

Modelování geografických objektů

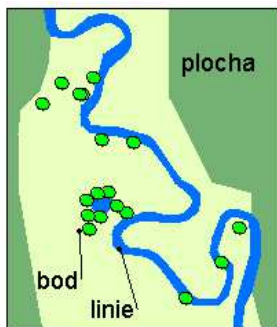
Data

- Papírové mapy
- Digitální data (naskenované papírové mapy, digitalizované papírové mapy, zpracovaná data)
- Letecké snímky (fotografie, negativy, digitální forma)
- Družicové snímky, data z laserového skenování a dalších přístrojů
- Souřadnice (ručně zapsané, získány z GPS či jiných přístrojů)
- Tabulky

Datové reprezentace



skutečnost



mapa - vektor



ortofoto - rastr

Reprezentace dat

Skutečnost



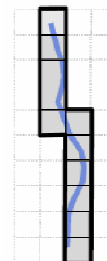
Mapa



Vektorová data



Rastrová data



Aspekty (vlastnosti) prostorových dat

- **Prostorový aspekt** projevuje se se změnou vlastností jevu z místa na místo
- **Topologický aspekt** popisuje vzájemné prostorové vztahy mezi prvky
- **Atributový (tematický) aspekt** charakterizuje změnu jevu v jeho vlastnostech (od jedné vrstvy k jiné)
- **Časový aspekt** odráží změnu jevu v čase (od jednoho záznamu ke druhému)

Všechny měřitelné nebo popsitelné vlastnosti reálných entit spadají do jednoho z aspektů: prostoru, tématu nebo času. Popisujeme-li reálný jev, považujeme jeden aspekt za “**pevný**”, jeden aspekt za “**kontrolovaný**” a třetí za “**sledovaný**” (*sčítání lidu v roce 1991 po kat. územích*)

Prostorový aspekt

Určení polohy entity v prostoru

Přímé

- použitím referenčních systémů
- k zemskému tělesu
- k rovině, na níž je zemský povrch zobrazen

Nepřímé

- pomocí tzv. geokódů (systémy založeny na skokové změně polohy)
- bodové pravidelné (čtvercová síť vrtů) nepravidelné (adresy ÚIR)
- liniové pravidelné nepravidelné (traťové úseky)
- plošné pravidelné (sítě zoologického mapování) nepravidelné (parcely)

Prostorový aspekt

Geografická poloha

Poloha v prostoru je definující charakteristikou pro všechny geoobjekty. Jednoznačné definování geometrie a topologie objektů je možné s použitím souřadnicového systému.

Souřadnicové systémy používané v ČR

WGS- 84 jednotky: stupně (zeměp. šířka a zeměp.výška)

S-JTSK jednotky: metry

S-42 jednotky: metry

Topologický aspekt

Prostorové vztahy

- důležitá charakteristika geografických údajů
 - člověk tyto vztahy intuitivně chápe, pro počítačové zpracování v GIS nutné přesně definování
1. vlastnosti objektů, které vyžadují měření s použitím souřadnic (týkají se geometrie (poloha těžiště plochy, vzdálenost bodů))
 2. vlastnosti založené na negeometrické informaci o objektech (spojení mezi lokalitami, sousednost ploch) - topologické vlastnosti

Topologický aspekt

Topologie:

vzájemné prostorové vztahy mezi jednotlivými entitami (konektivita, přilehlost, obsažnost, orientace)

- konektivita (spojitost) - s čím je spojeno, př. propojenost mezi leteckými linkami na letištích
- přilehlost (sousednost) - co, s čím sousedí, př. sousedící parcely
- obsažnost - co, je uvnitř, př. holina v ploše lesa
- orientace - směr z – do, př. směr toku vody v řekách

Vybrané prostorové pojmy mohou být měřené v obou oborech - geometrickém i topologickém

Atributový aspekt

Atributy

- popisující geografické objekty

Příklad

Objekt = lesní porost

Atribut = dřevinná skladba, průměrná výška porostu, věková struktura, apod.

- atributy jsou neprostorové (nerepresentují informaci o lokalizaci či o prostorových vztazích),
- mají vytvořenou vazbu na prostorové prvky
- atributové hodnoty, reprezentující kvalitu geoobjektu, nelze vždy měřit nebo udávat v jednotném měřítku. Př. borovicový porost není nikdy 100% složen pouze z borovice. Při analýzách to nevádí, ale je nutno s touto skutečností počítat.

Časový aspekt

Čas – dynamický popis

- dynamika charakterizuje temporální variabilitu geoobjektů
- tyto změny se mohou týkat geometrie, topologie i tématického popisu

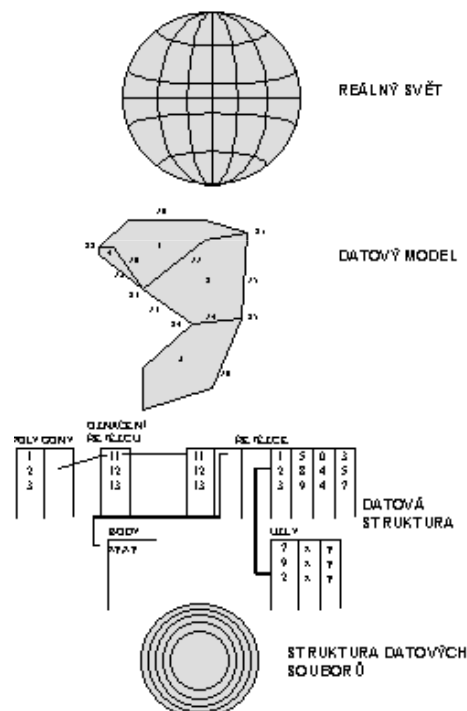
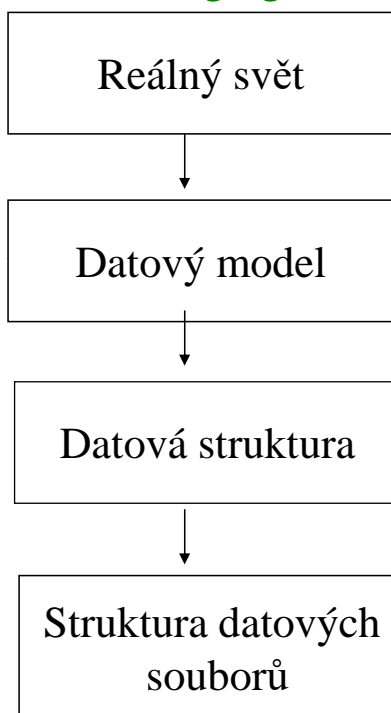
Modelování dynamických prostorových procesů v rozměrném prostoru vyžaduje složité modely a metody.

