)
    - stabla četverokuta (quad tree)

44

## Kodiranje ćelija po ćelija ...

- Ćelija po ćelija
  - najjednostavnija struktura rasterskih podataka
  - raster se zapisuje kao matrica
  - vrijednosti ćelija se spremaju u datoteku po retcima i stupcima
  - prikladan zapis kada se vrijednosti ćelija u rasteru neprekidno mijenjaju
    - sive ćelije – vrijednost = 1



```

Redak 1: 0 0 0 0 1 1 0 0
Redak 2: 0 0 0 1 1 1 1 0
Redak 3: 0 0 1 1 1 1 1 0
Redak 4: 0 0 1 1 1 1 1 0
Redak 5: 0 0 1 1 1 1 1 0
Redak 6: 0 1 1 1 1 1 1 0
Redak 7: 0 1 1 1 1 1 1 0
Redak 8: 0 0 0 0 0 0 0 0
  
```

45

## Kodiranje ćelija po ćelija

- DEM se sprema ćeliju po ćeliju
  - budući su vrijednosti susjednih visina rijetko jednake
- Spremanje aero/satelitske snimke
  - pankromatske
    - piksel po piksel
  - višespektralne
    - slijedno po kanalu (Band Sequential - .bsq)
      - snimka pojedinog kanala se sprema u zasebnu datoteku
        - » npr. snimka od sedam kanala se sprema u sedam datoteka – datoteka po kanalu
    - kanal isprepleten linijama (Band Interleaved by Line - .bil)
      - vrijednosti svih kanala se spremaju u jednu datoteku redak po redak
        - » datoteka u .bil formatu: 1. redak 1. kanala, 1. redak 2. kanala, ..., 2. redak 1. kanala, 2. redak 2. kanala, ...
    - kanal isprepleten pikselima (Band Interleaved by Pixel - .bip)
      - vrijednosti svih kanala se spremaju u jednu datoteku piksel po piksel
        - » datoteka u .bip formatu: piksel (1,1) 1. kanala, piksel (1,1) 2. kanala, ..., piksel (2,1) 1. kanala, piksel (2,1) 2. kanala, ...

46

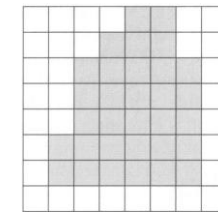
## Kodiranje duljine slijeda ...

- U slučaju većeg broja ponavljanja istih vrijednosti piksela u slijedu
  - kodiranje ćelija po ćelija neučinkovito
    - npr. binarno kodirana karta graničnih linija zona sadrži puno praznina, vrijednost piksela je 0 i manji broj linija, vrijednost piksela je 1
  - kodiranje duljine slijeda piksela
    - Run Length Encoding – RLE
    - vrijednosti piksela se spremaju po redovima i grupama
      - grupa je niz susjednih piksela istih vrijednosti (run)
      - duljinu grupe u retku označava prvi i zadnji piksel
      - u retku može biti više grupa

47

## Kodiranje duljine slijeda ...

- Veličina datoteke binarno kodirane skenirane karte spremljene ćelija po ćelija iznosi 8 MB
  - uz RLE sažimanje u odnosu 10:1 datoteka je umanjena na 0.8 MB
  - RLE uz kodiranje služi i za sažimanje podataka
- RLE kodiranje koriste GIS paketi
  - GRASS, IDRISI, ArcGIS



Primjer RLE kodiranja poligona

48



## Kodiranje stablom četverokuta ...

- Kodiranje rekurzivnom raščlambom rastera u hijerahiju stabla četverokuta
  - rekurzivna raščlamba
    - raster se neprekinuto dijeli sve dok je četverokut sastavljen od ćelija različitih vrijednosti – sivih ili bijelih
  - stablo četverokuta čine
    - čvorovi i grane
  - četverokut koji se ne može dalje dijeliti predstavlja čvor lista stabla

49

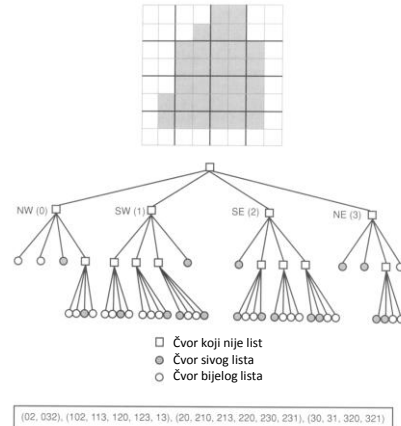
## Kodiranje stablom četverokuta ...

