



Geoinformatika

IV - TIN a sběr dat

jaro 2025

Petr Kubíček

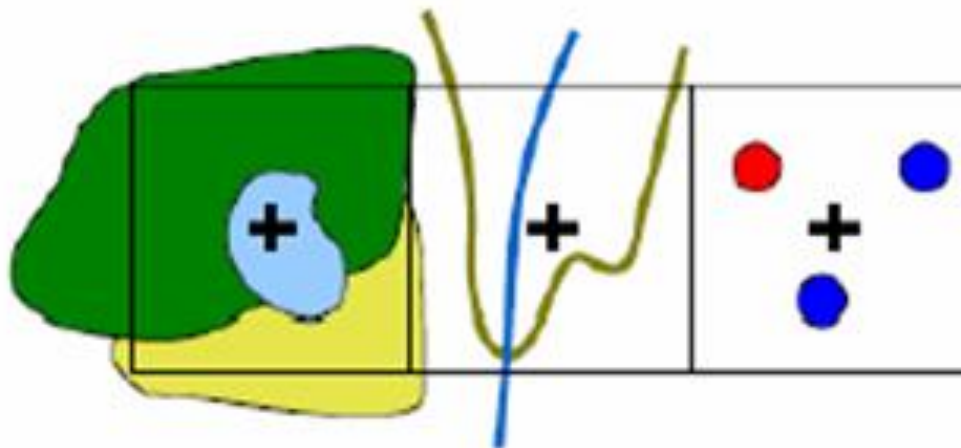
kubicek@geogr.muni.cz

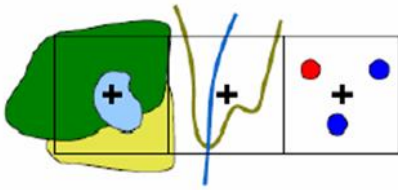
**Laboratory on Geoinformatics and Cartography (LGC)
Institute of Geography
Masaryk University
Czech Republic**

Tvorba rastru z vektorového modelu

způsob přiřazení hodnot zobrazovaného atributu (kvantitativní data) – při tvorbě modelu:

- jako bodová hodnota změřená **kdekoli v ploše buňky**
- jako **aritmetický průměr** u několika bodových měření
- jako **vážený aritmetický průměr**, kde váhou je plošný rozsah jednotlivých hodnot
- jako **maximální nebo minimální hodnota atributu** v ploše buňky
- jako hodnota atributu **s největší váhou** (i pro kvalitativní).

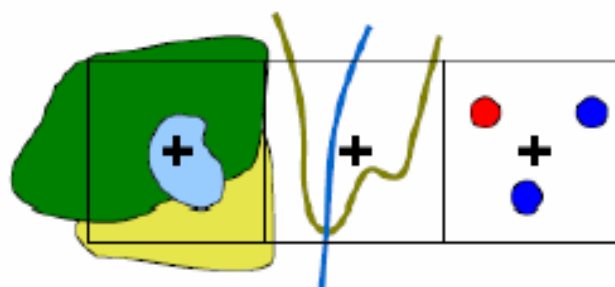




Řešení konfliktů

Problém - **jedna výsledná buňka obsahuje více různých objektů**. Pro řešení této se používají 3 základní metody, z čehož **první dvě se používají pro převod bodů, linií i polygonů** a zbývající jen pro **převod polygonů**:

- **Metoda dominantního typu** vychází z principu, že u buňky, do které zasahuje více objektů, se vyjádří podíl její plochy, zabíraný každým z objektů a hodnota objektu s největším podílem je pak buňce přiřazena (u bodů a linií se podíl plochy nahrazuje počtem a příp. délkou objektů, které buňka obsahuje).
- **Metoda nejdůležitějšího typu** buňce přiřadí hodnotu, která je považovaná za nejdůležitější z hlediska aplikace.
- **Metoda centroidu**, buňka má přiřazenou hodnotu definovanou polohou jejího středu při průmětu do vektorové reprezentace.



Dominantní typ



Nejdůležitější typ

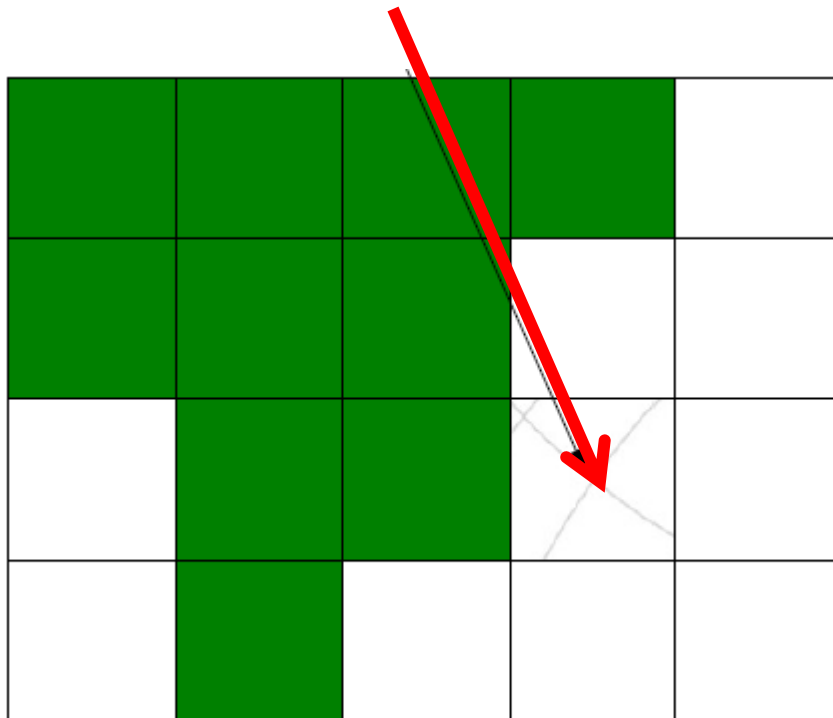


Centroidy



Prázdné buňky

- Pokud je hodnota buňky definována jako prázdná (NoData), znamená to, že tato **buňka nenese žádnou informaci o prostoru**, který reprezentuje.
- **0 je validní hodnota!**
- 999 obvykle použito pro No data

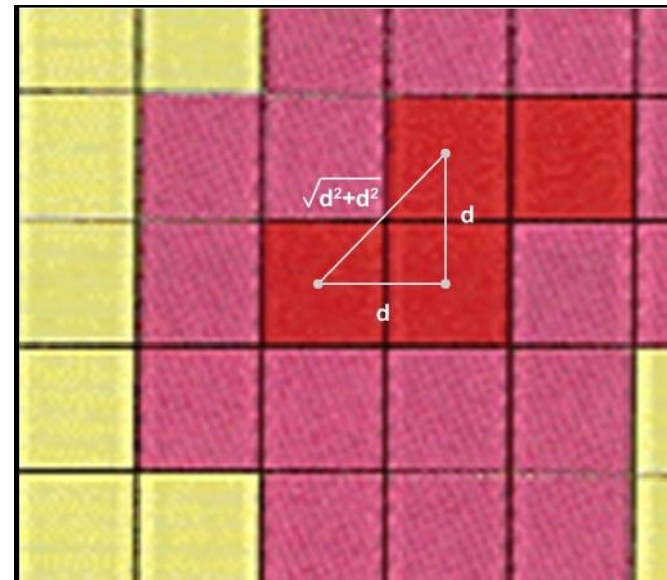
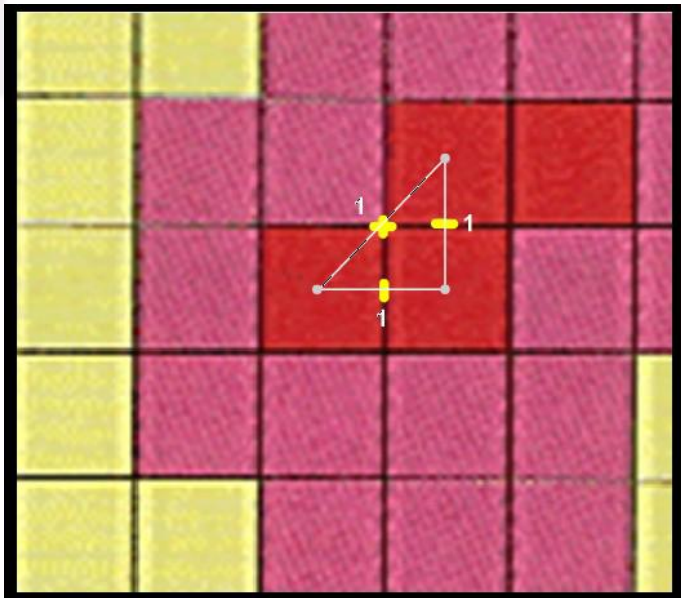




