

Geografické informační systémy

Rastrová data

Digitální modely terénu (DTM)

Závěrečné srovnání rastrů a vektorů

Rastry

- ◆ Jeden ze dvou významných fenoménů GIS
- ◆ Některé GIS nástroje pracují výhradně pouze v rastru (IDRISI)
- ◆ Částečná převoditelnost s vektorovým vyjádřením
- ◆ Některé jevy lze modelovat pouze rastry (povrchy, snímky)
 - ◆ Zaměření na analýzy (vrstevnice versus DEM)

Úvod

- ◆ Spojité modelování prostoru. Prostorový proces.
- ◆ Princip: sledujeme veličinu a její spojitě rozložení v prostoru (prostorový proces). Její digitální reprezentace v GISu se pochopitelně rozloží do sítě (mozaiky) diskrétních elementů.
- ◆ Definice (volná): prostorově na sebe navazující množina dvoj- nebo trojrozměrných elementů různého tvaru a velikosti, které kompletně vyplňují zkoumanou plochu (prostor).

Úvod do rastrů

- ◆ Nebrat jako (pravidelnou) síť polygonů!
- ◆ Rozdíly:
 - ◆ buňky jsou neoddělitelně spojené s atributovou hodnotou
 - ◆ polygon (vektor) má podčásti - body, hrany (+pravidla)
 - ◆ Ohraničení buňky je pouze myšlené a nemá reálný význam (ohraničení buňky není tvořeno existujícím geo-objektem)

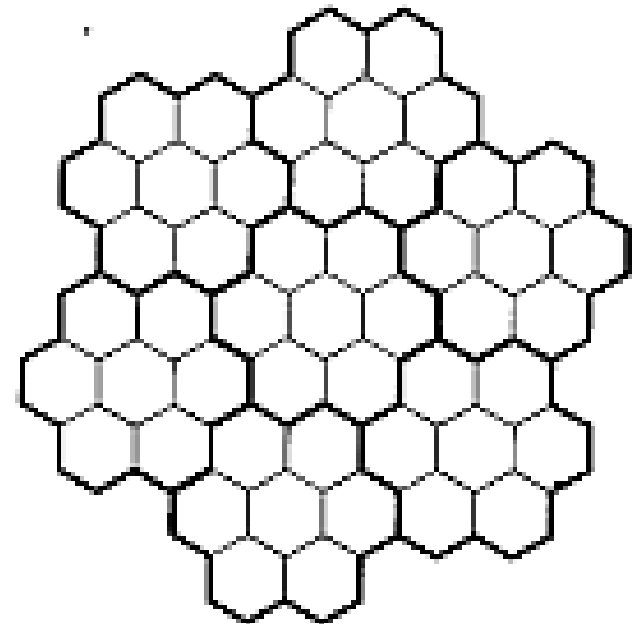
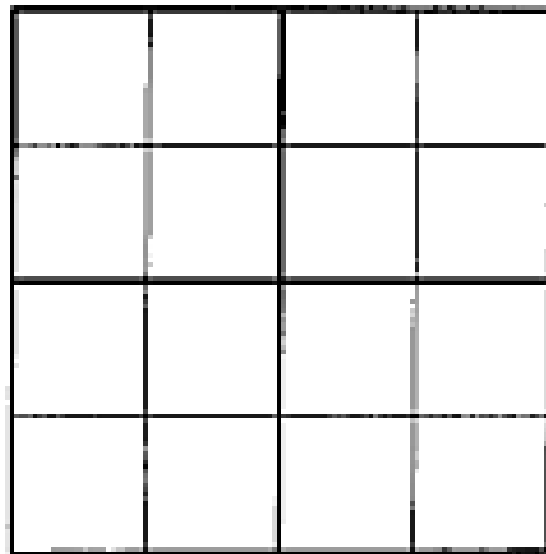
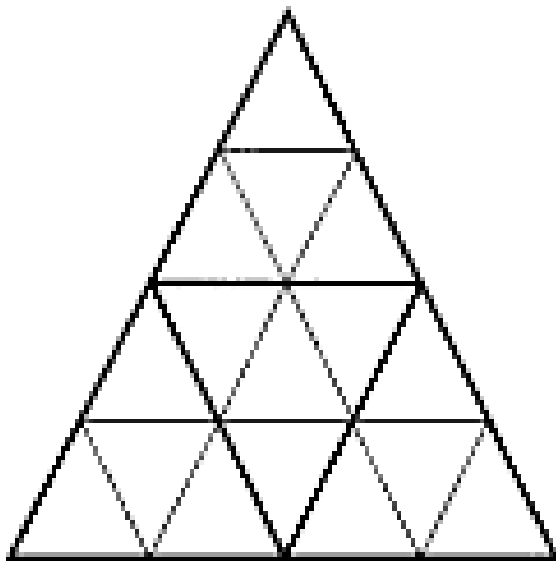
Rastry

- ◆ Rastr - systém pod pravým úhlem se protínajících čar, které ohraničují jednotlivé buňky (jistá definice dělení prostoru). Tessellation=mozaika.
- ◆ **Dělení prostoru:**
 - ◆ pravidelné (regular) - tvar buněk je přesně definovaný (čtverec, trojúhelník, šestiúhelník). Dále je dělíme na mozaiky:
 - ◆ se stejnou rozlišovací úrovní - stejně velké buňky
 - ◆ s odlišnou ... nebo hierarchické - změny jsou definované
 - ◆ nepravidelné (irregular) - buňky různých tvarů a velikostí
 - ◆ Praxe: pravidelné tessellace, stejná rozlišovací schopnost, čtverce. Zavádění hierarchií spíše pro účely komprese (rozvedeno dále)

Buňky, rozmístění

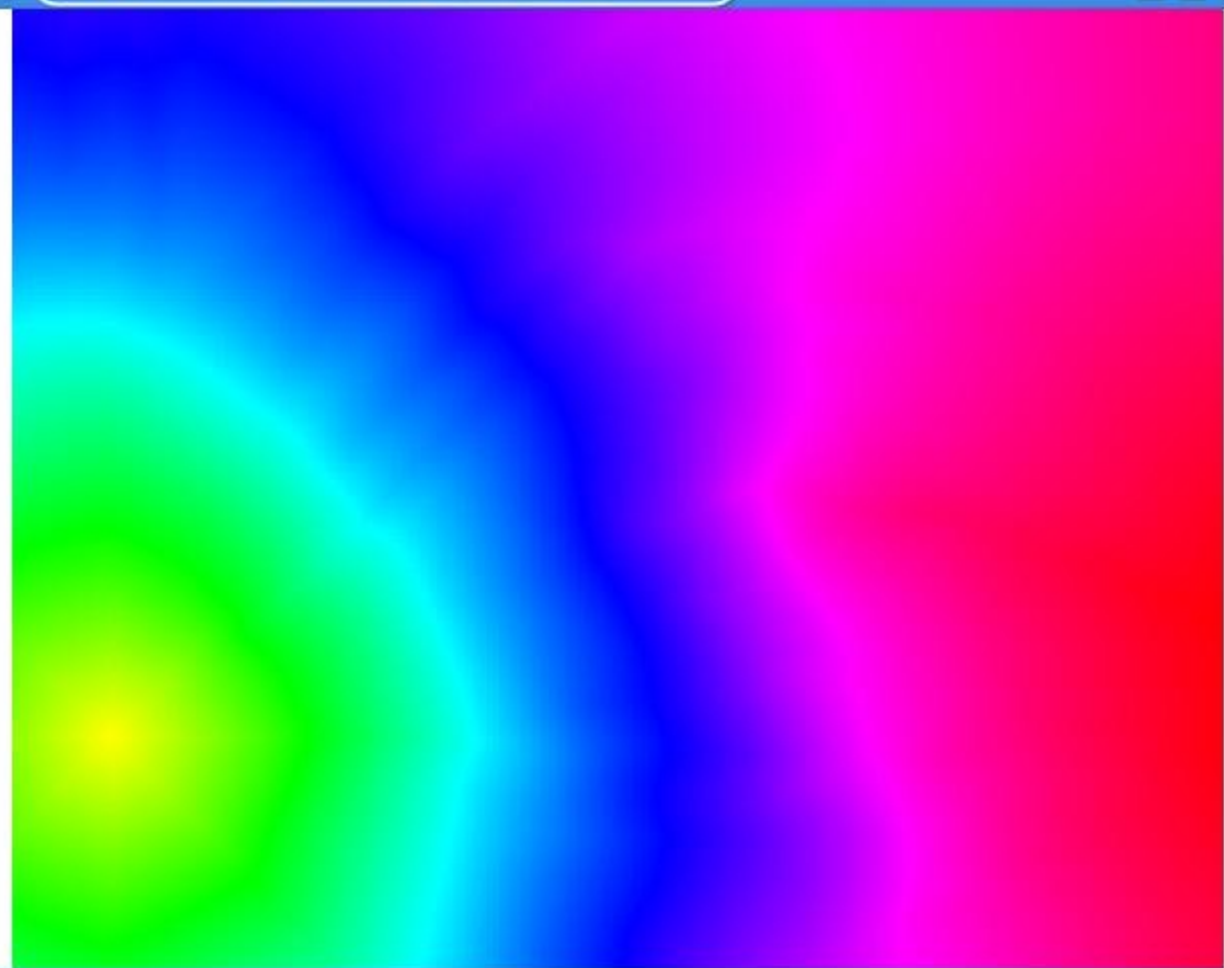
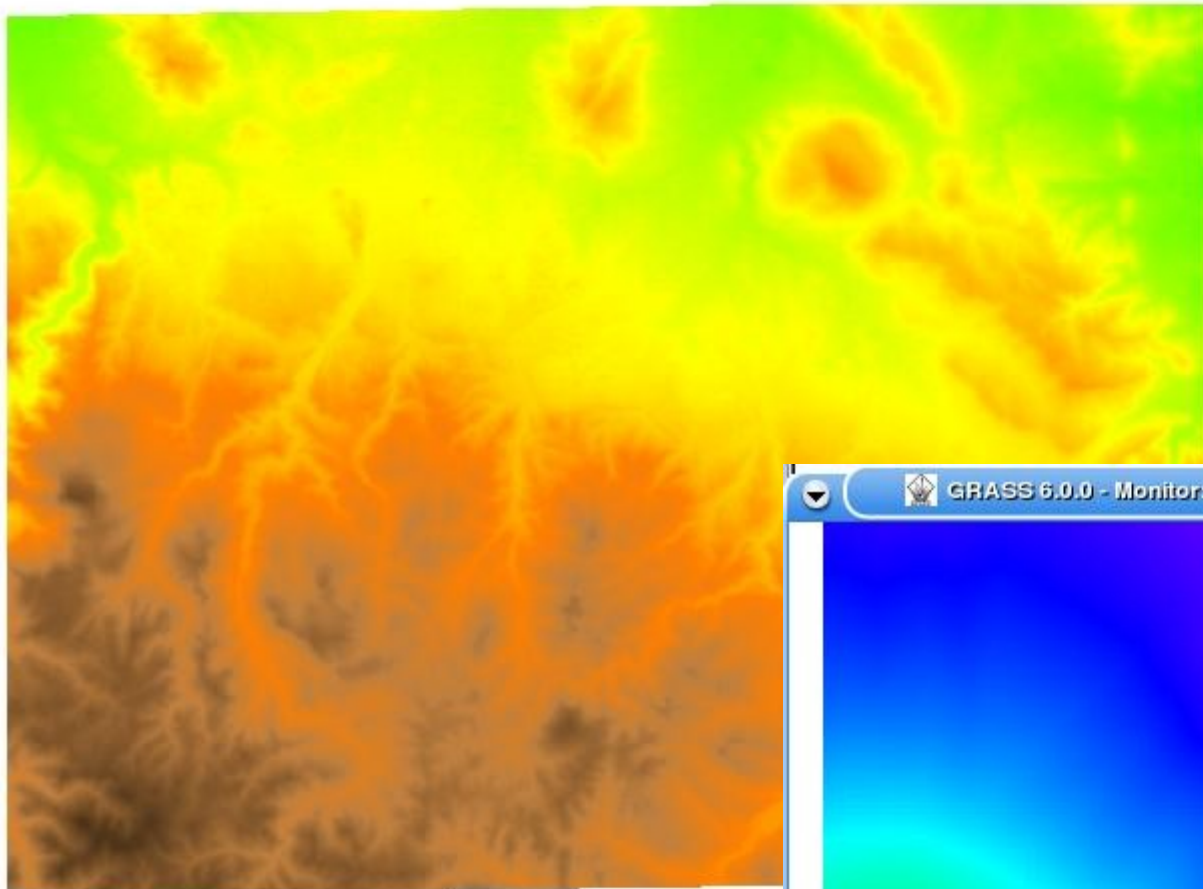
- ◆ Mřížka se používá čtvercová: přirozené uložení dat v pamětech, I/O zařízení, karteziánský souřadný systém.
- ◆ Buňky rastru (cells), pixely, voxely (3D varianta pixelu).
- ◆ Hexagonální mřížka - některé aplikace - vzdálenosti středů sousedních buněk jsou stejné. Některé analytické operace.
- ◆
- ◆ **Polohou buňky je míněna poloha STŘEDU!!!**
 - ◆ Buňky mohou mít stranu o délce stovek metrů, pak je zkoumání polohy buňky důležité