V praxi se ale používá zjednodušení:

1. Analýza časové série na jednom měřicím bodě - časová změna
2. Prostorová změna atributové hodnoty mezi dvěma body v tom samém čase - prostorová změna

Vektorová reprezentace dat a její datové modely

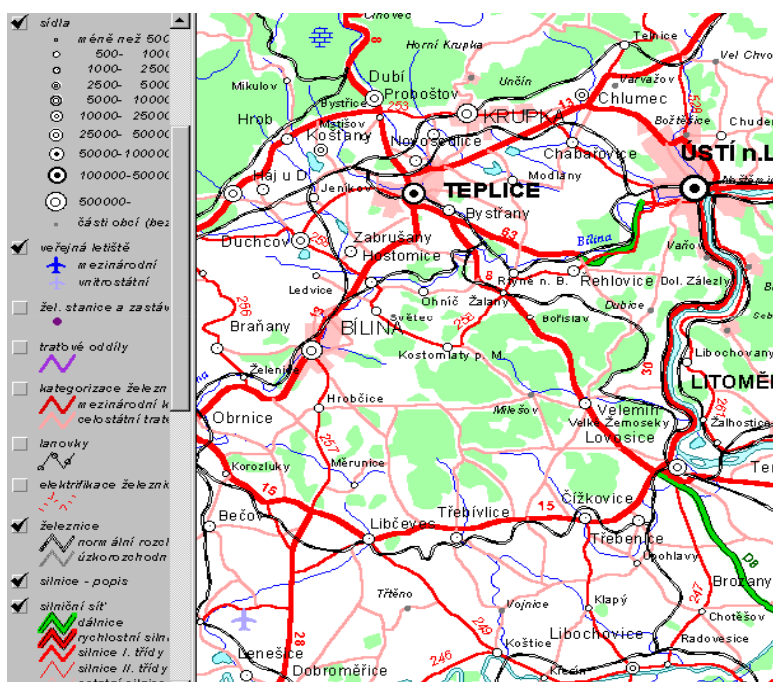
Úroveň
abstrakce
reality



Reprezentace dat (datové modely)

Vektorová data

- geometrie prostorových objektů je vyjádřena za použití geometrických elementů
- základními geometrickými elementy jsou: bod, linie, polygon
- je možné pracovat s jednotlivými objekty jako se samostatnými celky
- atributy prostorových objektů jsou připojeny pomocí tabulky
- vztah mezi prostorovými objekty je zajištěný pomocí topologie



Základní geometrické objekty vektorových dat

Bod

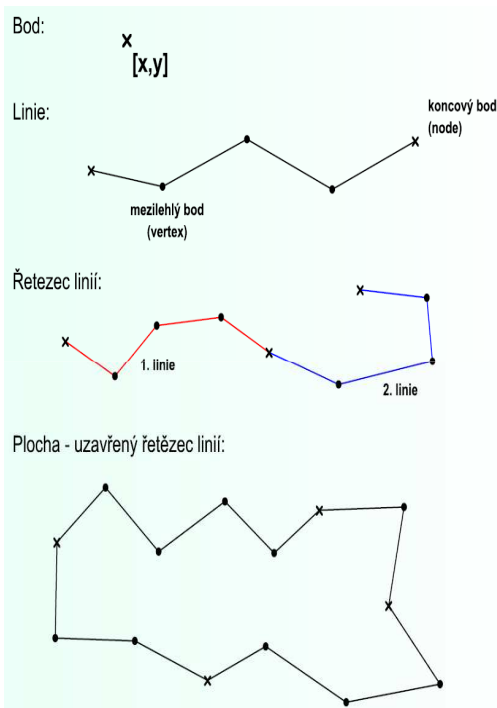
- je jednotlivý pár souřadnic X, Y, reprezentující geografický prvek
- nemá délku, hloubku ani šířku - bezrozměrný (0D) geoprvek
- je příliš malý na to, aby byl zobrazen jako linie či plocha

Linie

- sled orientovaných úseček (hran) - vrcholů (vertex) mezi dvěma uzly (nodes), definovaných souřadnicemi
- má délku, ale nemá šířku ani hloubku - jednorozměrný (1D) geoprvek
- tvar reprezentovaného geografického prvku je příliš úzký na to, aby mohl být zobrazen jako plocha

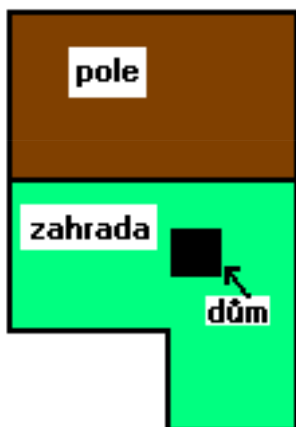
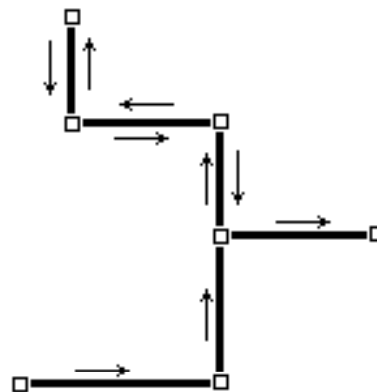
Polygon

- uzavřený obrazec, jehož hranicí je uzavřená linie
- má délku a šířku, ale nemá hloubku - dvojrozměrný (2D) geoprvek



Sítě

- systém linií s topologickou strukturou
- je řada vzájemně propojených linií, podél níž probíhá tok informací



Povrchy

- je to souvislá entita, pro kterou v každém bodě existuje nějaká hodnota

Objemy

- mají všechny rozměry (délku, šířku, hloubku) - trojrozměrné (3D) geoprvky

Atributy

FID	Shape *	NAZKR	NAZOK	VYMERU	OB91	OB01	OBAKT
36	Polygon	Ústecký	Litoměřice	103224,1355	113883	114259	119250
37	Polygon	Ústecký	Louny	111755,6082	86640	86020	86782
38	Polygon	Ústecký	Most	46708,765	120212	117196	114795
39	Polygon	Ústecký	Teplice	46888,322	127872	126098	128464
40	Polygon	Ústecký	Ústí nad Labem	40474,2085	118325	117780	120259
41	Polygon	Vysočina	Havlíčkův Brod	126481,7659	96113	95040	95091
42	Polygon	Královéhradecký	Hradec Králové	89156,5423	162662	161178	162820
43	Polygon	Pardubický	Chrudim	99266,9384	104662	103934	104371
44	Polygon	Královéhradecký	Jičín	88671,2418	78650	77761	79686
45	Polygon	Královéhradecký	Náchod	85168,7682	111939	112714	112206
46	Polygon	Pardubický	Pardubice	88014,2264	162772	160658	167750
47	Polygon	Královéhradecký	Rychnov nad Kněžnou	98196,3721	78144	78294	79086
48	Polygon	Liberecký	Semily	69894,7594	75547	75355	74840
49	Polygon	Pardubický	Svitavy	137859,9769	105134	105442	105112
50	Polygon	Královéhradecký	Trutnov	114680,7851	121414	120777	120058