Metrika čtvercové mřížky

- V geometrii nastává problém metriky (způsob definice vzdálenosti dvou buněk) – odlišná vzdálenost středu čtverců.
- Euklidovská metrika

$$d = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}$$





Rastrová data výhody a nevýhody

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



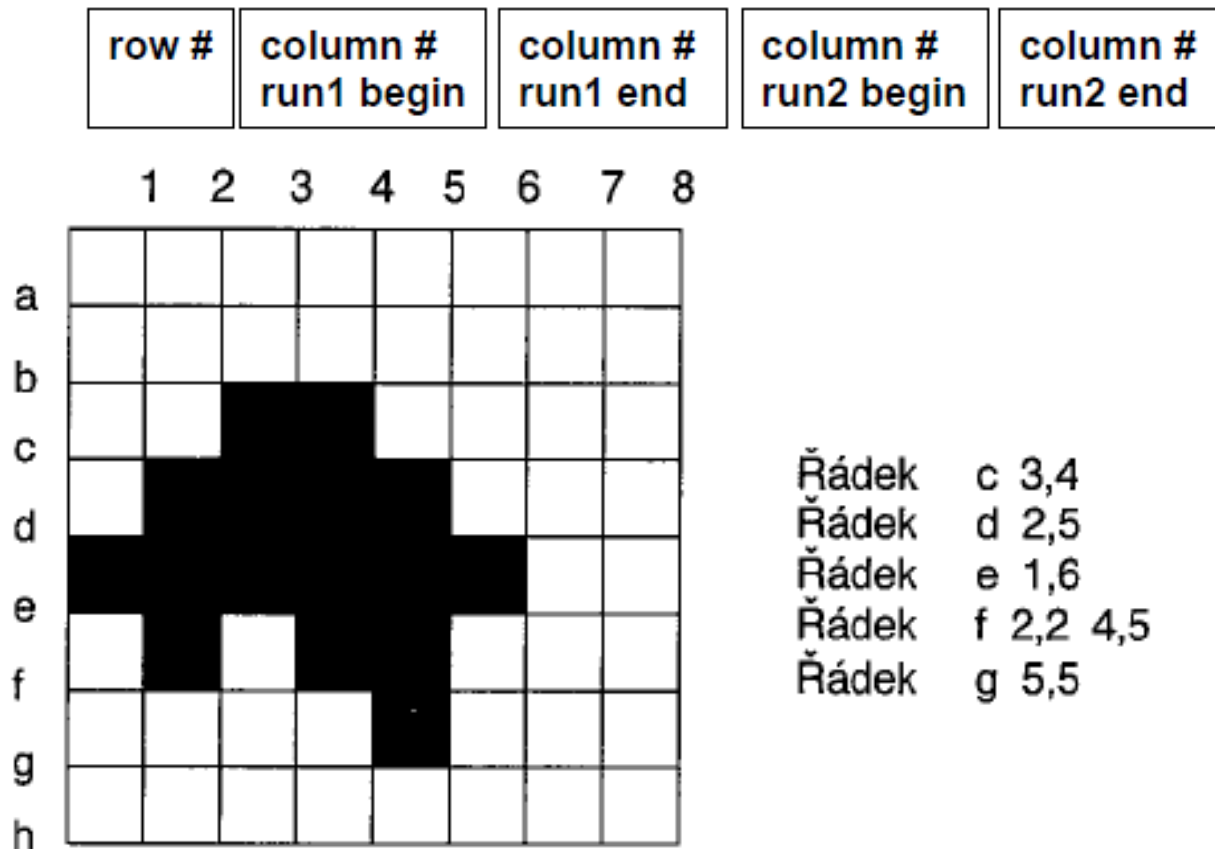
Kompresní techniky pro rastry

- **Ztrátové**
 - komprimují lépe než neztrátové
 - dochází ke ztrátě informace => někdy nevhodné!
- **Neztrátové**
 - Run Length Codes – RLC
 - Run Length Encoding – RLE
 - Čtyřstrom – QuadTree
 - Adaptivní komprese



Run Length Codes

- Definuje příslušnost buněk rastru k objektu po řádcích nebo sloupcích, přičemž udává jen **začátek a konec úseku buněk** v řádku či sloupci.
- Pro černobílé/binární rastry





Run Length Encoding

- Využití maticového zápisu dat.
- Efektivní při rozsáhlých homogenních oblastech dat

1 1 1 1 5 5 9 9 9 9 9 9 9 2 9 9 9
(4 1)(2 5)(7 9)(1 2)(3 9)

- Heterogenní ☹

0 1 0 1 2 3 5 2 1 4
(1 0)(1 1)(1 0)(1 1)(1 2)(1 3)(1 5)(1 2)(1 1)(1 4)

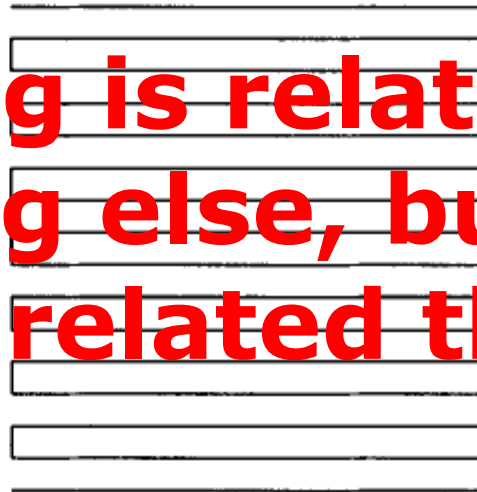
Jak zefektivnit kompresi?

Způsob procházení rastru

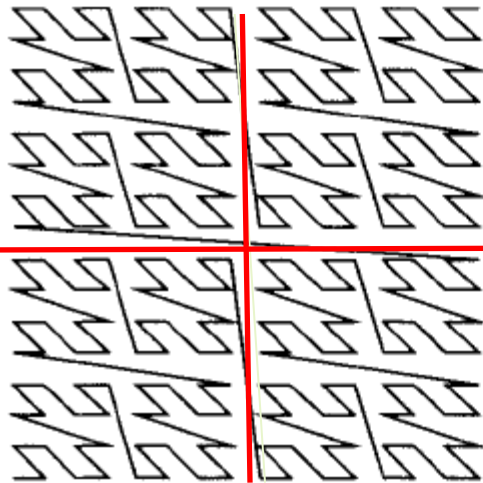
Everything is related with everything else, but near things are more related than distant things.



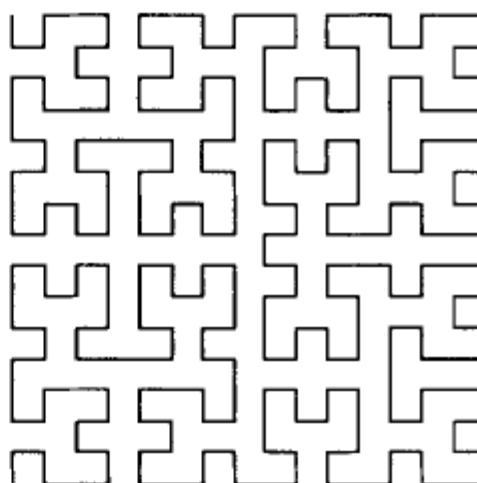
(a) Row Order



(b) Row-prime Order



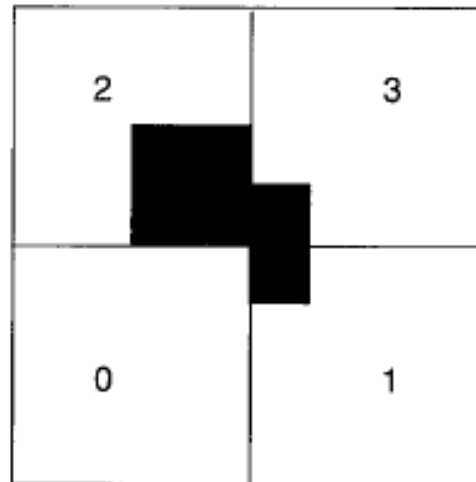
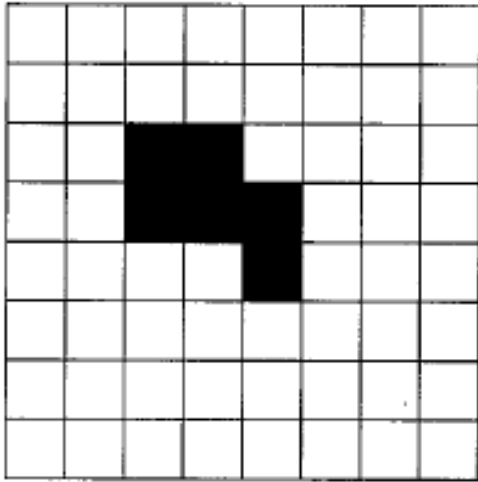
(c) Morton Order