Tvar buněk

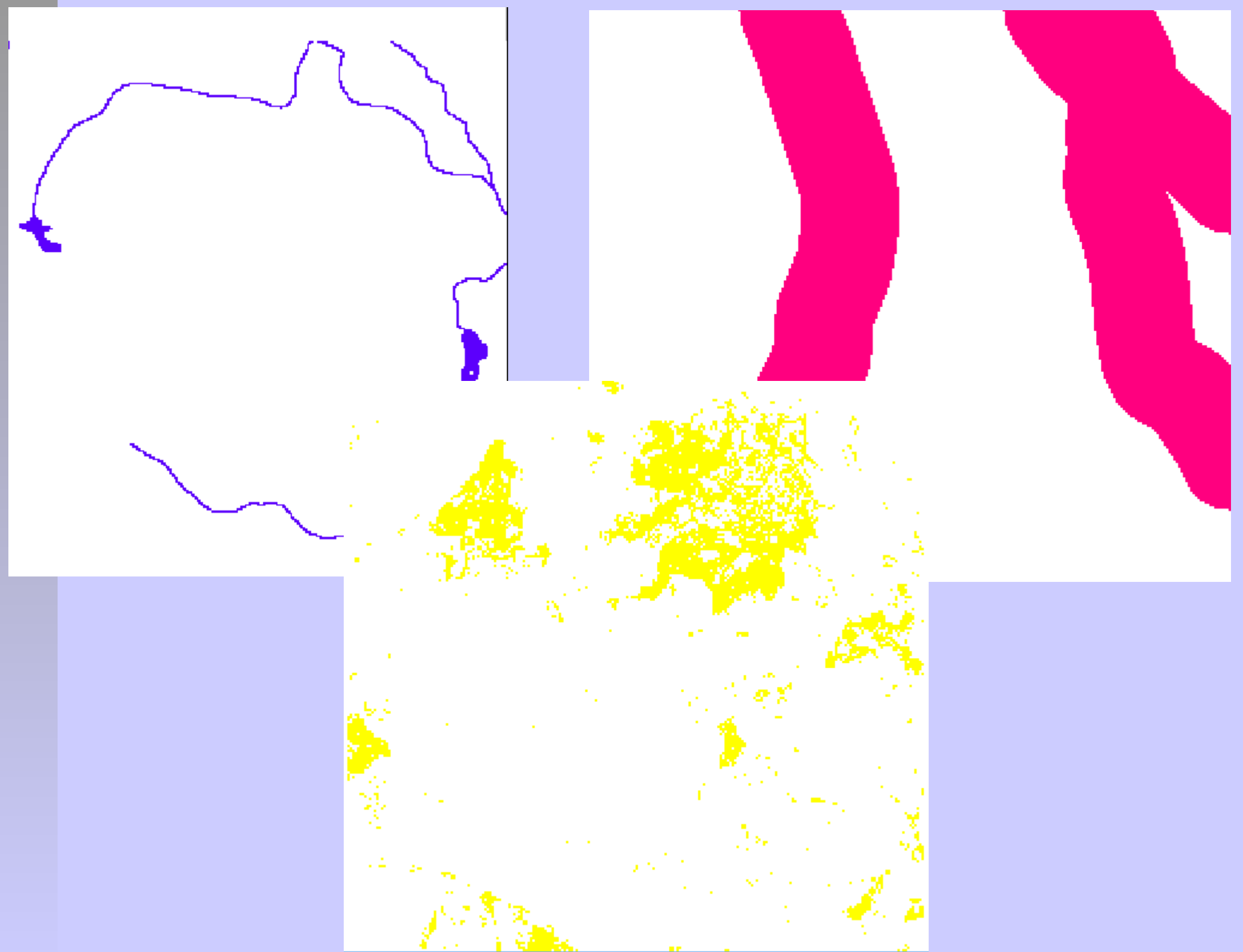


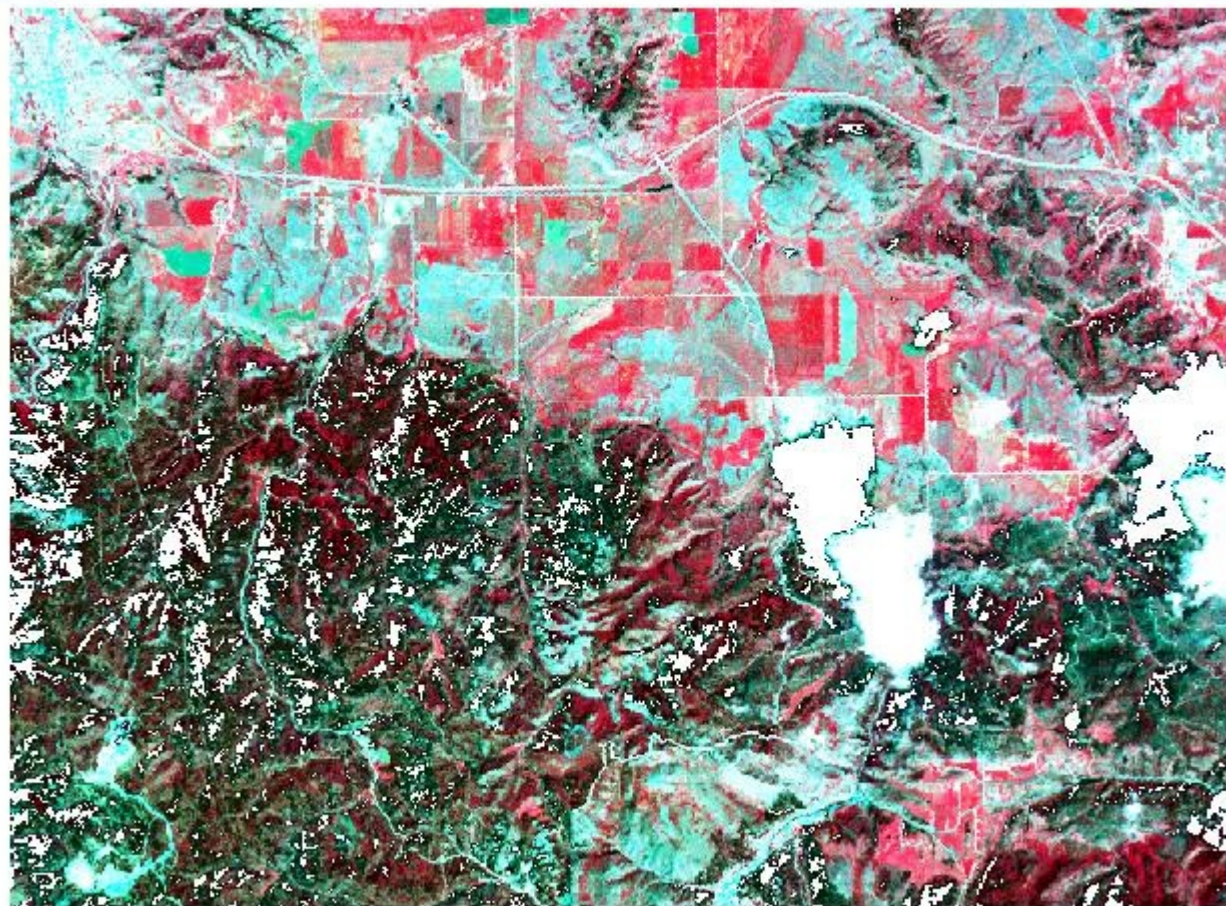
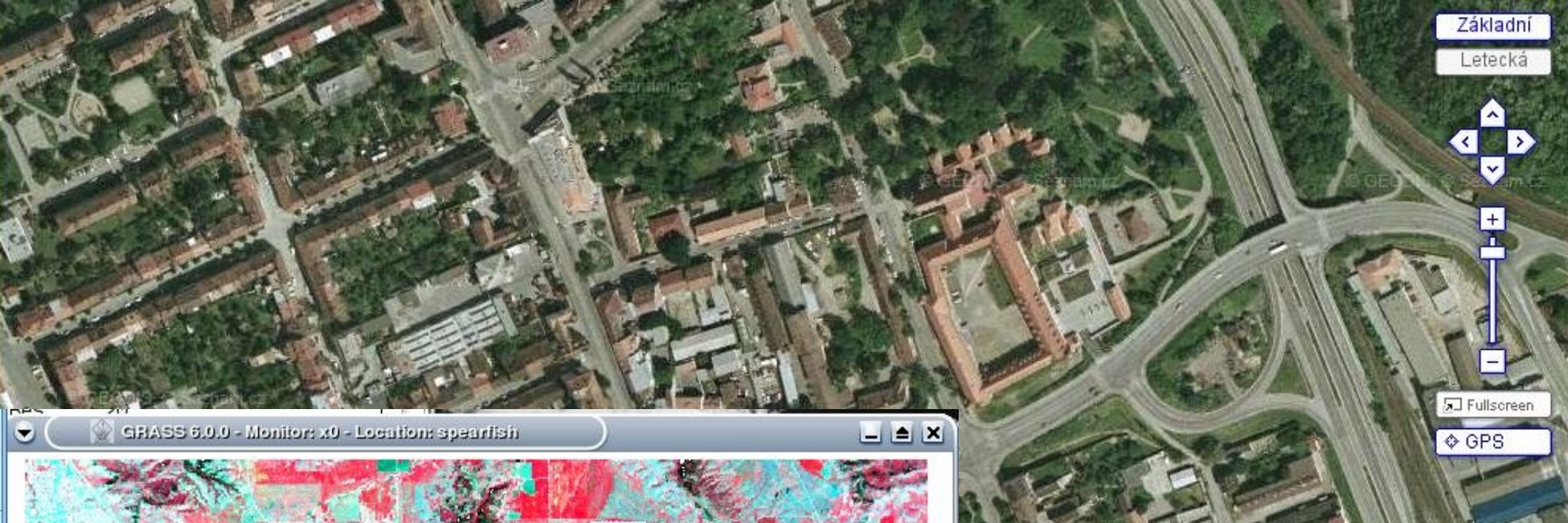
Atribut buňky rastru