- popisuje negeometrickou vlastnost entity
- každý atribut je obecně tvořen dvojicí:
 - Název** – jakou vlastnost popisuje (nap. barva)
 - Hodnota** – konkrétní případ (nap. zelená)
- pro každou vlastnost nejvýše jedna hodnota
- pokud hodnota neexistuje, nebyla vložena, je potřeba to ošetřit (např. -99, -1,0,99, nechat prázdný atribut)

Atributy

primární klíč tabulky
jednoznačný identifikátor

název atributu

FID	Shape ^	LENGTH	TRIDA_SIL	CISLO_SIL	E	CISLO2_SIL	J_PRUHY
0	Polyline	1340.62	2	266			1
1	Polyline	2083.432	2	266			1
2	Polyline	1242.111	2	266			1
3	Polyline	1813.303	2	266			1
4	Polyline	377.922	0				1
5	Polyline	868.553	2	266			1
6	Polyline	1666.44	0				1
7	Polyline	3643.504	0				1
8	Polyline	1703.644	0				1
9	Polyline	1694.309	2	265			1
10	Polyline	2701.619	0				1
11	Polyline	743.513	0				1
12	Polyline	251.069	0				1
13	Polyline	1242.32	2	263			1

hodnoty atributů

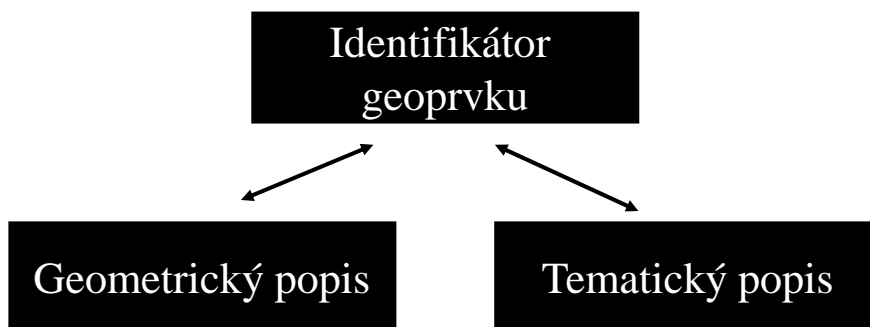
atributový sloupec

Typy atributových dat

- **číslo** (celé krátké, celé dlouhé, s desetinnými místy)
- **kód /výčet** - např. pro typ silnice to může být (dálnice, rychlostní silnice, silnice 1.třídy, silnice 2.třídy, ostatní silnice)
- **text**
- **logická hodnota**
- **datum** – čas
- **obrazová informace**

Datová struktura **vektorových dat**

- Vektorový datový model**

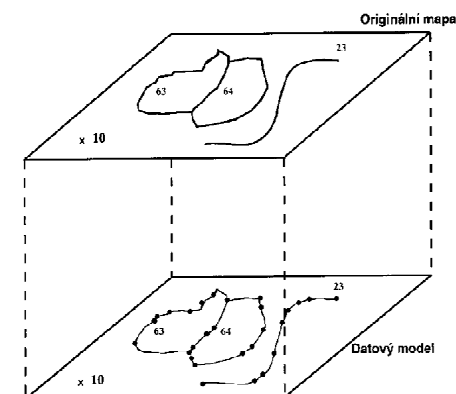


	okresy.dbf	Soubor DBF	46 kB
	okresy.prj	Soubor PRJ	1 kB
	okresy.sbn	Soubor SBN	1 kB
	okresy.sbx	Soubor SBX	1 kB
	okresy.shp	Soubor SHP	11 762 kB
	okresy.shp.xml	Dokument ve for...	23 kB
	okresy.shx	Soubor SHX	1 kB

Vektorový model a ukládání geometrické složky

Nespojené modely

- nejjednodušší model
- každá entita je samostatně prostorově definována
- společné hranice u polygonů jsou digitalizovány dvakrát
- neexistují prostorové vztahy - nevhodný pro prostorové analýzy



Datová struktura

Objekt	Číslo	Poloha
Bod	10	X, Y Jednotlivý bod
Čára	23	$X_1 Y_1 X_2 Y_2 \dots X_n Y_n$ Řetězec
Polygon	63	$X_1 Y_1 X_2 Y_2 \dots X_1 Y_1$ Uzavřená smyčka
	64	$X_1 Y_1 X_2 Y_2 \dots X_1 Y_1$

Vektorový model a ukládání geometrické složky

Topologický model

- základním topologickým prvkem je linie, tzv. hrana
- každá linie začíná, končí a protíná se s jinou linií pouze v uzlech
- ve struktuře jsou uloženy identifikátory označující pravý a levý polygon vzhledem k linii

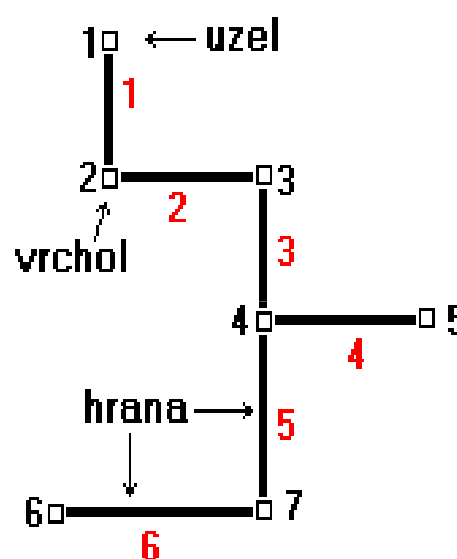
uzel (node): reprezentuje bod či funguje jako počáteční a koncový bod u linie či plochy. U polygonu je počáteční i koncový uzel shodný.

vrcholy (vertex): bod, kde se potkávají dvě orientované úsečky (hrany)

hrany: může být součástí linie či může být součástí hranice mezi dvěma plošnými objekty