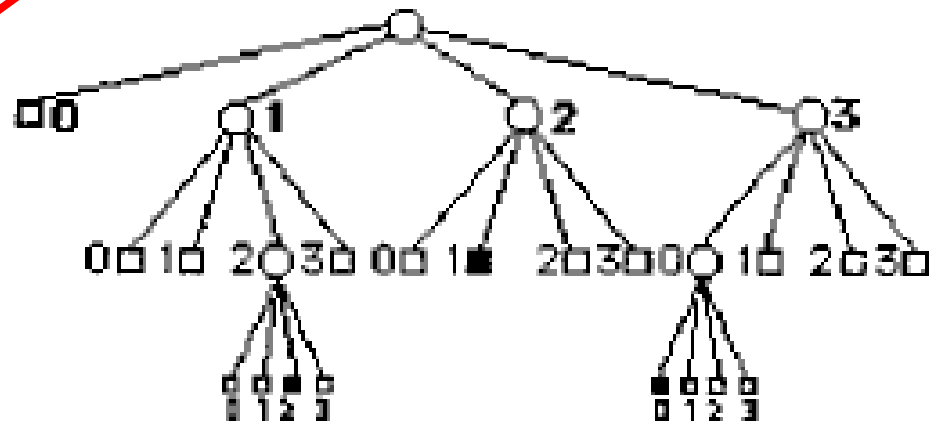
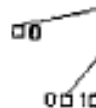
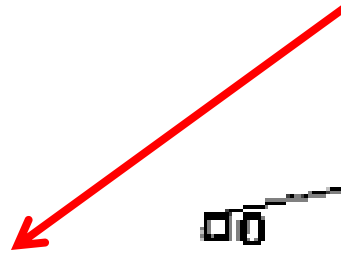
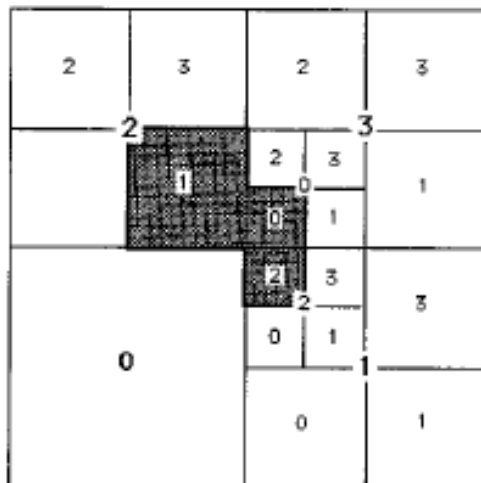
(d) Pi-Order

- A) a B) - alternativy postupného procházení.
- C) a D) - prostor vyplňující křivky (space-fill).
- B) a D) jsou více efektivní – souvislost s Toblerovým zákonem (First law of Geography, autokorelace).

Quad tree - čtyřstrom

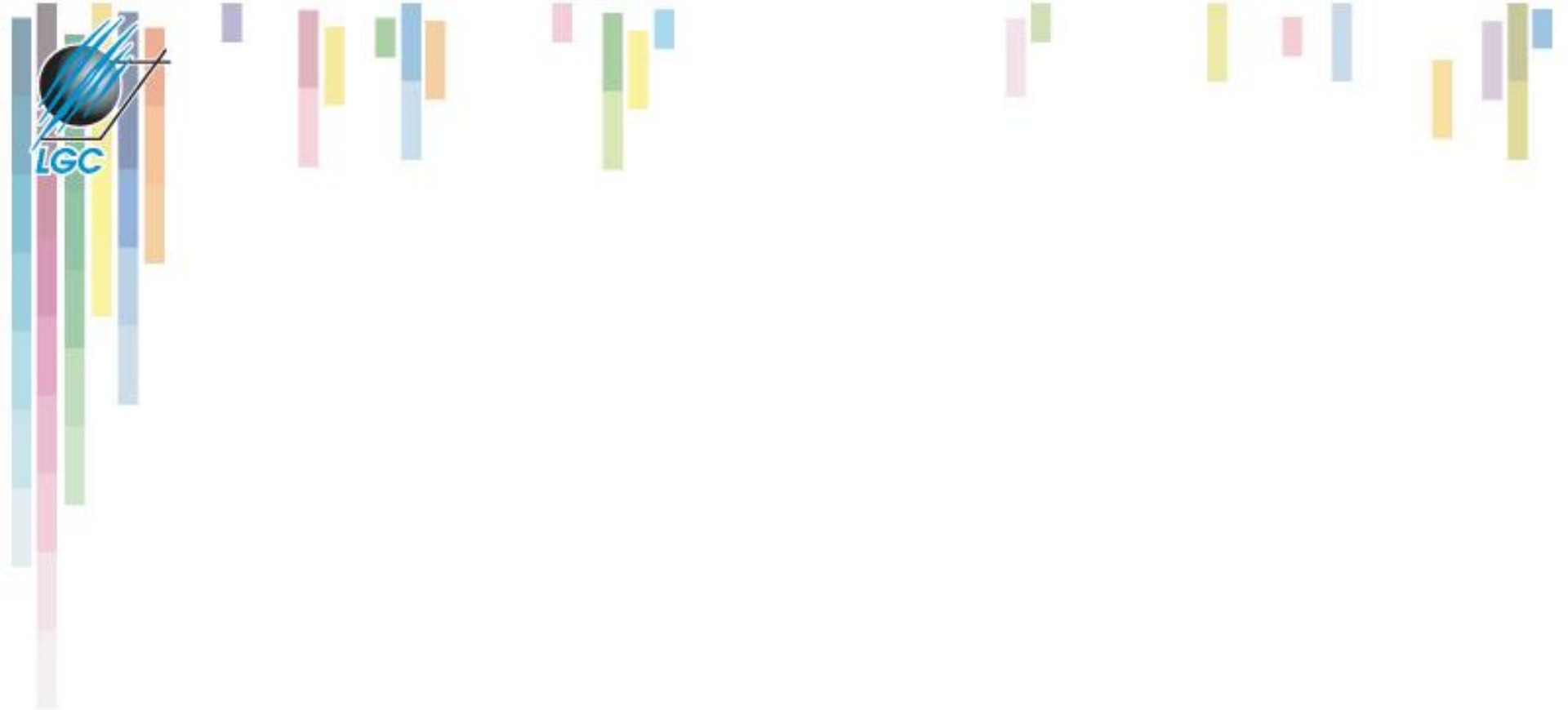


- Hierarchické uložení
- Dělení kvadrantů až do doby, kdy jsou homogenní.



Hlavička rastru

- NCOLS xxx
- NROWS xxx
- XLLCORNER xxx
- YLLCORNER xxx
- CELLSIZE xxx
- NODATA_VALUE xxx
- row 1
- row 2
- .
- .
- row n

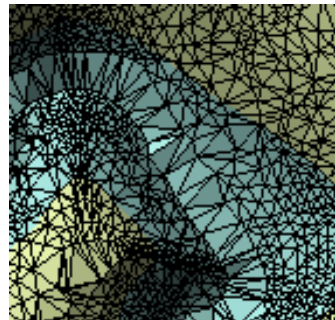


NEPRAVIDELNÁ TROJÚHELNÍKOVÁ SÍŤ - TIN



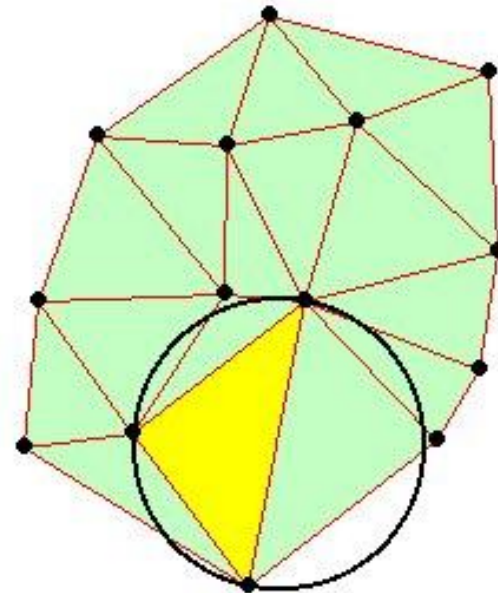
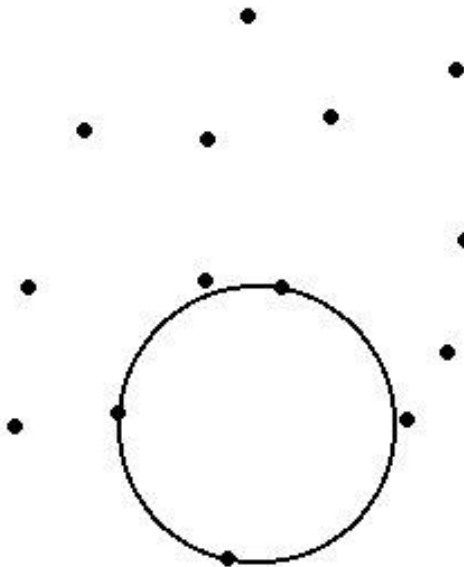
Nepravidelná trojúhelníková síť

- Nepravidelné rastrové reprezentace - problémy s tvorbou, analýzou i uložením – prakticky se nepoužívají.
- Výjimkou je Nepravidelná trojúhelníková síť TIN (**Triangulated Irregular Network**).
- Reprezentuje povrch jako soubor trojúhelníků (**trojúhelníková**), které jsou definovány třemi body umístěnými kdekoli v prostoru. (**nepravidelná**) a pro tyto trojúhelníky uchovává topologické vztahy (**síť**).
- Často se používá pro reprezentaci povrchů, například digitálního modelu reliéfu – DMR.



Principy triangulace

- TIN je založen na tzv. Delaunay triangulaci (DT)
- Pro sadu bodů P platí, že DT je validní, pokud uvnitř kružnice opsané k libovolnému trojúhelníku neleží žádný jiný bod množiny P .