- ◆ Prostorový proces byl diskretizován rastrem.
- ◆ Co proces vyjadřuje:
 - ◆ Hodnotu zkoumané jedné veličiny (nadmořská výška) – float, int atribut
 - ◆ Hodnotu z výčtového typu (kategorie). K vrstvě nutno připojit tabulku dávající sémantiku kategoriím (například půdní typy, landcover)
 - ◆ Dvuhodnotový rastr (1/NULL) – nenulová hodnota značí pouze místa, kde platí daná podmínka
 - ◆ Fotografie (z DPZ) v různých spektrech



[illegible]





Barva a rastr

- ◆ Při grafickém ztvárnění rastrových vrstev (mapový náhled) se často používají barvy pro odlišení různých kategorií nebo intervalů hodnot
- ◆ Barevné palety – jsou zaměnitelné (metadata)
- ◆ Rastr je každopádně uložením ČÍSEL
- ◆ Rastr rozhodně NENÍ „vrstvou s barvičkama“ !!!
- ◆ Datové typy rastru:
 - ◆ jsou to teda čísla...
 - ◆ 1B unsigned char (enum)
 - ◆ 4B integer (např. RGB barva)
 - ◆ 4B float (fyzikální prostorové procesy)

Trojúhelníkové tesselage

- ◆ Varianty - pravidelné a nepravidelné.
- ◆ Trojúhelníky nemají stejnou orientaci.
- ◆ Modely reprezentující terén a jiné povrchy - proměnlivá velikost trojúhelníku.
- ◆ Triangulated irregular networks - TIN. Modely terénů, jak je reprezentovat.
- ◆ Komprese údajů. Rastr výškového modelu se převede na nepravidelný trojúhelníkový rastr - lze dokonce i určovat míru komprimace.

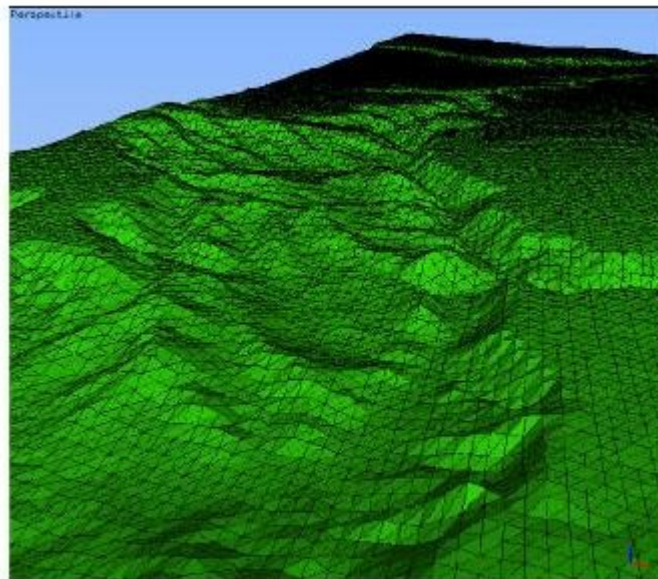
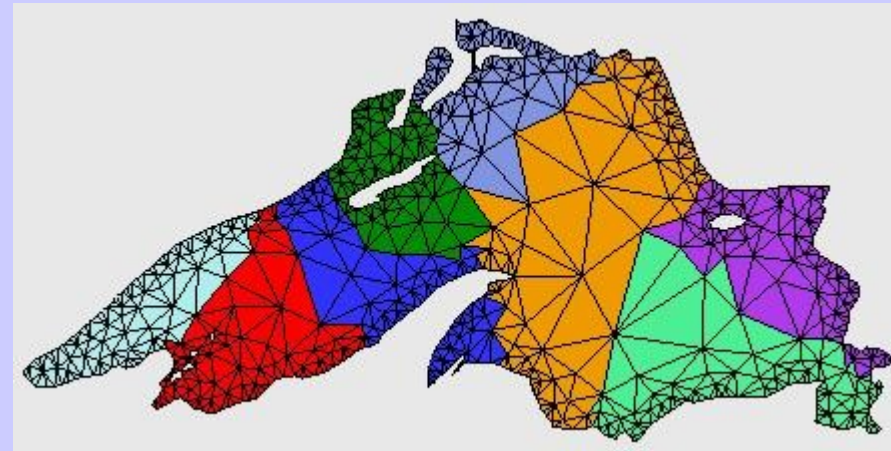
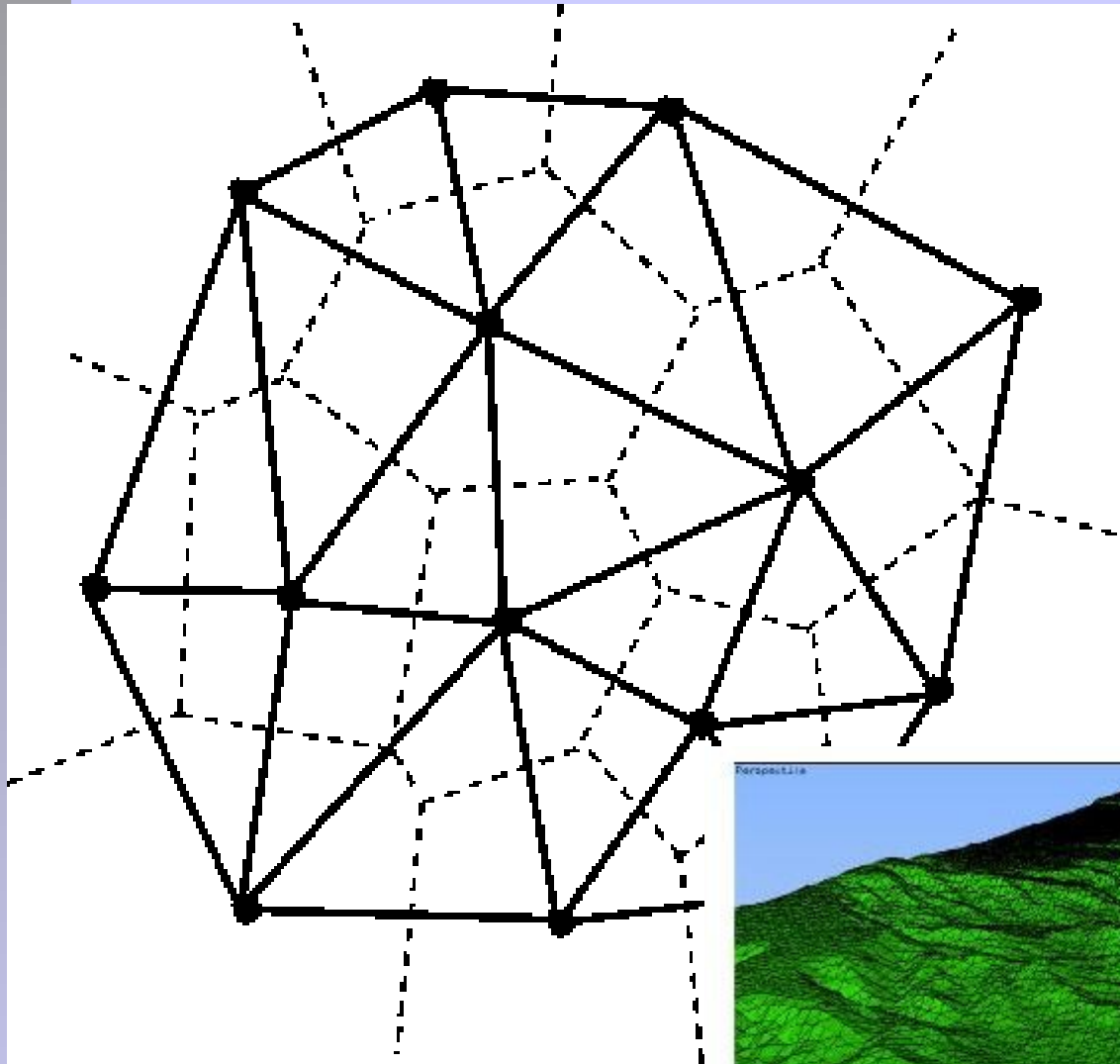
Trojúhelníky – vektor nebo rastr?

- ◆ Model: spojitě rozložená informace se diskretizuje a je vztažena vždy k celé ploše jednoho elementu (troj.)
- ◆ Uložení TIN: zřejmě nějaká forma vektorového uložení (mezistupeň dalšího zpracování)
- ◆ Podobně jsou nepravidelné sítě bodů
- ◆ Později: tématické mapy (informace vztažena například k ploše okresu, ...)

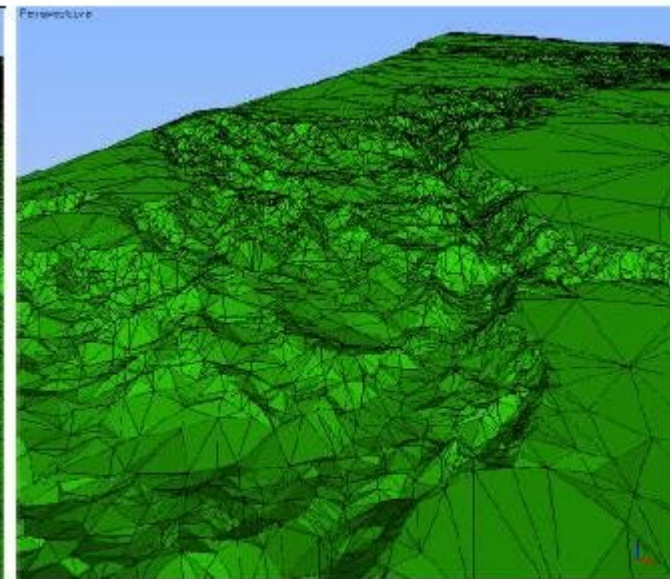
Delaunay triangulace

- ◆ Ze souboru vstupních bodů lze vytvořit velké množství triangulací.
- ◆ Delaunay trojúhelník - opíšeme kružnici trojúhelníku a do kružnice nepadne žádný jiný bod (požadavek prázdné kružnice).
- ◆ Trojúhelník - ohraničen konvexním polygonem.
- ◆ Dualita Delaunaye je Voronoi diagram (Thiessenovy polygony, Dirichlet tessellace).
Vrcholy Voronoi polygonů jsou středy kružnic.
Kolmice vedené ze středů stran trojúhelníků tvoří hrany Voronoi polygonů. Dualita – převod z jednoho na druhý a naopak