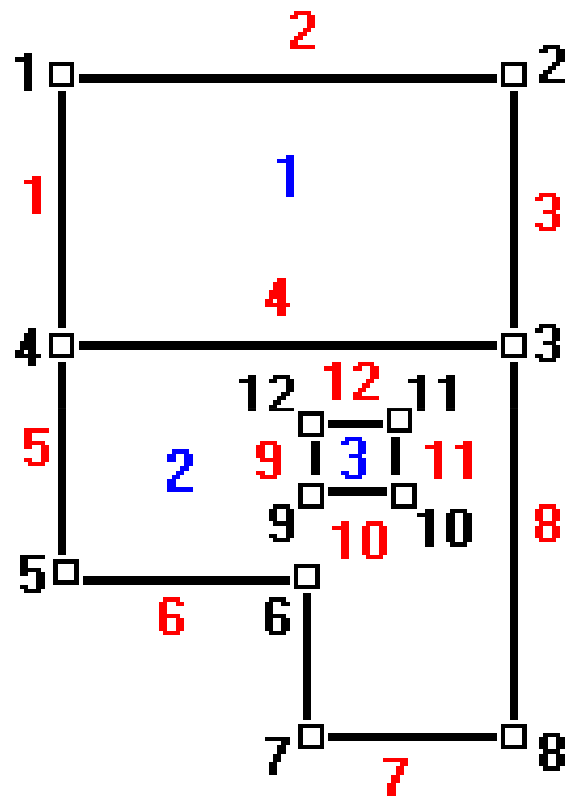
Pokud se liniové objekty spojují, musíme definovat jejich spojitost v průsečících - uzlech.

Konektivita (souvislost, spojitost) je první typ topologických vztahů, definuje se počátek a konec řetězce.



Pro reprezentované plošné objekty -
 polygony musíme definovat 3
 druhy topologických vztahů:

- definování souvislostí, spojitosti hran obklopujících příslušnou plochu v uzlech (průsečících)
- definovat příslušnost hrany (obsažnost) k dané ploše, tedy vztah čára - polygon nebo definovat plochy
- definovat sousednost ploch (hrana má počátek a konec), možno definovat sousednost ploch, která je vpravo a která vlevo.



Vektorový model a ukládání tématické složky

- **Přímý přístup k databázi** (bez SŘBD – Systému řízení báze dat):
 - textové soubory – příklad formátu cvs

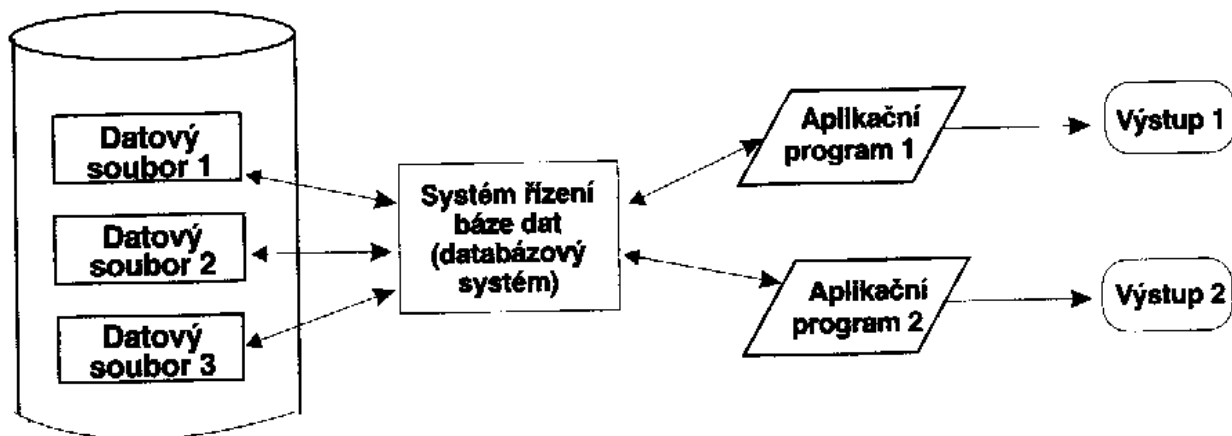
```

    Lister - [H:\uceni\ugi\data\mesta.csv]
    Soubor Editace Možnosti nápověda
    ID;MESTO;VELIKOST
    1;PLZEŇ;2
    2;Klatovy;1
    3;Sokolov;1
    4;K. Vary;1
    5;Cheb;1
    6;Fr. Lázně;0
    7;M. Lázně;0
    
```

Shape	Id	Mesto	Velikost
Point	1	PLZEŇ	2
Point	2	Klatovy	1
Point	3	Sokolov	1
Point	4	K. Vary	1
Point	5	Cheb	1
Point	6	Fr. Lázně	0
Point	7	M. Lázně	0

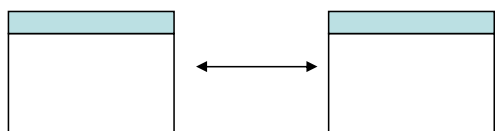
Přístup pomocí SŘBD (DMBS)

- obsahuje soubor programů, které manipulují a obhospodařují údaje v databázi
- uživateli poskytují přesně definované prostředky pro práci s tabulkami
- možnost svázání několika tabulek logicky do jedné – přes vazby 1:1, 1:n, m:n.