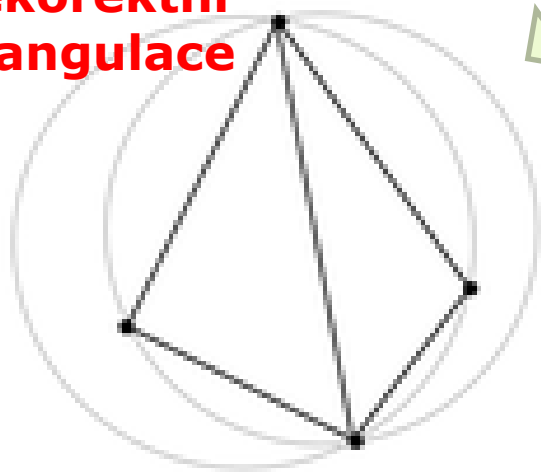




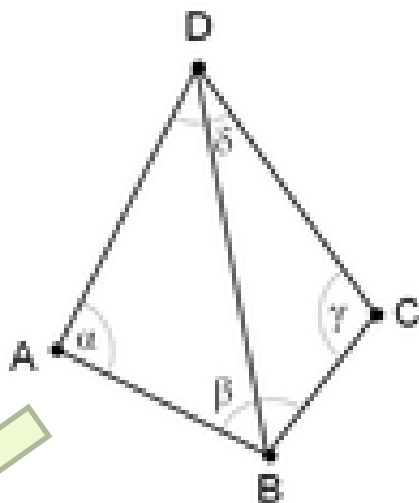
Příklad tvorby trojúhelníků

$\alpha + \gamma$ je **větší** než 180°

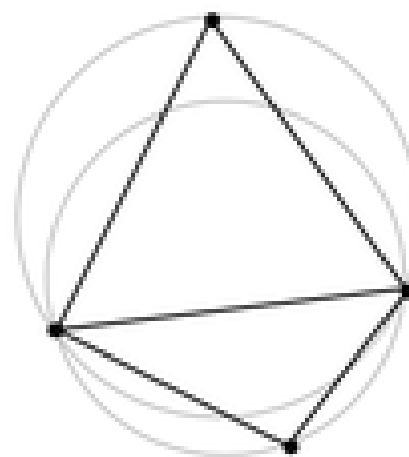
**Nekorektní
triangulace**



Geoinformatika

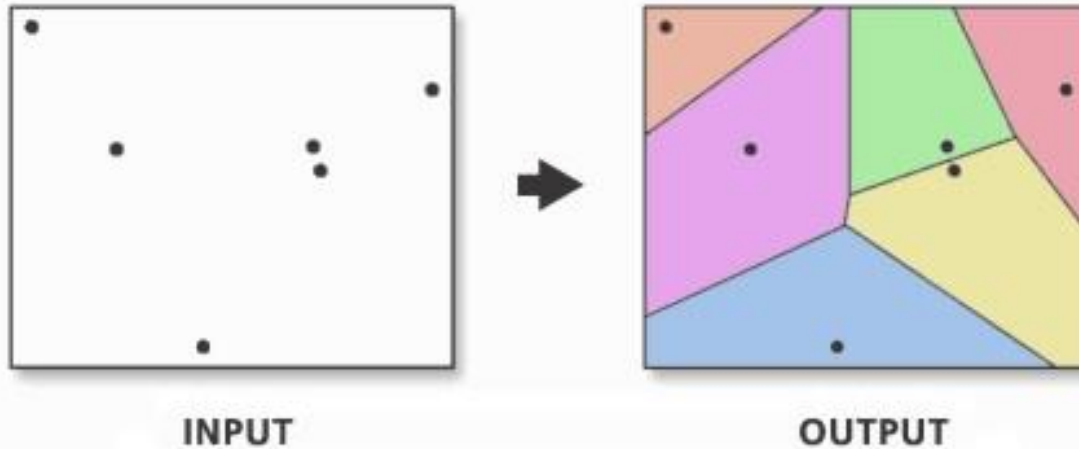


$\alpha + \gamma$ je **menší** než 180°

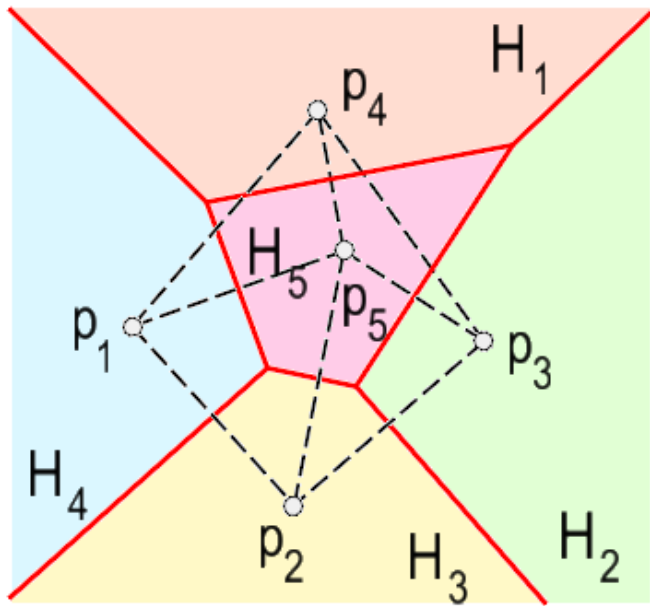
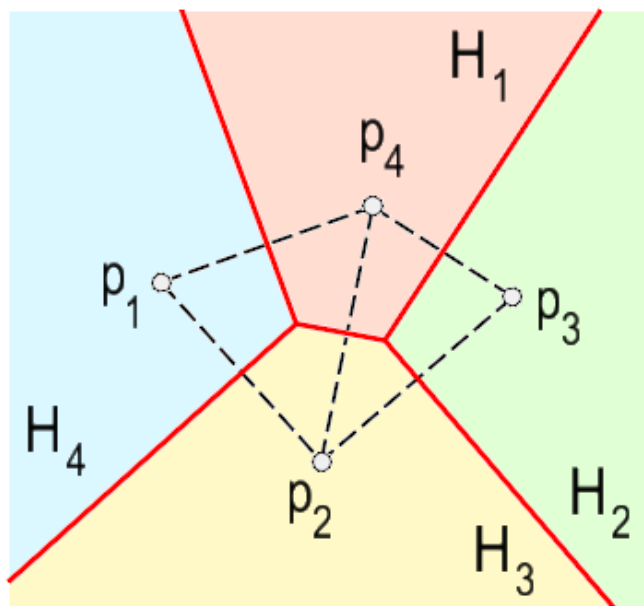
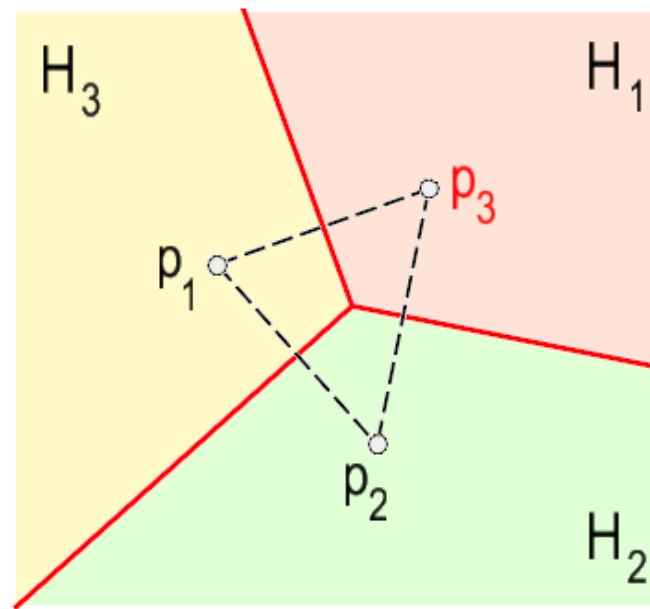
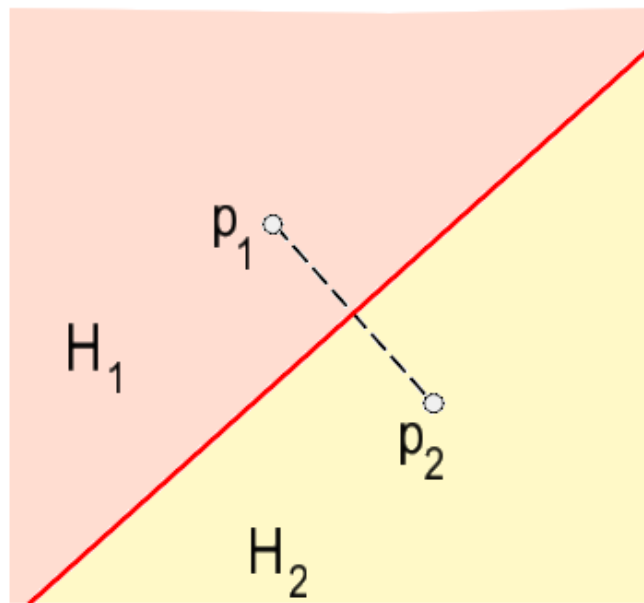