- Četverokut je predstavljen čvorom
  - podjela čvorova prema vrijednostima ćelija u četverokutu
    - čvor koji nije list
      - četverokut sa ćelijama različitih vrijednosti
      - točka grananja
      - četverokut je moguće dalje dijeliti
    - čvor koji je list
      - četverokut sa ćelijama istih vrijednosti
      - završna točka
      - kodiranje s vrijednošću homogenog četverokuta (sivo ili bijelo)
  - dubina stabla ili razina hijerarhije zavisi o složenosti značajki na rasteru

50

## Kodiranje stablom četverokuta ...

- nakon završene podijele
  - kodiranje značajki prikazanih rasterom
  - stablom četvorki i metodom prostornog označavanja
  - npr. četverokut NW 1. razine (prostornog indeksa 0) ima dva čvora sivog lista
    - 02 – SE četverokut 2. razine
    - 032 – SE četverokut 3. razine NE četverokuta 2. razine
  - niz (02, 032) i ostala tri niza četverokuta 1. razine kodiraju značajku rastera



51

## Kodiranje stablom četverokuta

- Učinkovita metoda za
  - spremanje podataka o površinama
    - posebno ako površine sadrže manji broj kategorija
  - spremanje, označavanje i prikaz globalnih podataka
  - prostorno indeksiranje
    - lociranje rasterskih i vektorskih prostornih podataka

52

## Datoteka zaglavlja rastera ...

- Unos rasterskih podataka u GIS
  - potrebne informacije, npr.
    - struktura podataka
    - područje obuhvata
    - veličina ćelije
    - broj kanala
    - upotrebljena vrijednost kada nema podatka
  - podaci se spremaju u datoteku zaglavlja rastera
    - datoteka slična datoteci projekcijskih podataka koordinatnog sustava

53

## Datoteka zaglavlja rastera ...

- Primjer datoteke zaglavlja DEM-a – GTOPO30

```

BYTEORDER M /* redoslijed bajtova pohrane vrijednosti piksela. M = Motorola
LAYOUT BIL /* ustroj kanala u datoteci. BIL = kanal isprepleten linijama
NROWS 6000 /* broj redaka slike
NCOLS 4800 /* broj stupaca slike
NBANDS 1 /* broj spektralnih kanala slike. 1 = jedan kanal
NBITS 16 /* broj bita po pikselu
BANDROWSBYTE 9600 /* broj bajtova po kanalu po retku
TOTALROWBYTES 9600 / ukupni broj bajtova podataka po retku
BANDGAPBYTES 0 /* broj bajtova između kanala u BSQ formatu slike
NODATA -9999 /* vrijednost korištena za svrhu maskiranja podataka
ULXMAP -99.99583333333334 /* zemljopisna duljina središta gornjeg lijevog
piksela (decimalni stupnjevi)
ULYMAP 39.99583333333333 /* zemljopisna širina središta gornjeg lijevog
piksela (decimalni stupnjevi)
XDIM 0.00833333333333 /* veličina piksela u x smjeru izražena u
zemljopisnim jedinicama (decimalni stupnjevi)
YDIM 0.00833333333333 /* veličina piksela u y smjeru izražena u
zemljopisnim jedinicama (decimalni stupnjevi)

```

54

## Datoteka zaglavlja rastera ...

- Ostali podaci uz datoteku zaglavlja rastera
  - npr. satelitska snimka
    - datoteka statističkih podataka
      - najmanja, najveća, srednja vrijednost i standardna devijacija spektralnih kanala
    - datoteka boja pridruženih različitim vrijednostima piksela

55

## Rasterski model prostornih podataka

- Uvod
- Elementi rasterskog modela podataka
- Vrste rasterskih podataka
- Struktura rasterskih podataka
- Sažimanje rasterskih podataka
- Pretvorba i objedinjavanje podataka