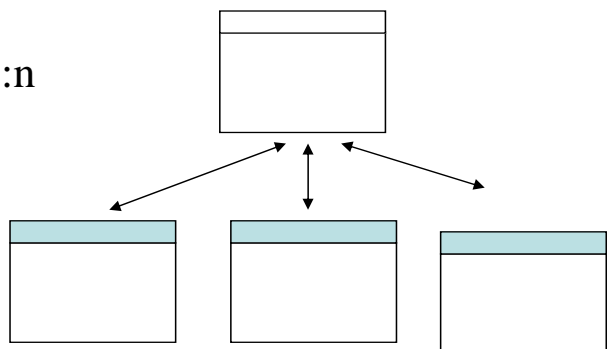


Relace

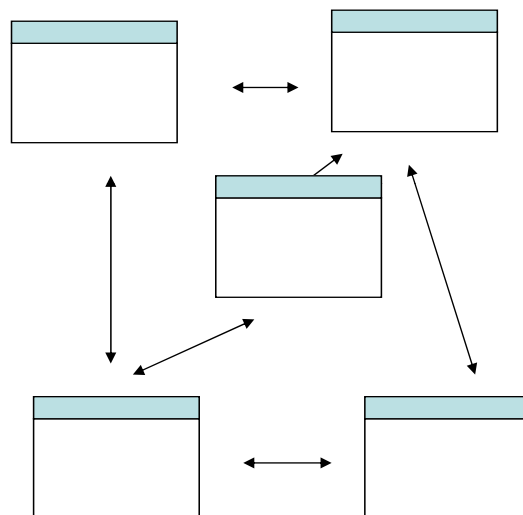
1:1



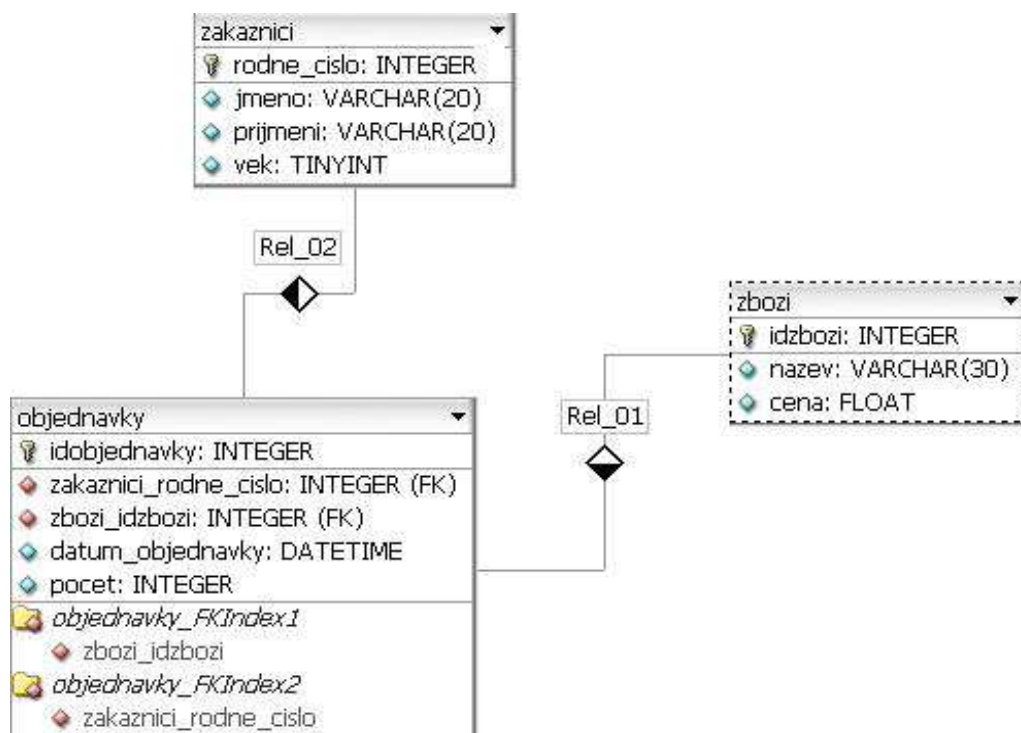
1:n



m:n



Relační SŘBD



Zhodnocení vektorového datového modelu

- **Geometrická složka** popisuje geoprvek – realizována v podobě samostatných vrstev
- **Tematická složka** popisuje geoprvek – realizována pomocí relační databáze. Vazba mezi tematickou a geometrickou složkou je realizována prostřednictvím unikátního identifikátoru
- **Časová složka** popisuje geoprvek – prozatím není automaticky zahrnuta. Lze realizovat pomocí posloupnosti vektorů v různých časových obdobích či pomocí časové řady atributů v tabulce
- **Složka popisu vztahů** realizována částečně pomocí tematické složky, částečně pomocí struktury datového modelu a částečně pomocí programů pracujících nad datovým modelem.

Vektorová reprezentace dat

výhody

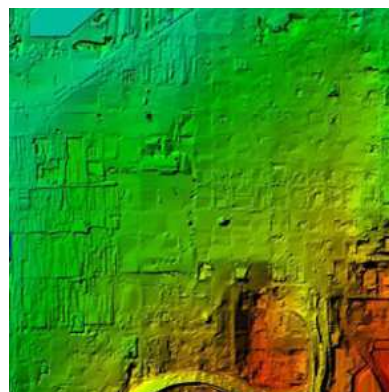
- lze pracovat s jednotlivými objekty jako se samostatnými celky
- menší náročnost na paměť
- dobrá reprezentace jevové struktury dat
- vysoká geometrická přesnost
- kvalitní grafika, přesné kreslení, znázornění blízké mapám
- jednoduché vyhledávání, úpravy a generalizace objektů a jejich atributů

nevýhody

- výpočtová náročnost (problémy při náročných analytických operacích)
- komplikovanost datové struktury
- složitější odpovědi na polohové dotazy
- obtížná tvorba překryvů vektorových vrstev
- problémy při modelování a simulaci jevů

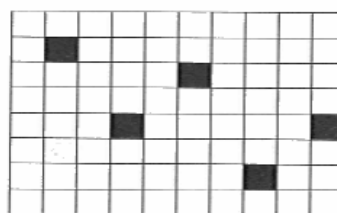
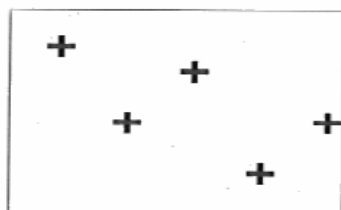
Rastrová reprezentace

- Zaměřuje se na lokalitu jako na celek
- Používá se pro reprezentaci jevů, které plošně pokrývají celou oblast, případně se i spojitě mění.
- Používá se i pro rasterizované vektorové vrstvy, pokud je následná analýza jednodušší nad rastrem.

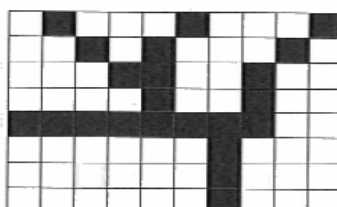
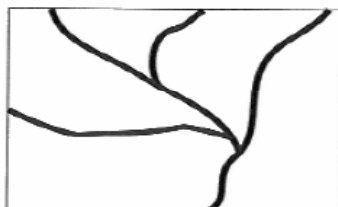


- Základním stavebním prvkem je tzv. buňka (cell, pixel).
- Buňky jsou organizovány do mozaiky.
- Jednotlivé buňky obsahují hodnoty (values).

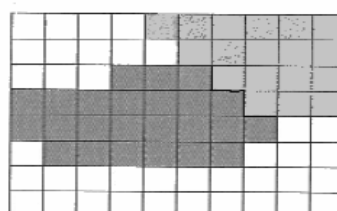
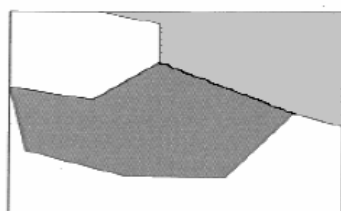
Stejně jako vektorový model, rastrová datová struktura může nést informace o bodech, liniích a plochách.