Trojúhelníkové tessellace



Uniform Factor: 4x4
89,401 polygons

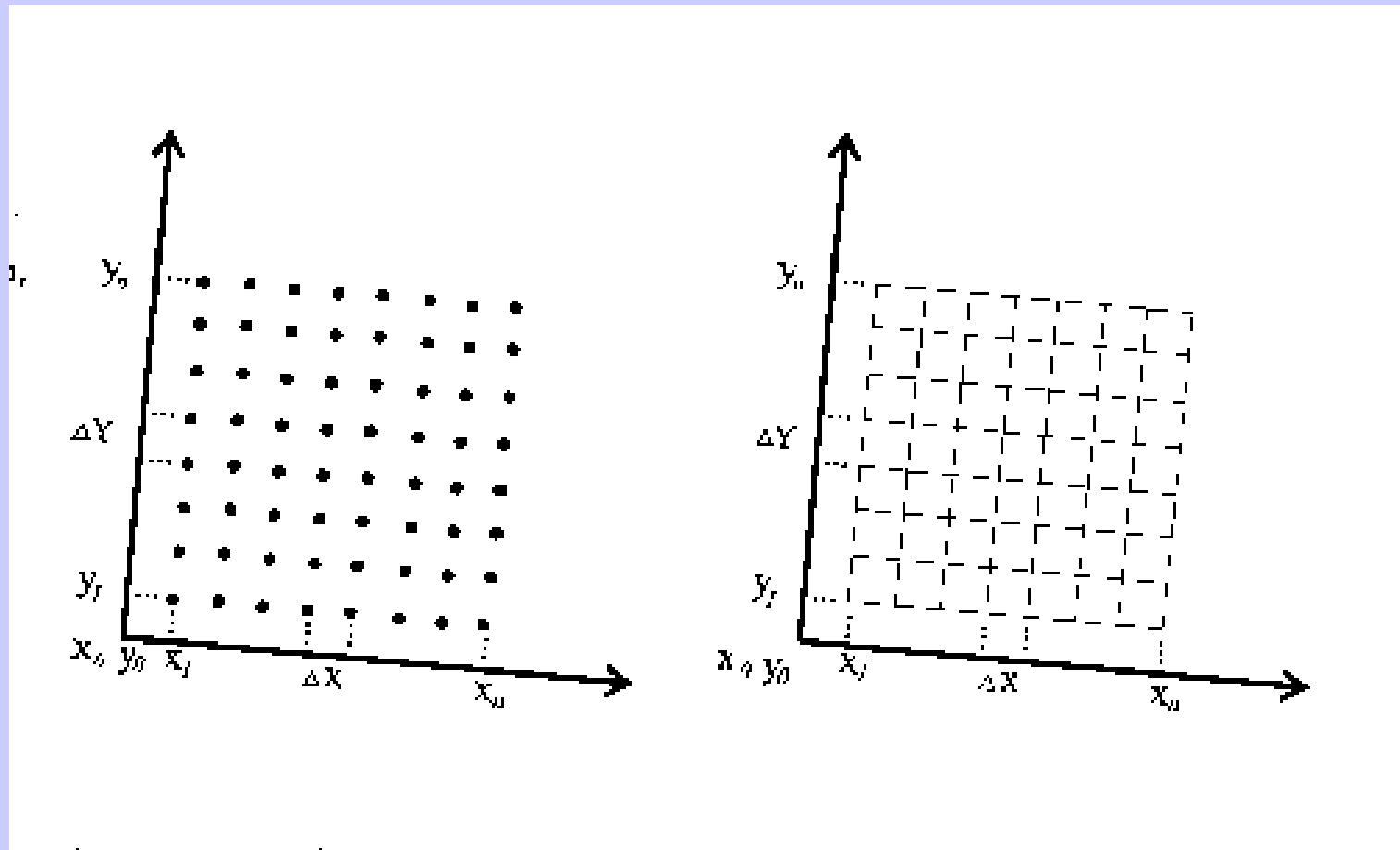


Adaptive Accuracy: 75 meters
34k polygons

Geometrie, Topologie, Témaatika v rastru

- ◆ Bodový rastr - informace se vztahuje k bodu v prostoru. **Buňkový rastr - vztaženo k ploše v prostoru.**
- ◆ Definice geometrie v rastru:
 - ◆ Stanovení počátku souřadnicových os (X_0, Y_0)
 - ◆ Stanovení směru os. Karteziánský souřadný systém. Sloupce podle x-osy, řádky podle y-osy. Počátek je někdy "nahore"
 - ◆ Stanovení krokové vzdálenosti dx, dy . U bodového je to vzdálenost bodů, u buňkového je to velikost plošky.
 - ◆ Velikost - počet sloupců, řádků.
 - ◆ Pro určení polohy v rastrové mapě stačí dvojice indexů (i, j) - sloupec, řádek

Geometrie, Topologie, Tématica v rastru



Jaká je velikost buňky?

- ◆ Technicky je rastr zadán:
 - ◆ N, S, W, E souřadnicemi **v konkrétním geografickém souřadném systému**
 - ◆ počtem sloupců (columns) a řádků (rows)
- ◆ Logicky je velikost buňky:
 - ◆ $(N-S)/rows$
 - ◆ $(E-W)/columns$
 - ◆ ovšem v jednotkách daného souřadného systému!
- ◆ Pokud teda rastr není v pravoúhlém s.s. [m], ale např. ve stupních, pak není faktická velikost všech buněk stejná (pak ani vzdálenosti)

Měřítko, metrika

- ◆ Měřítko
 - ◆ udává velikost kroku
 - ◆ vzorkování informace - vzorkovací teorém
 - ◆ krok - měla by to být polovina nejmenšího popisovaného objektu v realitě
 - ◆ Jak je měřičská jednotka velikosti buňky???
 - ◆
- ◆ Metrika (jak posuzujeme/měříme vzdálenosti):
 - ◆ Metrika hran - vzdálenost dvou buněk počet je minimální počet překonaných hran buněk
 - ◆ Metrika hran a středů (šachovnicová m.) - minimální počet překonaných hran nebo středů (přípustný je i úhlopříčný směr)
 - ◆ ***Euklidiánská m. - za polohu buňky považujeme její střed. Pak klasicky***

Topologie, tematika

- ◆ Topologie (vztah k ostatním) je v rastru implicitní – není třeba ji ukládat
- ◆
- ◆ Dva druhy sousedů:
 - ◆ plní-dokonalí sousedi - okolní elementy ve stejném řádku a sloupci (4)
 - ◆ diagonální sousedi - na rozích
 - ◆ Topologické vztahy jsou základem pro vykonání různých operací (filtry, prohledávání) – filtrující operace se provádí *nad okolím* buňky.
 - ◆např Funkce šíření vychází z buňky do okolních...

Topologie, tématika

- ◆ Tématika
 - ◆ stejný přístup jako u vektorové reprezentace - jedna vrstva = jedno téma
- ◆ Vrstva obsahuje informace o jednom mapovém tématu - čistota informace, pozdější analýzy
 - ◆ Komplikována selekce témat do vrstev (rastrový model vznikl z digitálního zpracování obrazu)
 - ◆ Analýza obrazu z DPZ (pozdější přednášky)
 - ◆ Reklasifikace (přednáška o rastrových analýzách)

Rastrový resampling

- ◆ Vše je rastrové – originál rastru, zobrazovací region, zobrazovací zařízení
- ◆ Rozlišení (rows/columns):
 - ◆ fyzických uložených dat
 - ◆ zobrazovacího a výpočetního regionu - g.region
 - ◆ mapového náhledu (výřez obrazovky)
- ◆ Resamplovací metody
 - ◆ nearest neighbour – typická metoda
 - ◆ další...

Poznámky

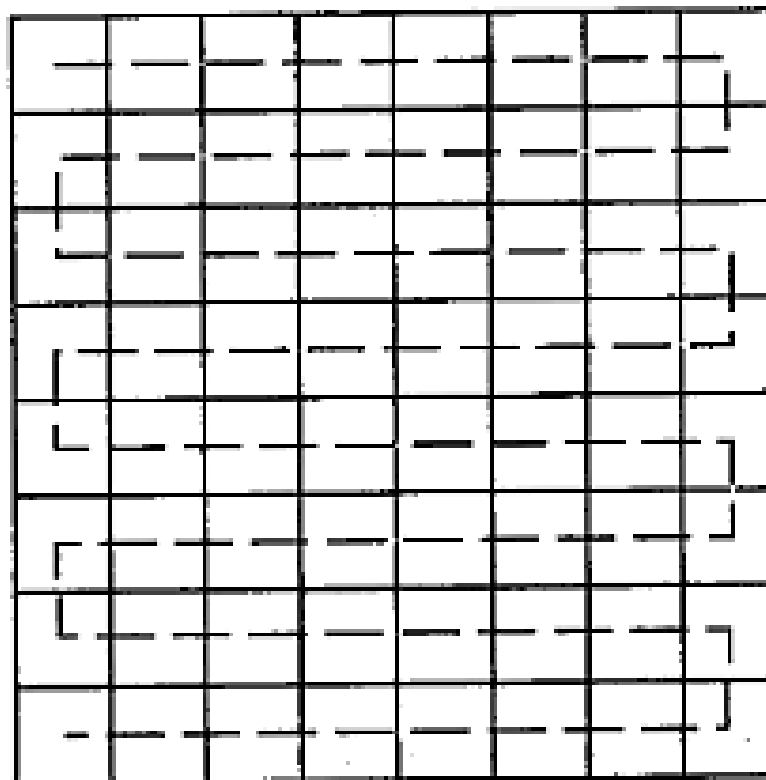
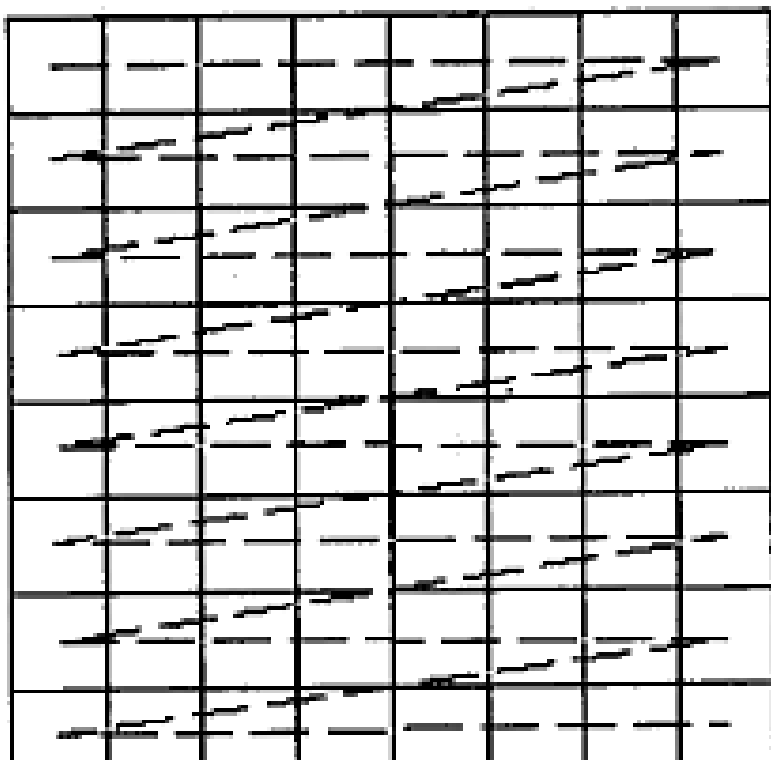
- ◆ Jednoduchost geometrie a topologie rastrové reprezentace je v kontrastu s problémy reprezentovat geoobjekty s dostatečnou věrností (poloha, tvar, měřítko).
- ◆
- ◆ Bodové objekty jsou reprezentovány buňkou.
- ◆ Liniové objekty - sekvencí buněk.
- ◆ Plošné objekty - množina sousedících buněk.
- ◆ Rastr je možno si představit jako matici čísel a takto s ní i pracovat (strukturování, komprese).