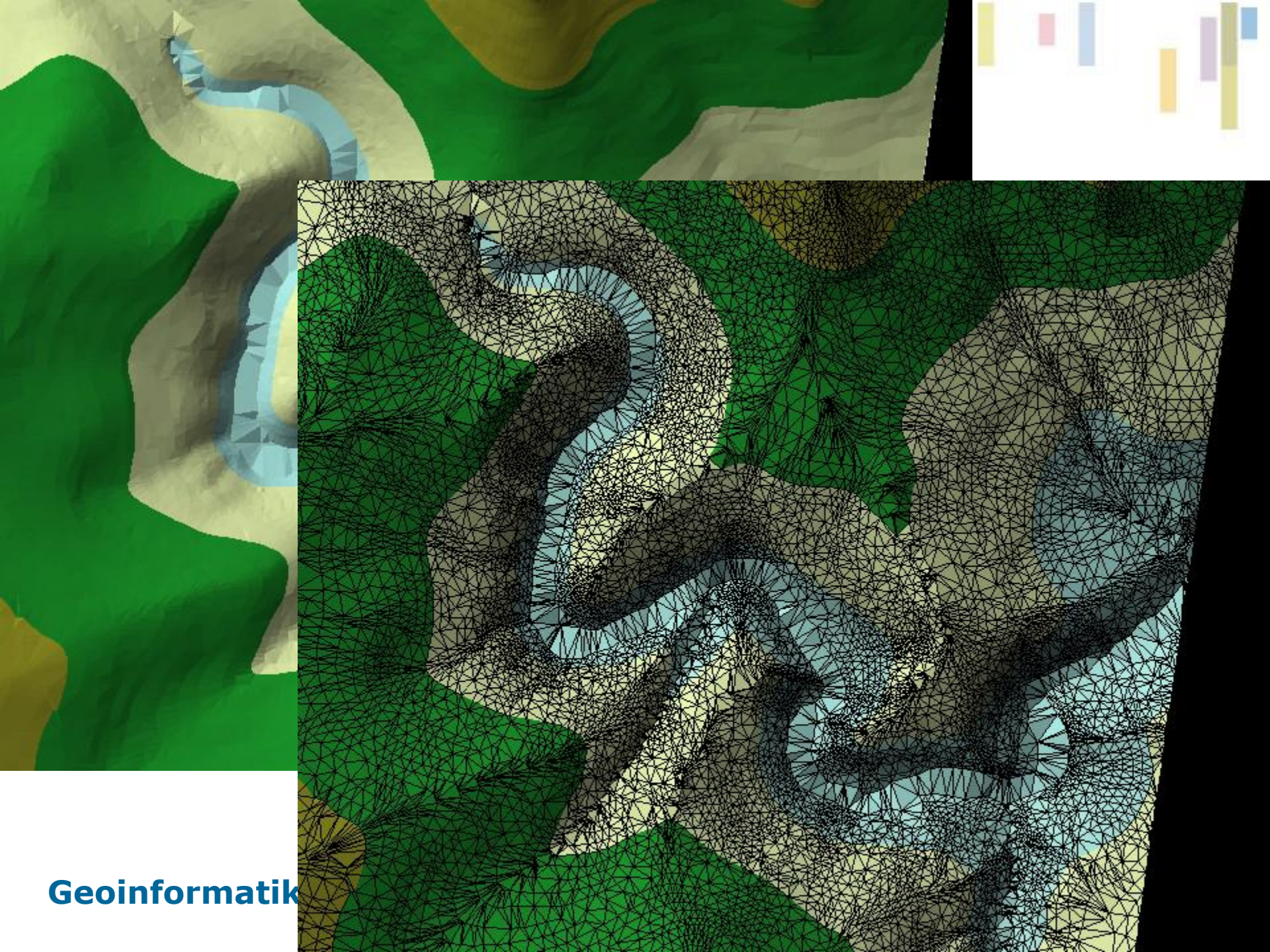
Korektní triangulace

Analýzy sousedství (Proximity analysis) –



- Každá polygon obsahuje jeden bod vstupního souboru. Každé místo polygonu je blíže k tomuto bodu, než k jakémukoliv dalšímu bodu vstupního souboru.
- Thiesenovy polygony, Voronoi cell (Voroného tesalace) – využívají DT (!), konstrukce??





Geoinformatik



TIN – porovnání s rastry

+

- **zmenšení objemu uložených údajů při reprezentaci nehomogenních povrchů,**
- **větší přesnost a věrnost pro nehomogenní povrchy**
- **struktura automaticky obsahuje informace o sklonu a směru tohoto sklonu.**
- **kompatibilita s moderními grafickými kartami**

-

- **složitost datové struktury a tím i algoritmů s ní pracujících.**



Datové modely – shrnutí

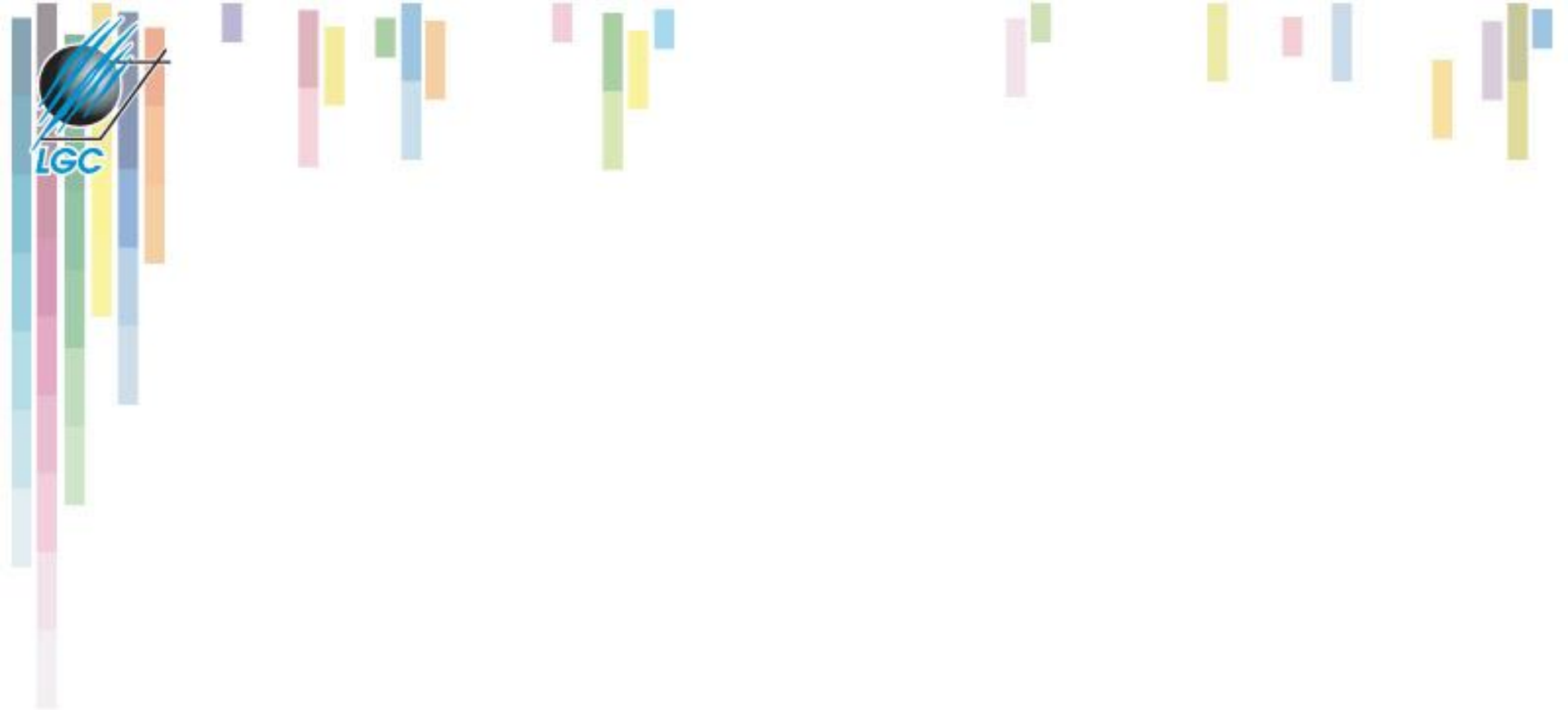
Vektorová data

- 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 zajištěn pomocí **topologie**;

TIN je na
pomezí

Rastrová data

- rovinný prostor (pole, jev) je rozdělen **pravidelnou mřížkou** na jednotlivé dílky, zvané buňky (pixels);
- **poloha** pixelu je dána jeho souřadnicemi (**umístění v rastru**);
- každý **pixel** má v sobě jedinou hodnotu **atributu**;
- prostorové **vztahy** mezi objekty jsou **obsaženy** v rastru.



SBĚR DAT



Zdroje prostorových dat pro GIS

- **Naplňování databáze** je v drtivé většině případu jednoznačně nejnáročnějším a nejzdlouhavějším krokem v rámci GIS projektu.
- Obecně lze pro vstup použít **různé zdroje údajů**.
- V úvahu přicházejí zvláště mapy, náčrty v souřadnicovém systému, údaje z geodetických měření, fotogrammetrické snímky a obrazové záznamy DPZ, statistické údaje a další.
- Při pořizování dat je ale důležité vybrat vhodný způsob a vhodná technická zařízení, která mi umožní **získat data ve vhodné přesnosti a za přijatelnou cenu**.
- **V zásadě je možné zdroje dat rozdělit na primární a sekundární.**



Zdroje prostorových dat pro GIS

- **Primární – přímo měřená data**

- terestrická (pozemní/geodetická) měření
- Globální polohové systémy (Global navigation satellite system **GNSS** – GPS, Glonass,...)
- Fotogrammetrie
- Dálkový průzkum Země (DPZ)
- Laserové skenování (LIDAR)