Point features represented in a grid.



Linear features represented in a grid.



Discrete area features represented in a grid.

Rastrovou reprezentaci můžeme rozlišit podle způsobu dělení prostoru na:

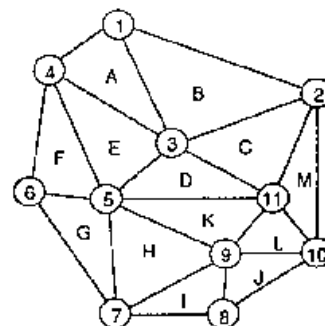
pravidelné (regular) - všechny buňky mají stejnou velikost a tvar.

- jednodušší pro ukládání a zpracování údajů, zabírají ovšem na disku mnoho místa.



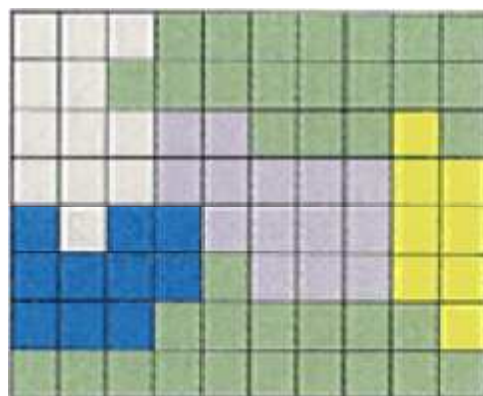
nepravidelné (irregular) - velikost i tvar jednotlivých buněk se liší.

- mohou mnohem lépe reprezentovat danou lokalitu (příklad roviny + zvlněná krajina),
- zpracovávání je algoritmicky i výpočetně náročné – hlavně pro DMR



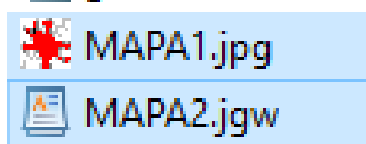
Nejčastěji se používá **pravidelná čtvercová mřížka**:

- je kompatibilní s datovými strukturami programovacích jazyků používaných pro tvorbu GIS software,
- je kompatibilní s mnoha zařízeními pro vstup a výstup dat (monitory, scannery, plottery),
- je kompatibilní s kartézským (pravoúhlým) souřadnicovým systémem.

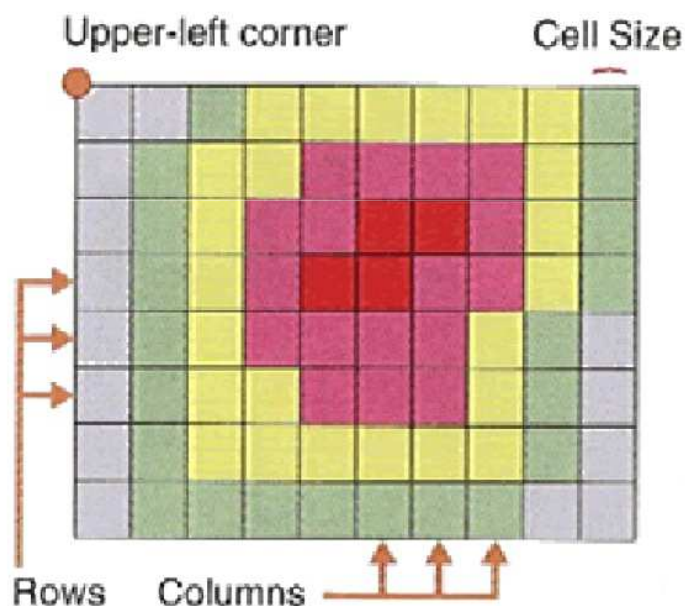


Čtvercová mřížka

Umístění v souřadnicovém systému

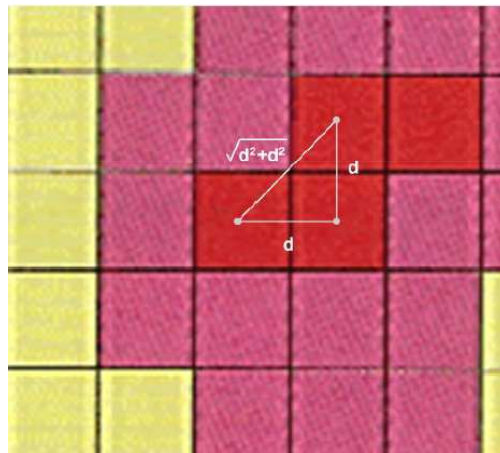
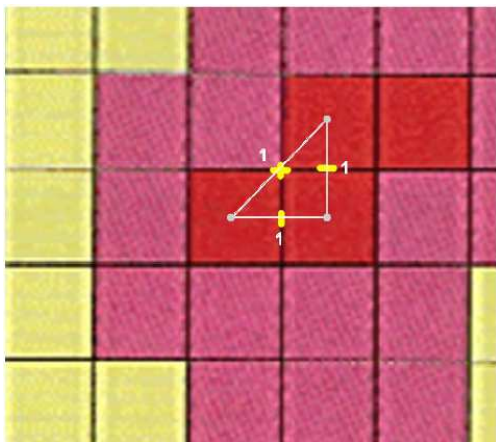


1.253663955043420
0.0000000000000000
0.0000000000000000
-1.253460183189414
-745735.753075483950000
-955738.737389717480000

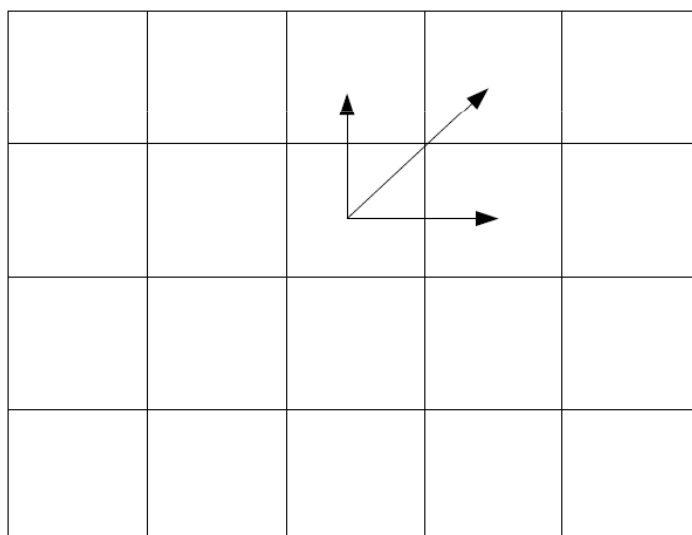


Continuous features represented in a grid.