Metody komprese údajů

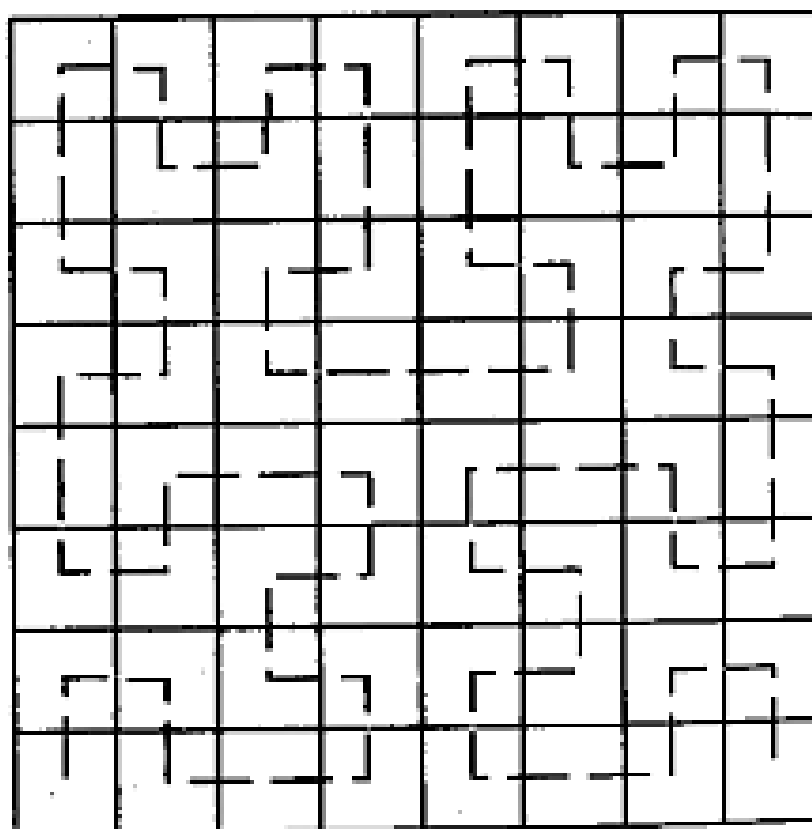
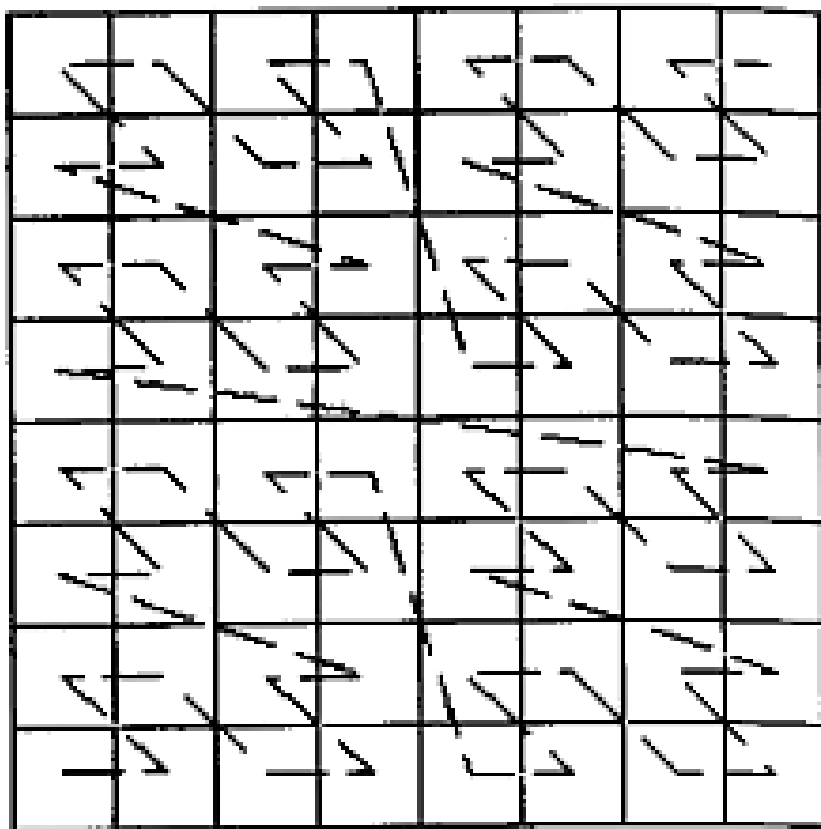
- ◆ rastrová reprezentace je náročná na uložení údajů (objem dat) - vede na potřebu komprese
- ◆ při přímém datování buňky nebo vrstvy (strukturování 1 a 2) je možné redukovat objem dat vyloučením uložení polohy (souřadnic). Nutno specifikovat pořadí ukládání buněk
- ◆ NULL hodnota (např. GRASS)
- ◆ serializovat 2D data na seznam hodnot buněk
- ◆ na seznam aplikovat kompresní metodu - metoda délkových kódů - (posloupnost 1,1,1,1,3,3,3,2,3,3,3,3 -> (4,1),(3,3),(1,2),(4,3))
- ◆ Mortonovo pořadí - geoinformace se moc nemění v okolí buňky – děláme shluky buněk

Pořadí přepisu hodnot - po řádcích

Response	Percentage
Yes, the current system is the best way to run the country	60%
No, the current system is not the best way to run the country	40%



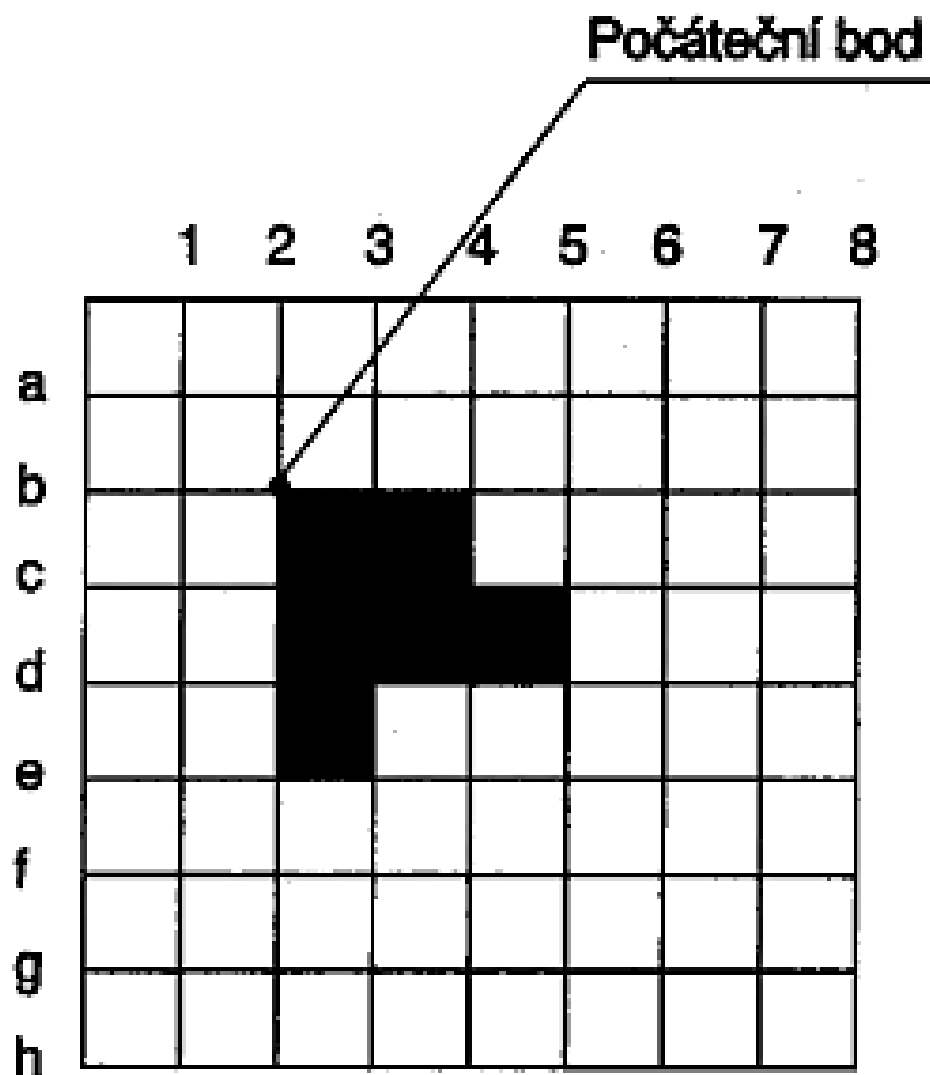
Mortonovo, Peanovo pořadí



Kódy

- ◆ Kódy definují přepisování (matice) rastru do posloupnosti hodnot. Úprava dat pro uložení v počítači.
- ◆ Metody:
 - ◆ Řetězcové kódy
 - ◆ Blokované kódy - udávají polohu referenčních bodů a velikost čtvercových bloků, ze kterých je možné vytvořit celý objekt
 - ◆ Kódování úseků řádků - udává se počátek a konec bloku
 - ◆ Kódování metodou čtyřstromu - rekurzivní dělení plochy na kvadranty

Řetězcové kódy



Kódy směrů: $V = 0$

$S = 1$

$Z = 2$

$J = 3$

0, 0, 3, 0, 3, 2, 2, 3, 2, 1, 1, 1

0 x 2, 3, 0, 3, 2 x 2, 3, 2, 1, 1 x 3

Blokové kódy (jen část tabulky)

	1	2	3	4	5	6	7	8
a								
b								
c								
d								
e								
f								
g								
h								

Blok	Počátek	Délka strany
1	5 c	3
2	3 e	2
3	2 d	1
4	5 d	1
5	6 d	1
6	7 d	1
7	6 e	1

Kódování úseků řádků

	1	2	3	4	5	6	7	8
a								
b								
c								
d								
e								
f								
g								
h								