56

## Sažimanje rasterskih podataka ...

- Rasterski podaci zahtjevaju velike memorijske prostore
  - npr. veličine datoteka
    - 1.1 MB za 30 m DEM
    - 9.9 MB za 10 m DEM
    - 200 MB za nekomprimiranu sedam kanalnu TM scenu
  - zahtjevi za memorijom rastu povećanjem razlučivosti satelitskih snimaka i DEM-a

57

## Sažimanje rasterskih podataka ...

- Sažimanje podataka (data compression)
  - smanjenje količine/volumena podataka
    - posebno značajno kod prijenosa podataka i web GIS-a
  - bez gubitka vrijednosti izvornih podataka (lossless)
    - zadržava se vrijednosti ćelije ili piksela
    - izvorni raster ili sliku je moguće rekonstruirati
      - kod analiza ili izvođenja novih podataka
    - metode/formati sažimanja
      - RLE, PackBits – varijanta RLE, LZW (Lempel-Ziv-Welch)
    - TIFF format prikladan za PackBits i LZW sažimanje
      - npr. GeoTIFF

58

## Sažimanje rasterskih podataka ...

- uz gubitak vrijednosti izvornih podataka (lossy)
  - izvornu sliku nije moguće rekonstruirati u potpunosti
  - postižu se viši omjeri sažimanja negoli kod sažimanja bez gubitka vrijednosti izvornih podataka
  - prikladnije za rastere koji služe kao pozadinske slike
  - JPEG metoda sažimanja
    - slika se dijeli na 64 bloka (8 x 8) koji se nazavisno obrađuju
    - boje u svakom bloku se pojednostavljaju
    - obrada na blokovima rezultira pojavom 'blokova' u sažetoj slici
  - degradacija slike utječe rad u GIS-u
    - npr. izdvajanje zemaljskih kontrolnih točaka iz zrakoplovnih/satelitskih snimaka za potrebe georeferenciranja

59

## Sažimanje rasterskih podataka ...

- Metode sažimanja bez i sa gubitkom izvornih podataka
  - MrSID (Multi-resolution Seamless Image Database)  
[www.lizardtech.com](http://www.lizardtech.com)
    - višetruka razlučivost (multiresolution) – mogućnost obnavljanja slike u različitim razlučivostima i mjerilima
    - neprekinutost (seamless) – neprekinuto sažimanje velikih slika sa podblokovima i otklanjanje umjetno nastalih blokova tijekom sažimanja
    - za sažimanje koristi valićnu (wavelet) pretvorbu
      - JPEG 2000 – obnovljeni JPEG otvoreni format također je koristi

60

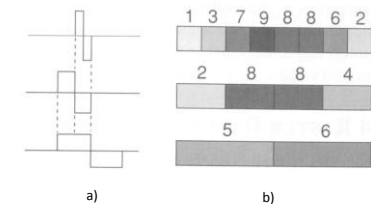
## Sažimanje rasterskih podataka ...

- Valična pretvorba (wavelet transform)
  - promatra sliku kao val i postupno raščlanjuje val u jednostavnije valove – valiće
  - usrednjavaju se vrijednosti susjednih piksela (2, 4, 6, 8 ili više piksela)
  - zapisuje se razlika izvorne i usrednjene vrijednosti piksela
    - razlika vrijednosti / koeficijent valića
      - »  $\approx 0$  - dijelovi slike s malo značajnih promjena
        - spremanje s manjom razlučivošću zaokružavanjem manjih iznosa na nulu
      - »  $>$  ili  $< 0$  – dijelovi slike s značajnim promjenama, tj. više detalja
        - spremanje s većom razlučivošću

61

## Sažimanje rasterskih podataka ...

- Primjer valične pretvorbe
  - Harr-ov valić
    - kratki bipolarni impuls
  - izvorne vrijednosti piksela su od crne (u sredini) retka do svjetlo sive
  - usrednjavanje vrijednosti piksela
  - rezultat pretvorbe u dvije razine razlučivosti
  - koeficijenti valića kod pretvorbe prve razine (2, 8, 8, 2)
    - -1 (1-2), -1 (7-8), 0 (8-8), 2 (6-4)
    - zaokruženjem koeficijenata na nulu – potreban dvostruko manji prostora za spremanje slike – zadržana kakvoća izvorne slike
    - rekonstrukcija izvorne slike
      - prvi piksel  $2 - 1 = 1$ , drugi piksel  $2 - (-1) = 3, \dots$