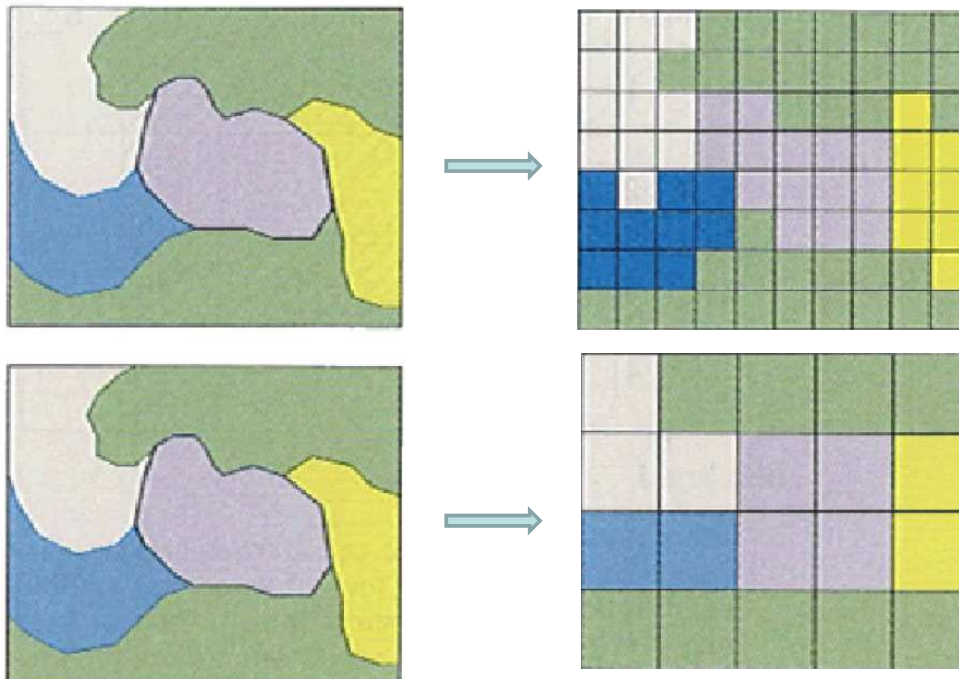
V geometrii nastává problém metriky



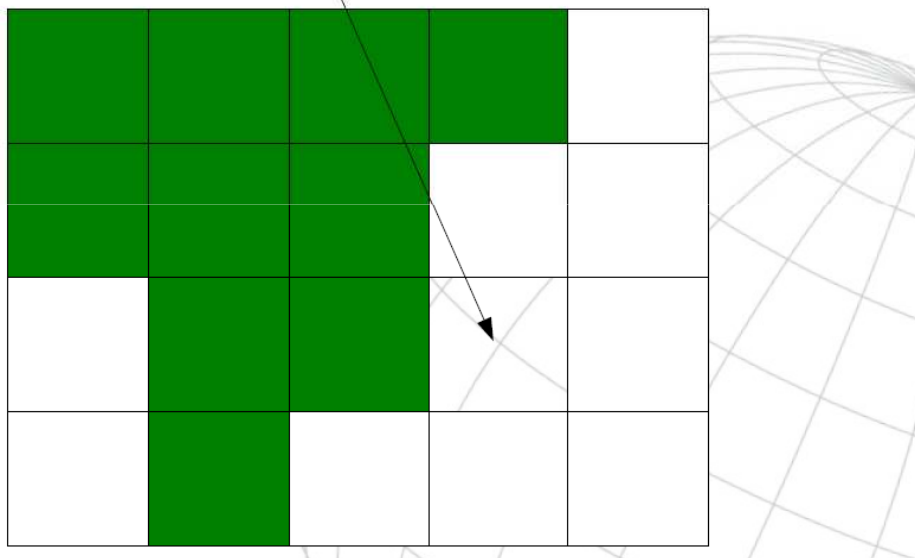
Topologie je v rastrovém modelu definována implicitně (je jasné, kdo je čí soused), tudíž není nutné ji explicitně ukládat jako pro vektorový model!



Vliv velikosti buňky (~ rozlišení) na tvar objektů

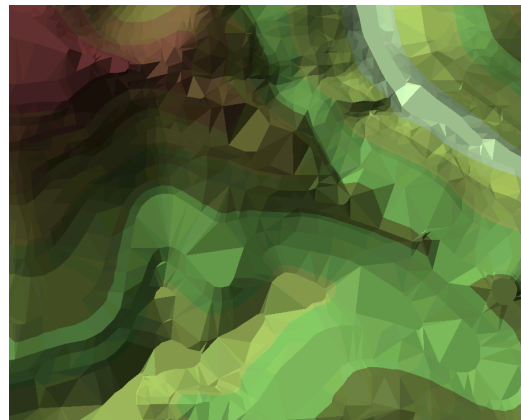
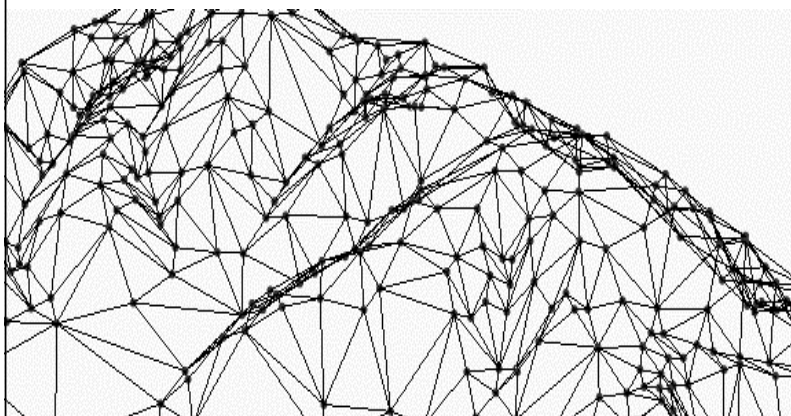