Řádek c 3,4
Řádek d 2,5
Řádek e 1,6
Řádek f 2,2 4,5
Řádek g 5,5

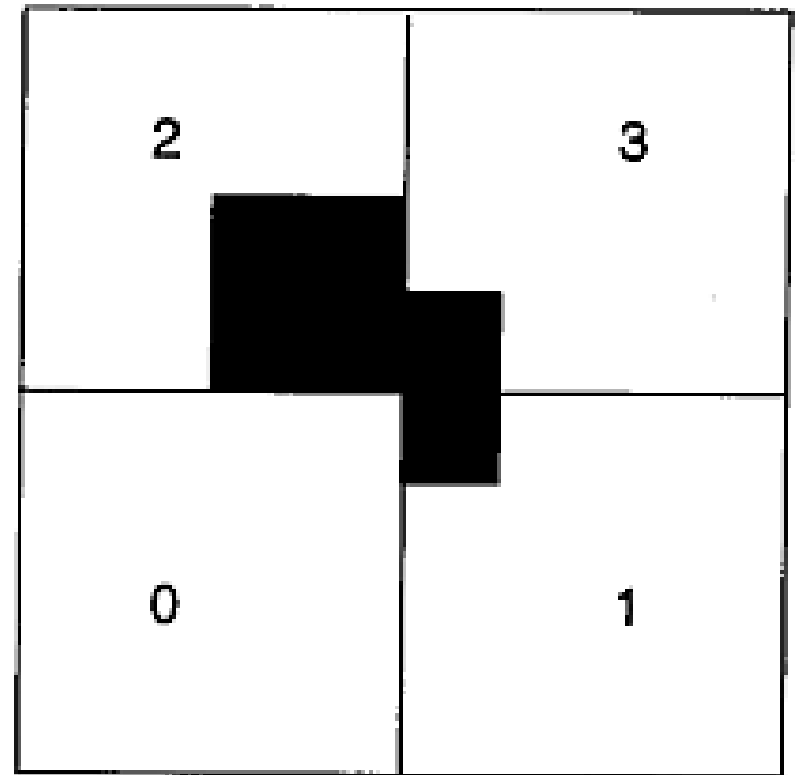
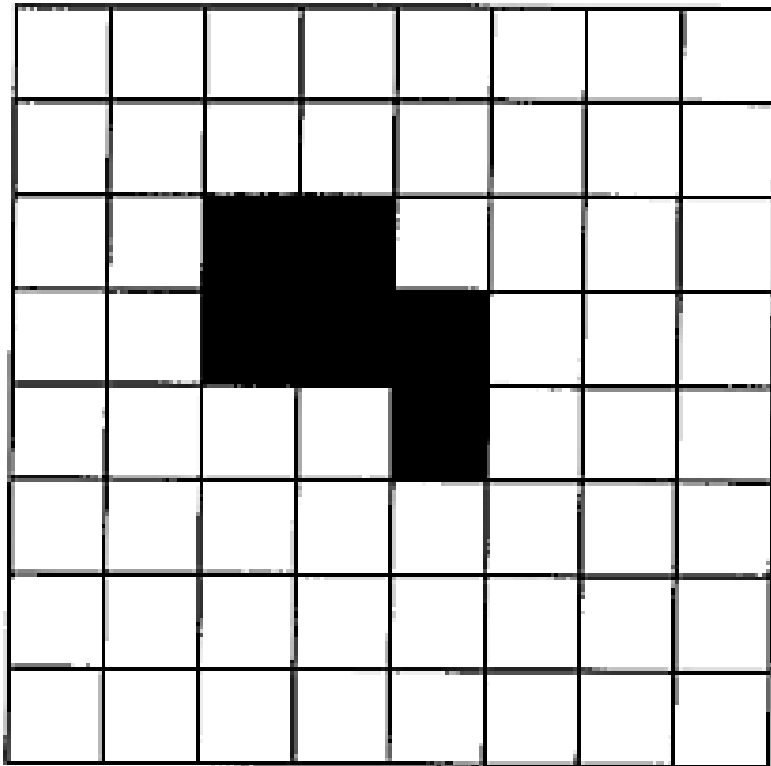
4-strom: kód a indexace

- ◆ Quad-Tree
- ◆ Rekurzivní dělení plochy na kvadranty.
- ◆ Následující obrázky. Vycházíme z objektu pro kódování.
- ◆ Proveďte se rozdělení kvadrantu na 4 podkv.
Pokud část objektu zasahuje do podkvadrantu, zaznamená se do stromu.
Pokud je část homogenní, dál už se nedělí (kv. 2-1).
- ◆
- ◆ Základ pro prostorový index v geodatabázích

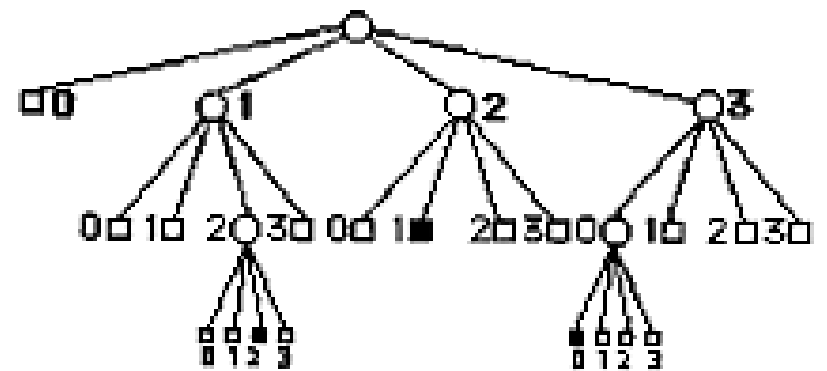
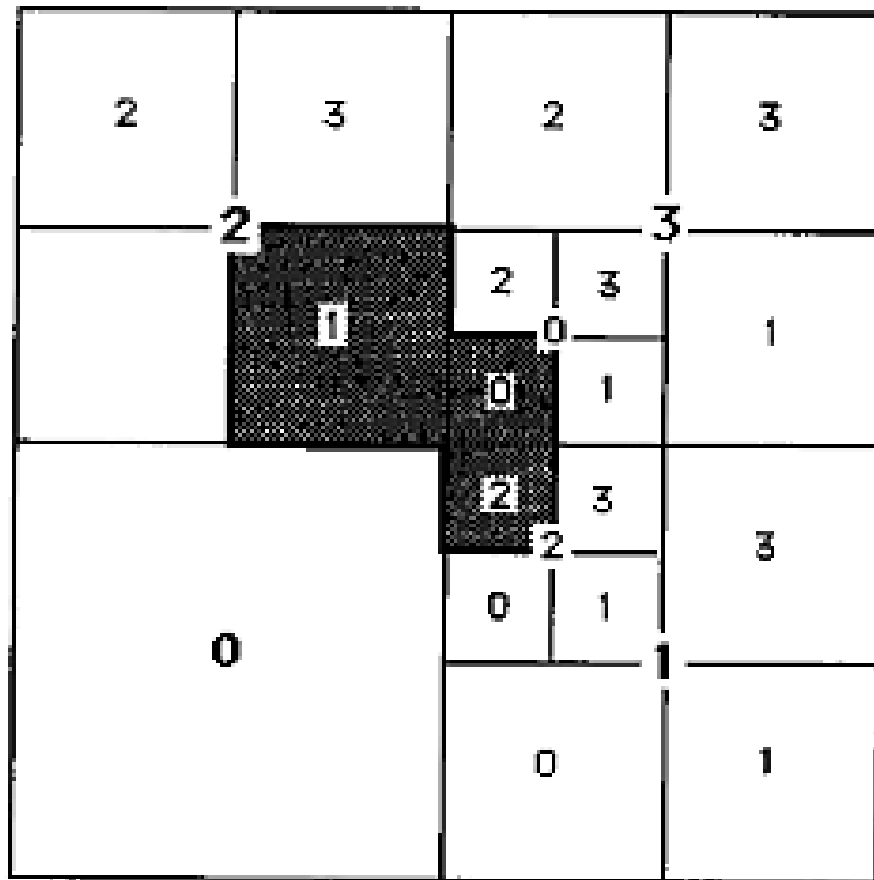
4-strom

- ◆ Výhody:
 - ◆ hierarchičnost, rovnoměrná struktura (dobře organizovaná struktura)
 - ◆ vazba na klady mapových listů (kartografie) - schéma s variabilním měřítkem
 - ◆ pohodlné uložení dat, ekonomické využívání paměti
- ◆ Lze aplikovat i na 3D – kostky.
- ◆ Nevýhody
 - ◆ velikost rastru jako 2^n
 - ◆ log-složitost při přístupu
 - ◆ dle aplikace může vést na značně velkou datovou strukturu

4-strom



4-strom



Export rastru z GRASSu

- ◆ north: 319400
- ◆ south: 310000
- ◆ east: 455900
- ◆ west: 444050
- ◆ rows: 188
- ◆ cols: 237
- ◆ 78 78 79 79 79 79 80 80 82 81 82 80 80 80 83 84
86 87 89 89 90 90 88 87 86 86 85 84 85 85 85 85
84 83 82 81 81 80 79 79 78 78 77 77 77 77 77 77
76 77 78 78 79 79 79 79 79 79 80 81 82 83 83 83
83 83 82 81 81 80 79 78 78 78 78 77 76 76 76 77
78 79 80

Uložení rastru v GRASSu

- ◆ Vše v souborech...
- ◆ Soubor s obsahem rastru (komprimovaný)
- ◆ Soubor s příznaky NULL
- ◆ Metadata
- ◆ Operace (API):
 - ◆ otevření/zavření/vytvoření vrstvy
 - ◆ Počet řádků/sloupců
 - ◆ Alokování bufferu pro řádek
 - ◆ Přečtení/zapsání řádku
 - ◆ Automatická restrukturalizace (resampling)
 - ◆ Cache.
- ◆ Nevhodné pro náročné analytické operace.
- ◆ Nová generace GRASSu.

Dlaždice v rastu (tiles)

- ◆ Sub-rastr v rastru. Rozklad např. 4-stromem.
- ◆ Prostorový index – zjištění dlaždice na vstupní souřadnici.
- ◆ Dlaždice definuje sub-soubor pro uložení části rastru – různá kódování pro různé dlaždice.
- ◆ Efektivní přístup.

Pyramidy v rastru

- ◆ Zobrazení celého rastru může být časově náročné (objem dat)
- ◆ Výsledkem zobrazení je fakticky resamplovaná rastrová vrstva.
- ◆ Preprocessingové vytvoření typizované sady těchto vrstev – pyramidy.
- ◆ Problém:
 - ◆ organizace dat
 - ◆ editace obsahu rastru

Příprava nového rastrového subsystému pro GRASS 7-8

- ◆ Vytvoření 4-stromu virtuálních dlaždic.
 - ◆ nevedlo k výsledku – paměťová/časová náročnost.
- ◆ Virt. dlaždice na požádání načte obsah/uvolní obsah.
 - ◆ rastrová vrstva může být dle potřeb v paměti
 - ◆ inspirace stránkovacím mechanismem v OS
- ◆ K vrstvě je přidělen interface, který specifikuje konkrétní způsob provedení operací load, swap, test – jako virtuální filesystem (SQLite3, ...).
- ◆ Standardní řádkové API GRASSu 6.
- ◆ Nové API
 - ◆ Pohyblivé okno (kurzor) – lepší použitelnost v analýzách (např. výškových modelů)

Význačné rastry v GISech

- ◆ Výškový model – DEM, elevation, topo
 - ◆ SRTM – Shuttle Radar Topography Mission
- ◆ Landcover/landuser
 - ◆ Corine
- ◆ DPZ všeho druhu
 - ◆ Landsat, SPOT, Geodis
- ◆ Data o životním prostředí
 - ◆ MES, meteorologické mapy
- ◆ Další dle technických zvyklostí uživatelů/nástrojů.