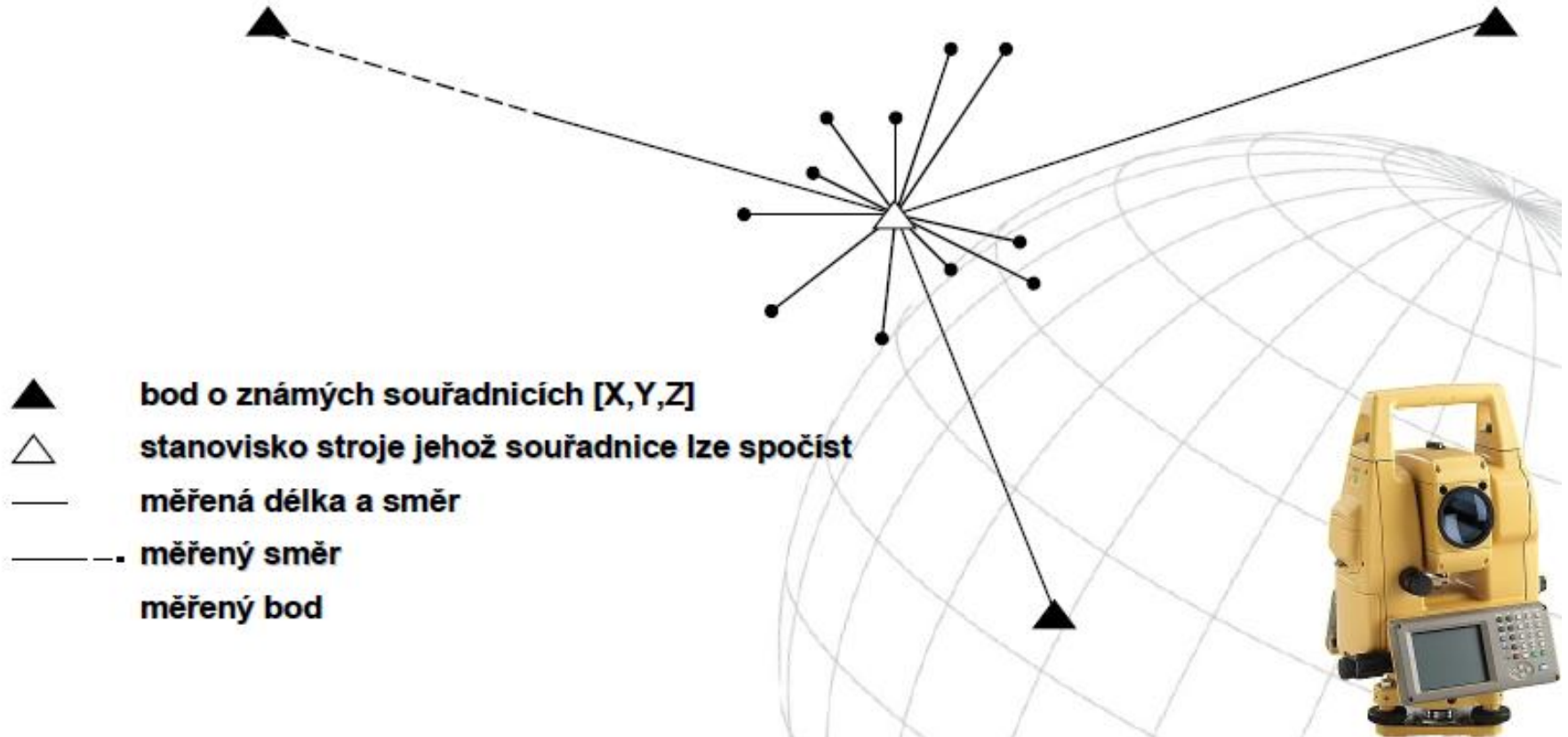
- **Sekundární – již jednou zpracovaná data**

- manuální vstup přes klávesnici
- digitalizace
- skenování a vektorizace



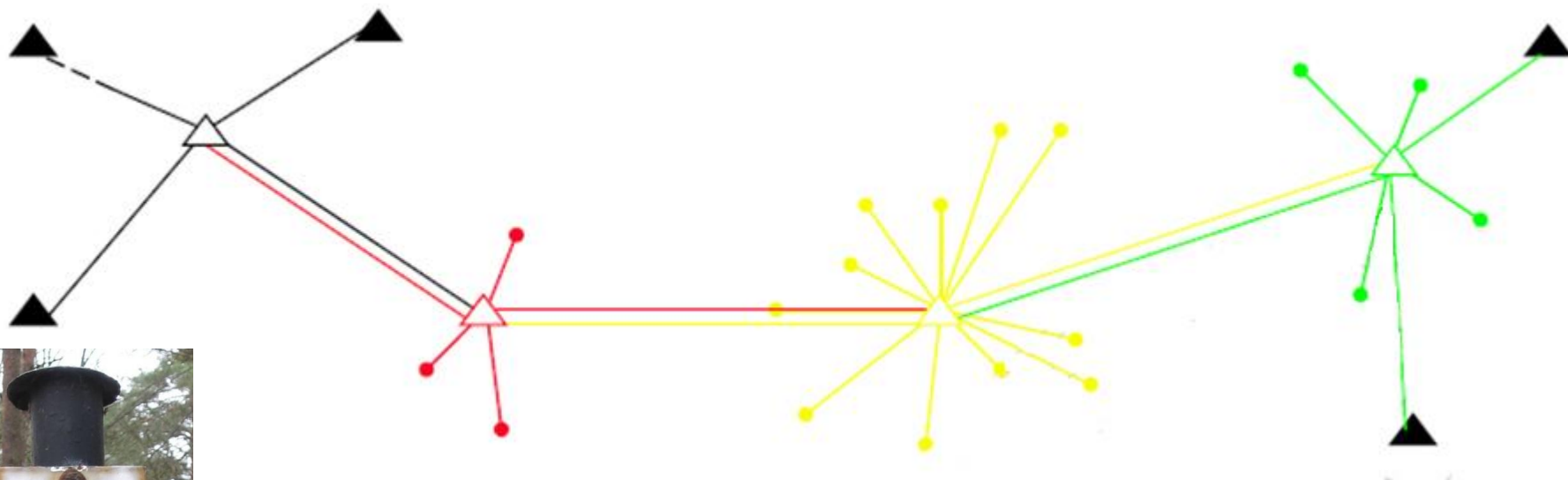
Zdroje prostorových dat pro GIS

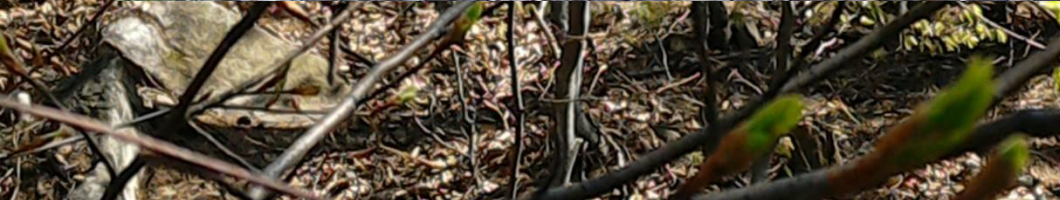
Geodetická data





Zdroje prostorových dat pro GIS







Zdroje prostorových dat pro GIS - GNSS

**Global Navigation Satellite System (GNSS) –
Globální družicový polohový systém**

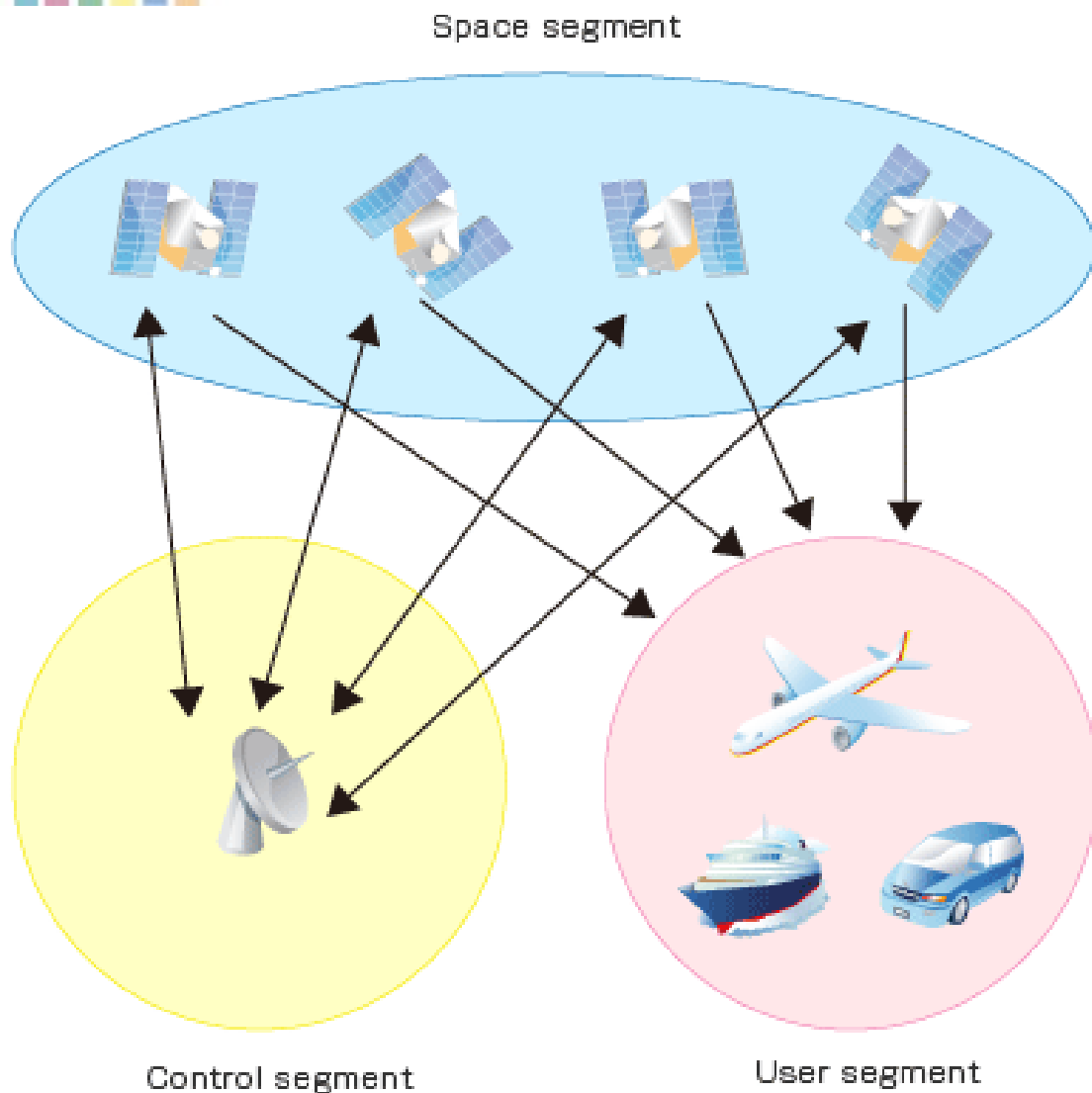
- **GPS NAVSTAR (Spojené státy americké)**
- **GLONASS (Ruská federace)**
- **Galileo (Evropská unie)**
- **Baidu (Čína)**