Harr-ov valić i valična pretvorba

a) Tri Harr-ova valića u tri mjerila (razlučivosti)  
b) Rezultati pretvorbi

62

## Rasterski model prostornih podataka

- Uvod
- Elementi rasterskog modela podataka
- Vrste rasterskih podataka
- Struktura rasterskih podataka
- Sažimanje rasterskih podataka
- Pretvorba i objedinjavanje podataka

63

## Pretvorba i objedinjavanje podataka ...

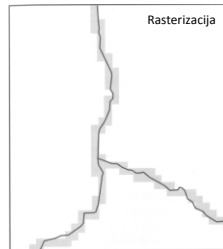
- Pretvorba i objedinjavanje vektorskih i rasterskih podataka u GIS-u
  - rasterizacija
  - vektorizacija
  - objedinjavanje

64



## Pretvorba rastera u vektor

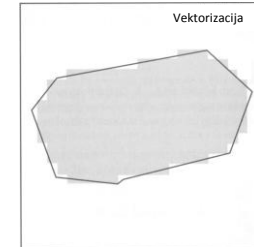
- Rasterizacija
  - pretvorba vektorskih podataka u rasterske
  - osnovni koraci algoritma pretvorbe
    - postavljanje rastera potrebne veličine ćelije za pokrivanje područja obuhvata vektorskih podataka i dodjela početnih vrijednosti (0) ćelijama
    - izmjena vrijednosti ćelija koje odgovaraju točkama, linijama i granicama poligona
    - popunjavanje područja unutar granica poligona vrijednostima poligona
  - uzroci pogrešaka rasterizacije
    - kakvoća algoritma, veličina ćelije rastera, složenost granica poligona



65

## Pretvorba vektora u raster

- Vektorizacija
  - pretvorba rasterskih podataka u vektorske
  - osnovni koraci algoritma pretvorbe
    - sužavanje linije
      - u vektorskom modelu linije imaju duljinu, ali ne širinu
      - širina linija u rasterskom modelu iznosi nekoliko piksela
      - sužavanje linija na širinu jednog piksela
    - izlučivanje linije
      - utvrđivanje početka i kraja linije
    - rekonstrukcija topologije
      - povezivanje izlučenih linija i prikaz pogrešaka digitalizacije
  - pogreške se ogledaju u stepeničastom prikazu dijagonala
    - ispravljanje operacijom glađenja dijagonale



66

## Objedinjavanje podataka ...

- Objedinjavanje rasterskih i vektorskih podataka u GIS-u
  - u GIS analizi još postoji razdvojenost podataka
  - objedinjavanje prisutno na konceptualnoj razini
  - primjenjivost rasterskih podataka
    - npr. pozadinski prikaz podataka, izvor za digitalizaciju ili uređivanje vektorskih podataka
    - DEM kao izvor podataka za izvođenje topografskih značajki – izohipse, nagibi, položaji, ...
      - topografske značajke se mogu spremiti kao raster ili vektor
  - povezivanje vektorskih značajki točke, linije i poligona sa rasterskim slikama pomoći hiperspojnika

67

## Objedinjavanje podataka ...

- GIS + obrada slika + daljinsko pronicanje
  - georeferencirane satelitske snimke
    - uz prikaz parcela, stajališta, ulica, ...
  - multispektralne satelitske snimke
    - izrada slojeva zemljišnog pokrova, vegetacije, urbanih područja
  - vektorski podaci
    - pomoćni podaci u obradi satelitskih snimaka
      - podjela scene u područja te odvojena obrada i klasifikacija dijelova scene
      - kod odabira kontrolnih točaka u postupku georeferenciranja

68

## Objedinjavanje podataka

- GIS paketi čitaju datoteke spremljene iz programa za obradu slika
  - npr. ArcGIS podržava datoteke spremljene u formatima programa
    - ERDAS IMAGINE - GIS i LAN  
[gis.leica-geosystems.com](http://gis.leica-geosystems.com)
    - ERMapper  
[www.ermapper.com](http://www.ermapper.com)
- Dodatni moduli GIS programa za obradu satelitskih slika
  - satelitske snimke visoke razlučivosti
  - npr. ArcGIS
    - Image Analyst – funkcije analize slike
    - Feature Analyst – izdvajanje značajki sa slike – zgrade, ceste, ...

69