Poznámky

- ◆ WKT Raster – PostGIS implementace
- ◆ MBTiles, Mabox.com

Digitální modely terénu (povrchy)

- ◆ DEM – Digital Elevation Model – přesná 3D informace o zemském povrchu (atributem je souřadnice „z“).
- ◆ DMT/DTM – Digital Terrain Model.
- ◆ DMT je prostředek pro popis reliéfu terénu v 3D. Základní činnosti s DTM jsou:
 - ◆ Získání údajů o terénním reliéfu
 - ◆ Vlastní tvorba terénního modelu.
 - ◆ Prohlížení ...
 - ◆ Výpočty, použití. Případné úpravy
- ◆ Z DEM přímo není vidět tvar terénu (georeliéf)
 - ◆ Vrstevnice, 3D vizualizace, orientace svahů

Povrchy

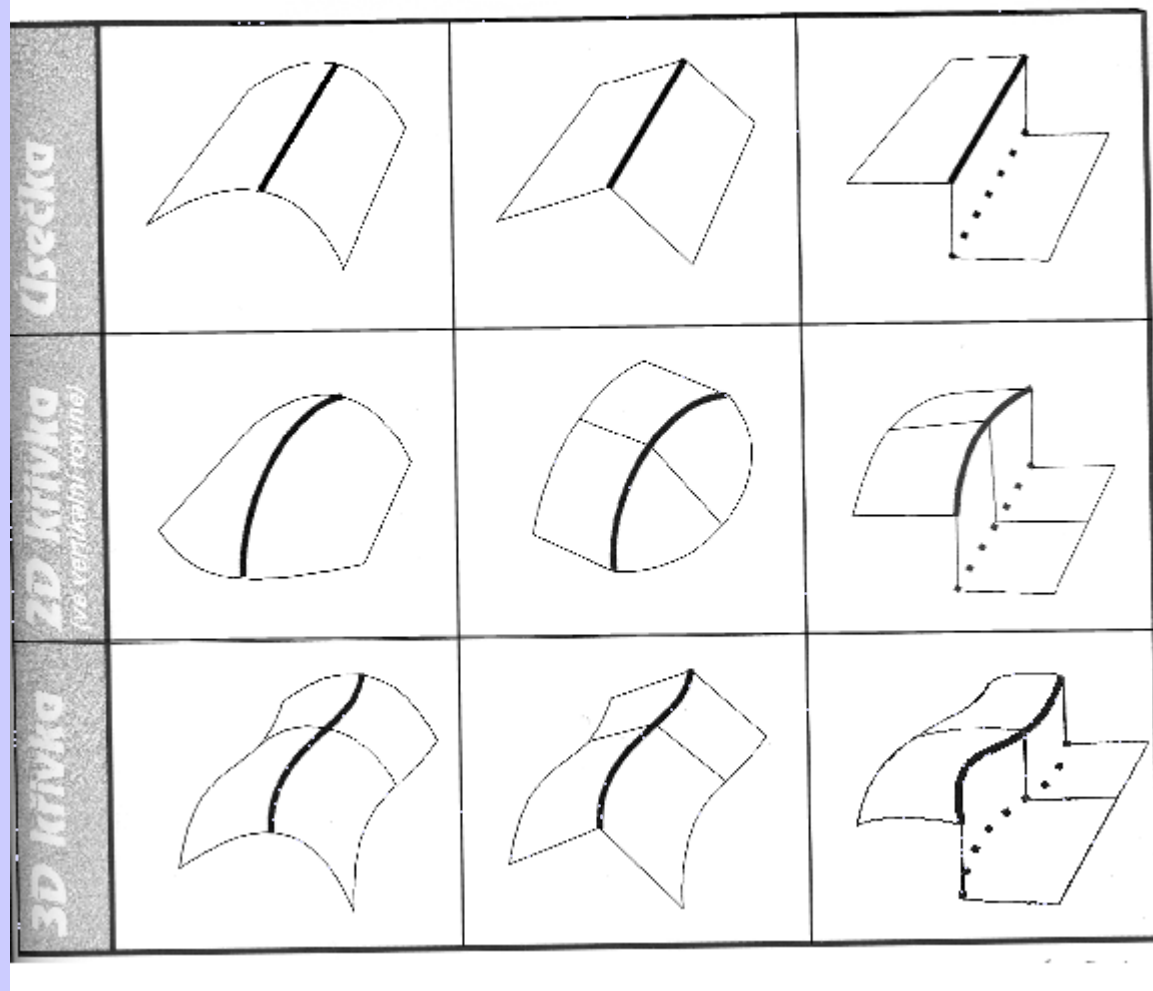
- ◆ popisují souvisle měnící se hodnotu atributu v prostoru (bez nespojitosti)
- ◆ atribut je proměnná definovaná v souřadnicích X, Y . $f=(X, Y)$. Analyticky je to pochopitelně nevyjádřitelné, proto se přistupuje k diskretizaci
- ◆ rastrové sítě, nepravidelné trojúhelníkové sítě
- ◆ jistou roli tam hrají hraniční čáry buněk - ty jsou vedeny tam, kde se funkce mění výrazně (v případě nepravidelných sítí)

Definice a systemizace DTM

- ◆ terénní plocha je nepravidelná, obvykle velmi rozsáhlá
- ◆ lomové, dělicí čáry oddělující plochy s více méně plynulým průběhem se nazývají singularity (Singularitou rozumíme místo, kde se terén chová jiným způsobem, než by se dalo usoudit z jeho chování v okolí singularity. Typicky se může jednat například o ostrý horský hřeben, nebo pobřežní linii jezera.).

- ◆ popsat plochu jako celek je problém.
Popisují se menší plošky. Hranice dělení plošek se vedou (snaha je) po singularitách
- ◆ podle způsobu dělení jde o pravidelné nebo nepravidelné plošky

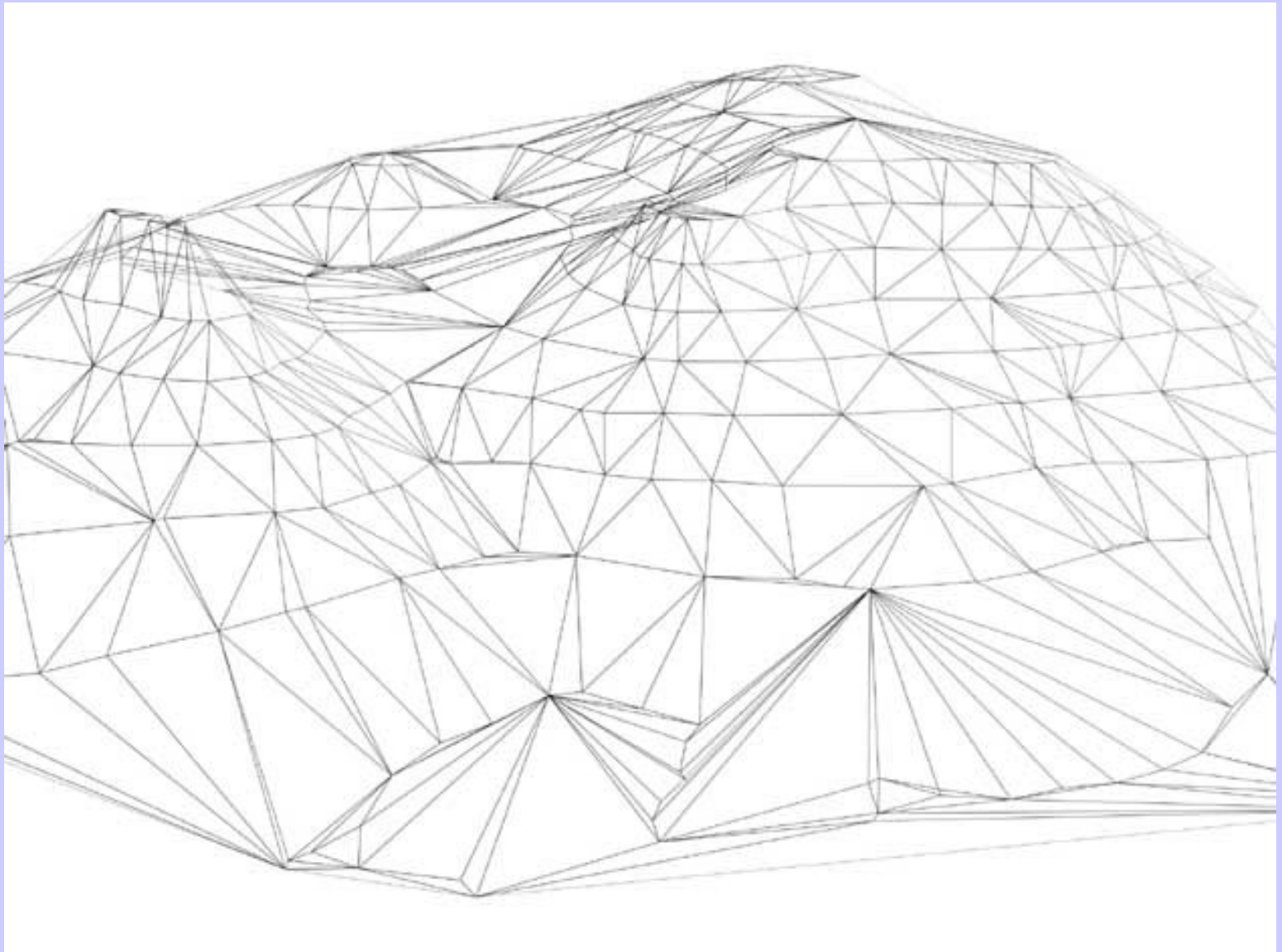
Singularita



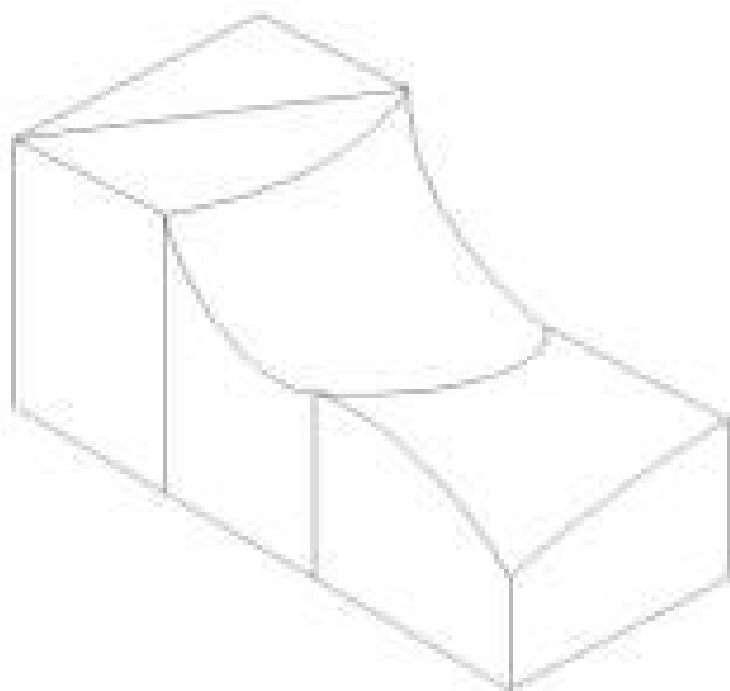
Dělení modelů terénu

- ◆ Rastrové modely - dělení ploch je pravidelné, stejné plošky
- ◆ Vektorové:
 - ◆ Polyedrické modely - nepravidelné, různě velké plošky – obvykle trojúhelníky. Snahou je ideálně přimknout plošky k terénu
 - ◆ Plátové modely - podobně jako polyedrické. Plošky však mohou být ohraničeny křivkami. Zohledňuje se průběh plochy na sousedních plátech. Křivky se vedou po singularitách.