Rádiový dálkoměrný systém





Segmenty GNSS



- **Uživatelský**
- **Řídící**
- **Vesmírný**
- GPS přijímač počítá rozdíly mezi vlastním časem a časem uvedeným v signálu družic pro zjištění vzdálenosti a polohy.
- Vlivy atmosféry, povrchu, pohybu.



Signály vysílané družicemi GPS

- družice vysílá signál, který tvoří **dvě nosné vlny L1 a L2 a navigační zprávu**.
- Obě vlny modulovány dvěma **pseudonáhodnými kódy** – **C/A kódem** (pouze pro L1, krátká vlnová délka) a **P-kódem** (L1 i L2, lze uzamknout).
- **navigační zpráva** – základní informace o každém satelitu. Obsahuje tři hlavní komponenty:
 - 1. GNSS datum a čas, statut satelitu a informaci o jeho stavu,
 - 2. orbitální informace (efemeridy) – umožní přijímači vypočítat polohu družice,
 - 3. almanach = informaci o všech satelitech na orbitu,



Přijímač GNSS a výpočet polohy

Typy přijímačů dle:

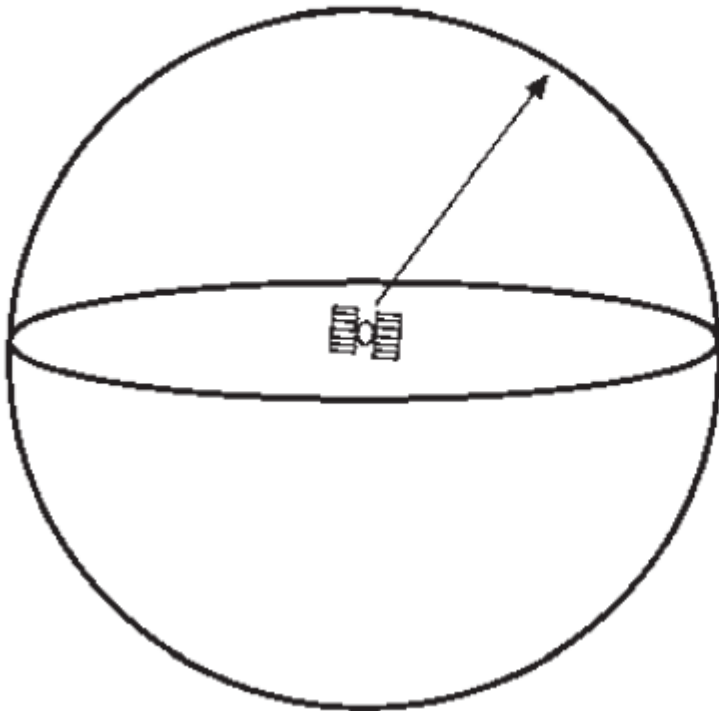
- 1. **Počet kanálů** – jednokanálové (1 družice, přepínání kanálů, starší), vícekanálové (signál ze všech dostupných, 40 kanálů).
- 2. **Typ měřených dat:**
 - Kódové měření – pracuje pouze s C/A kódem, přesnost 3–6 metrů, výpočet pomocí tranzitního času,
 - Fázová měření – pracuje přímo s fází nosných vln L1 a L2, založena na výpočtu z počtu vln nosného signálu mezi přijímačem a družicí, umožňuje postprocessing.
- 3. **Uživatelé:** geodézie, armáda (uzamčení P-kódu), civilní (autonavigace, turistika).