NoValue / NoData



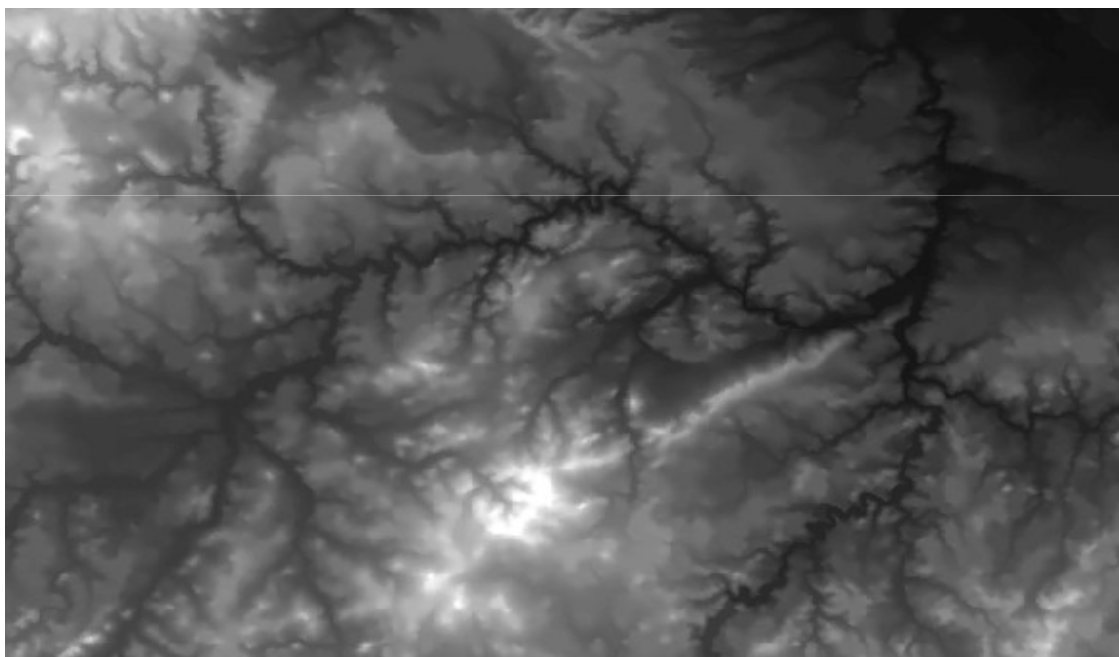
Trojúhelníková mozaika - TIN

- Jednotlivé buňky nemají stejnou orientaci – výhoda při reprezentování digitálního modelu reliéfu (terénu), kde je každému vrcholu o souřadnicích x,y přiřazena funkční hodnota z (výška $z = f(x,y)$).
- Jednotlivé trojúhelníky pak implicitně obsahují údaje o svém sklonu a směru tohoto sklonu. Daní za tuto vlastnost mnohem větší složitost algoritmů pracujících s tímto modelem.



Při využívání rastru pro reprezentaci povrchu je třetí rozměr reprezentován jako **hodnota** tohoto rastru.

Ta je pak funkcí dvourozměrných souřadnic $z = f(x,y)$.



Datová struktura rastrových dat

Matice

- pozice (řádek a sloupec) každého pixelu odpovídá jeho prostorovému umístění
- jednoduše implementovatelné
- náročnost na úložný prostor



řádek 1 11100001111000
řádek 2 11111000111100
řádek 3 11100000111111
řádek 4 11000000001111
řádek 5 11000000001111

Run-length kódování

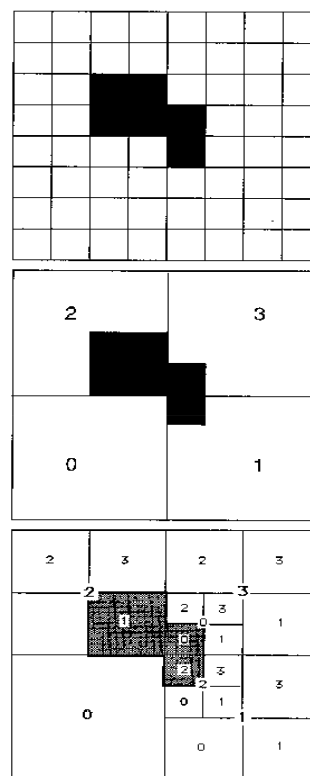
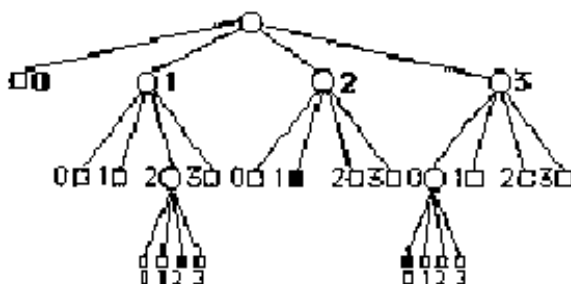
- rastr se ukládá jako série dvojic čísel, z nichž první znamená počet po sobě jdoucích buněk se stejnou hodnotou a druhé má význam hodnoty atributu v těchto buňkách
- úspora úložného prostoru až o 80%, např. u katastrálních naskenovaných map



řádek 1 13,04,14,03
řádek 2 15,03,14,02
řádek 3 13,05,16
řádek 4 12,08,14
řádek 5 12,08,14

Quadtree

- prostor rozdělen do kvadrantů, každý kvadrant je homogenní oblast
- struktura vytváří strom s uzly reprezentujícími heterogenní oblasti a listy oblasti se stejnou hodnotou
- nelze použít při rotaci či změně měřítka



Zhodnocení rastrového datového modelu

- **Geometrická složka** popisuje geoprvek – obsažena implicitně, explicitní vyjádření není možné
- **Tematická složka** popisuje geoprvek – obsažena přímo v rastru
- **Časová složka** popisuje geoprvek – posloupnost rastrů v různých časových obdobích
- **Složka popisu vztahů** implicitně, velmi omezené

Rastrová reprezentace

výhody

- jednoduchost datové struktury
- snadné překrývání a kombinace obrazů s různým obsahem
- rychlé dotazování
- snadná tvorba uživatelských nadstaveb
- jednoduchá kombinace s jinými daty rastrové povahy (DPZ)
- snadné provádění analytických operací

nevýhody

- značná paměťová náročnost (velký objem dat)
- omezená přesnost, daná rozlišením rastru a orientací rastru (výpočty délek, vzdáleností, ploch ...)
- kvalita výstupů závislá na rozlišení rastru (nižší vizuální kvalita rastrových výstupů)
- nevhodnost pro síťové analýzy

Obrazová data

- Snímek dálkového průzkumu Země (DPZ)
- Ortofoto
- Scannované mapy, plány
- Dokumentace





I. vojenské (josefské) mapování - Čechy, mapový list č.25



© Laboratoř geoinformatiky Univerzity J.E.Purkyně - www.geolab.cz
 © Ministerstvo životního prostředí České republiky - www.env.cz
 © Austrian State Archive/Military Archive, Vienna

Klasické rastry

- jednopásmová data
- znázorňují rozložení vždy jen jednoho geografického jevu (nadmořská výška-DMT nebo vodstvo nebo lesy, ...).
- mohou být získána např. převodem z vektorů nebo vyhodnocením obrazových dat.