Polyedrický DTM



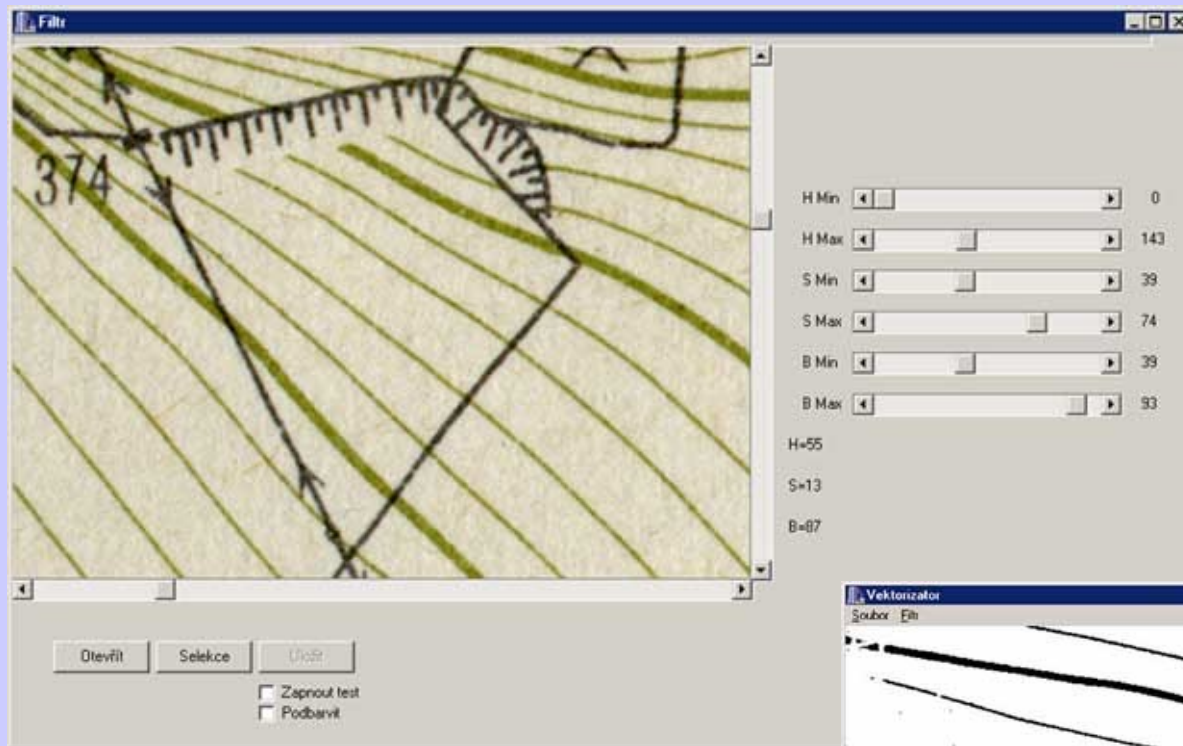
Plátový model



Zdroje modelů terénu

- ◆ poměrně důležitý aspekt DTM (Digital Terrain Model)
- přesnost, výběr metody zpracování
- ◆
- ◆ referenční body - přesně zaměřené body pozemního geodetického průzkumu
- ◆ fotogrammetrické zdroje - stereoskopická interpretace leteckých nebo kosmických snímků (systém SPOT)
- ◆ novinka: radarové systémy SIR-C, SAR - radargrammetrie
- ◆ výškové údaje lze odvodit z kartografických zdrojů - výběr linií, po kterých se digitalizuje výška

Vstup z vrstevnic



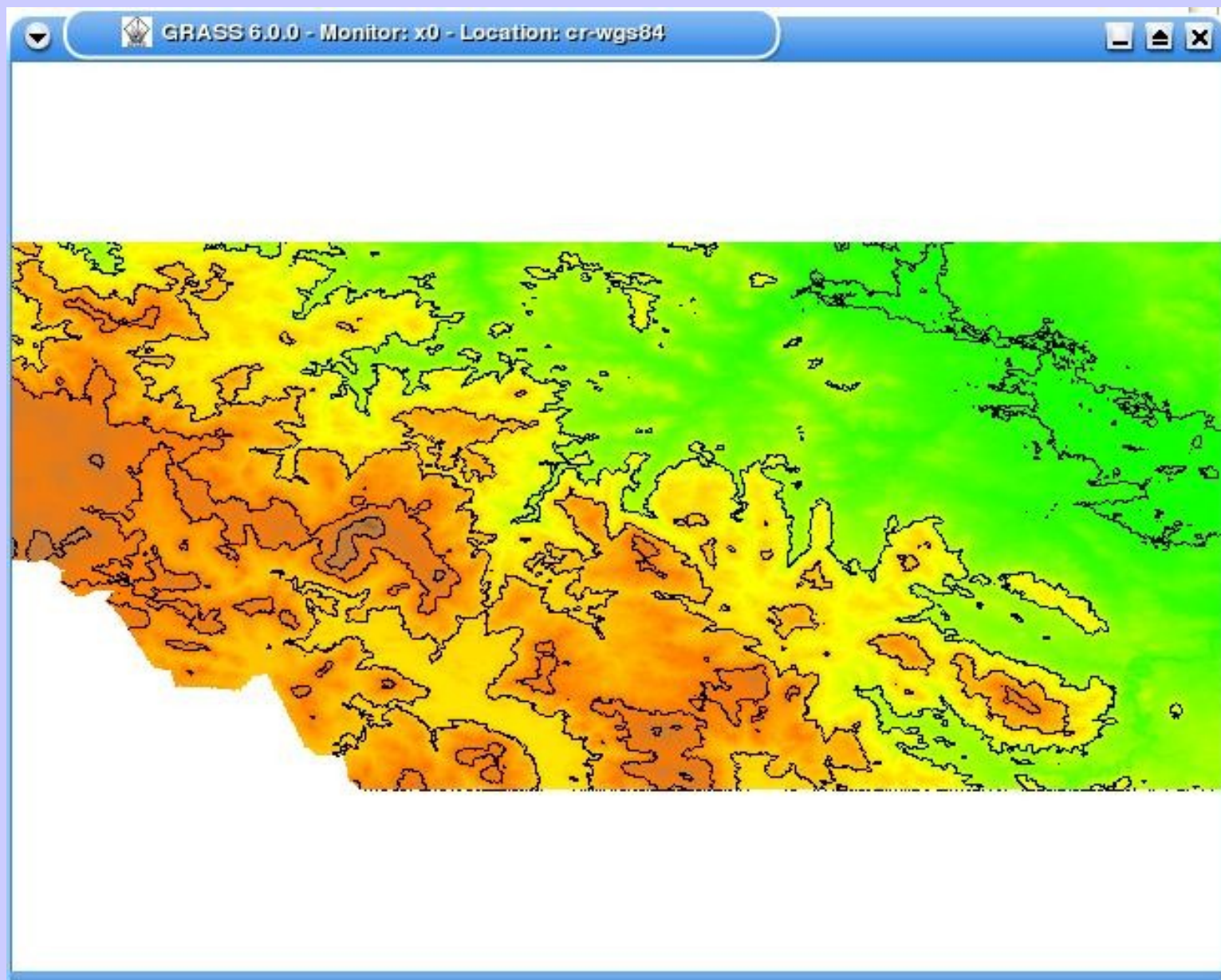
Vstupní údaje, interpolace

- ◆ Vstupní údaje z různých důvodů neumožňují přímé vytvoření modelu. Model se z dat musí vyrobit - různé varianty/postupy interpolace
- ◆
- ◆ Interpolace:
 - ◆ Interpolace výšek bodů rastru z nepravidelně rozmístěného bodového pole -
 - ◆ Interpolace ... ze zdigitalizovaných a rasterizovaných vrstevnic – často používaný postup, nepříliš náročný. Zdrojem je vrstevnicová mapa. Rastruje se vektorová mapa, ostatní body se interpolují. Na závěr se výsledek vyhladí filtrací.

Rastrové modely terénu

- ◆ budeme mluvit o pravidelných rastroch
- ◆ každá buňka má atribut - výška toho místa
- ◆ výhody zřejmé - jednoduchost
- ◆ nevýhody - množství uložených dat
- ◆ předpoklad: výška platí pro celou plošku buňky
- ◆ další varianty: platí pro střed plošky (pak lze údaj dále interpolovat)
- ◆ tzv. lattices - (vektorový) bodový model terénu s pravidelným rozmístěním bodů

Vrstevnice



Závěrečné srovnání rastr x vektor

- ◆ Každý typ je pochopitelně vhodný pro určitý typ informací a analýz.
- ◆ rastrové - jednoduchost, snadná implementovatelnost v počítači, návaznost na DPZ
- ◆ vektorové - jednoduše ukládají informace o plochách. Nelze analyzovat povrchy. Pohyb v sítích.

Vektorová reprezentace - výhody

- ◆ dobrá reprezentace jevové struktury dat (má to logiku).
- ◆ kvalitní grafika, přesné kreslení, znázornění blízké klasickým mapám, jednoduché vyhledávání
- ◆ vysoká přesnost
- ◆ vhodnost pro modelování individuálních objektů
- ◆ prakticky neomezená přesnost definování polohy, tvaru, velikosti
- ◆ malý objem uložených dat
- ◆ přesné transformování souřadnicových systémů

Vektorová reprezentace - NEvýhody

- ◆ komplikovanost datové struktury
- ◆ výpočetní náročnost
- ◆ problémy při analytických operacích, složitost výpočtů
- ◆ nevhodnost pro souvislé povrchy
- ◆ pracnost při přesném popisu polohy - mnoho bodů

Rastrová reprezentace - výhody

- ◆ jednoduchost datové struktury
- ◆ jednoduchá tvorba uživatelských nadstaveb
- ◆ jednoduchá kombinace s jinými rastr. údaji, zvláště s údaji z DPZ
- ◆ ...vykonávání analytických operací
- ◆ relativní HW a SW nenáročnost
- ◆ jednoduchost simulací

Rastrová reprezentace - NEvýhody

- ◆ velký objem uložených údajů
- ◆ nepřesnost při výpočtu délek, vzdáleností a ploch při použití nedostatečně jemného rastru
- ◆ malá kvalita výstupů při velké buňce rastru
- ◆ menší vizuální kvalita rastrových výstupů
- ◆ nevhodnost pro analýzy sítí
- ◆ jen přibližné modelování geometrie a topologie (souvisí s velikostí buňky)
- ◆ transformace souřadnic vedou k nepřesnostem v poloze nebo atributové hodnotě