Vliv počtu satelitů na určení polohy

- 1 satelit = vzdálenost GNSS – satelit
- Minimum 4 satelity

1 One measurement narrows down our position to the surface of a sphere



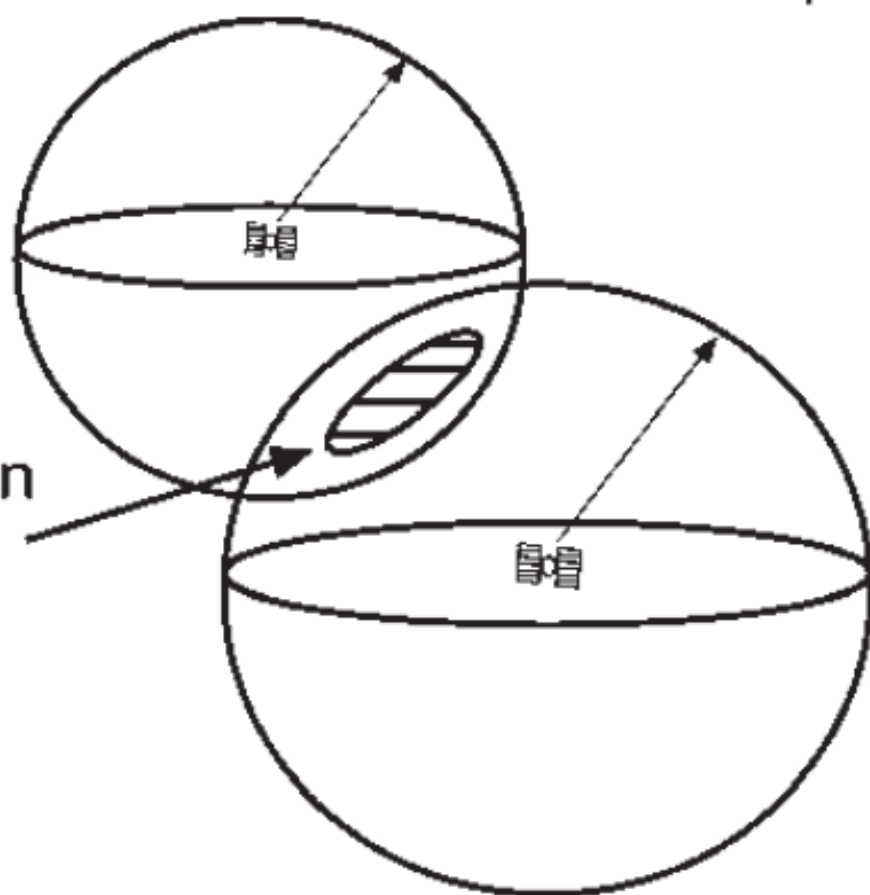
We are on the surface of this sphere



2

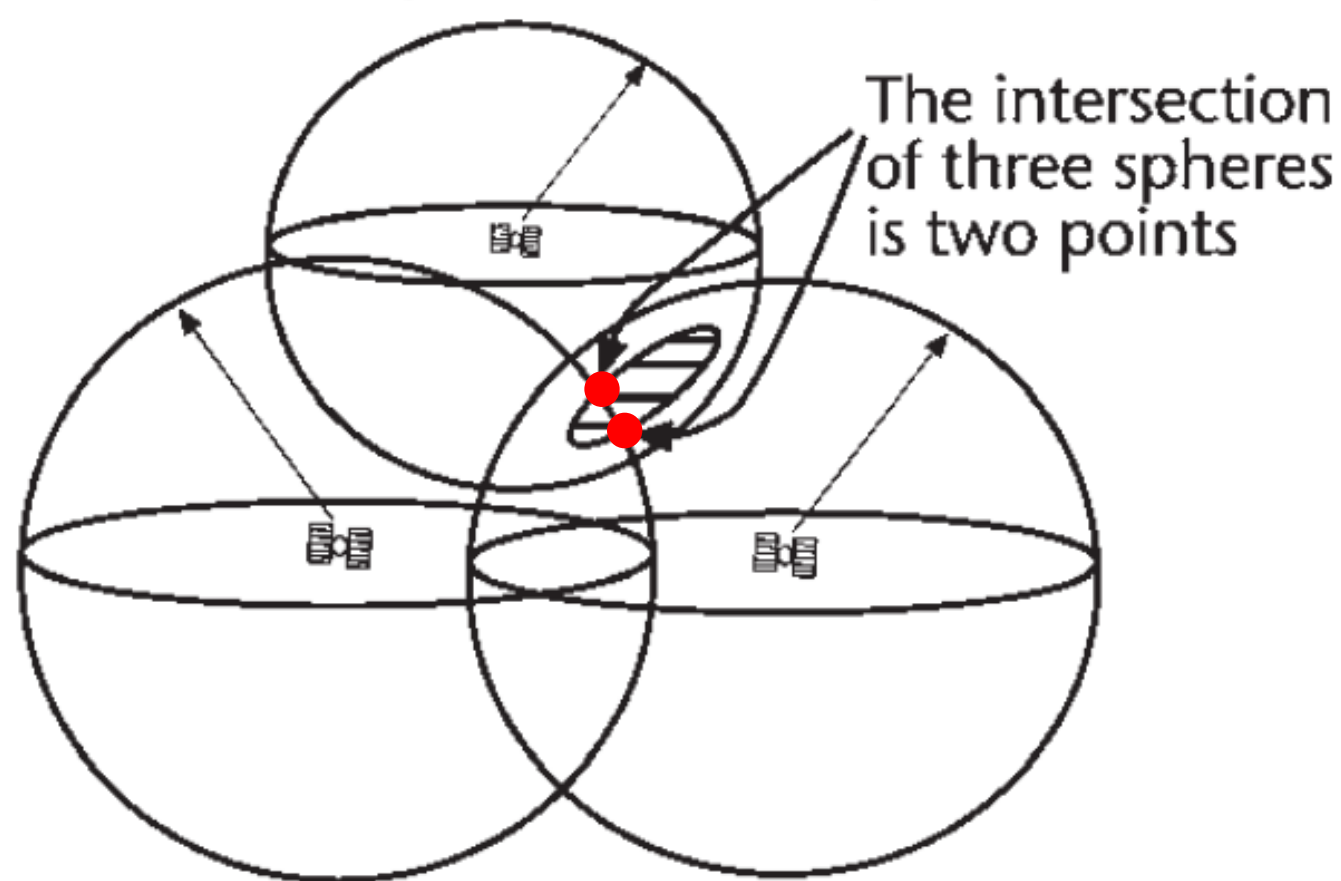
A second measurement narrows down our position to the intersection of two spheres

The intersection of two spheres is a circle



3

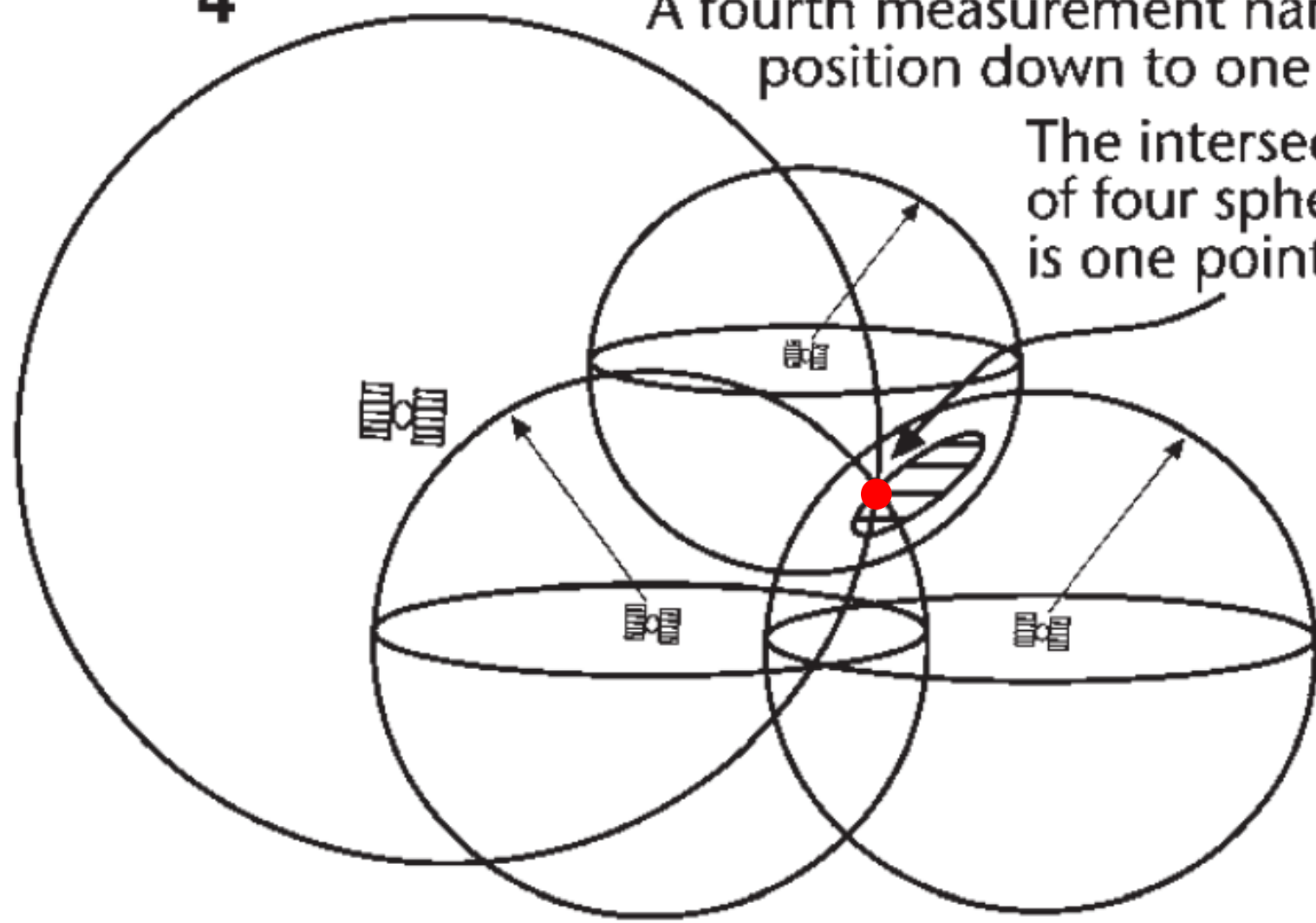
A third measurement narrows
down our position to two points



4

A fourth measurement narrows our position down to one point

The intersection of four spheres is one point





Další charakteristiky GNSS dat

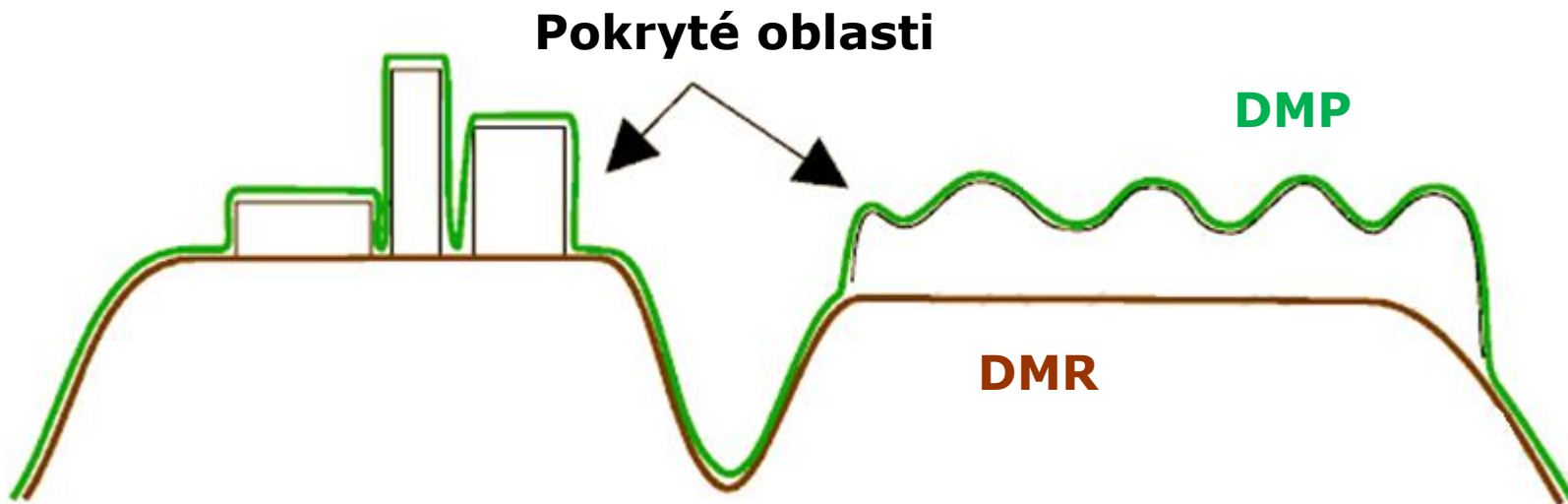
- Po **zpracování** jsou GPS data ve tvaru seznamu souřadnic a ty většina systémů umožní snadno zpracovat.
- GPS se hojně používá pro navigaci, sledování objektů (vozidel, ...) v reálném čase a analýzy v GIS na jejich základě.
- **GPS** udává geografické souřadnice v souřadnicovém systému **WGS 84**, tudíž pro použití v ČR je nutné u získaných dat většinou převést data do jiného souřadnicového systému (S-JTSK).
- **produkuje vektorová data.**



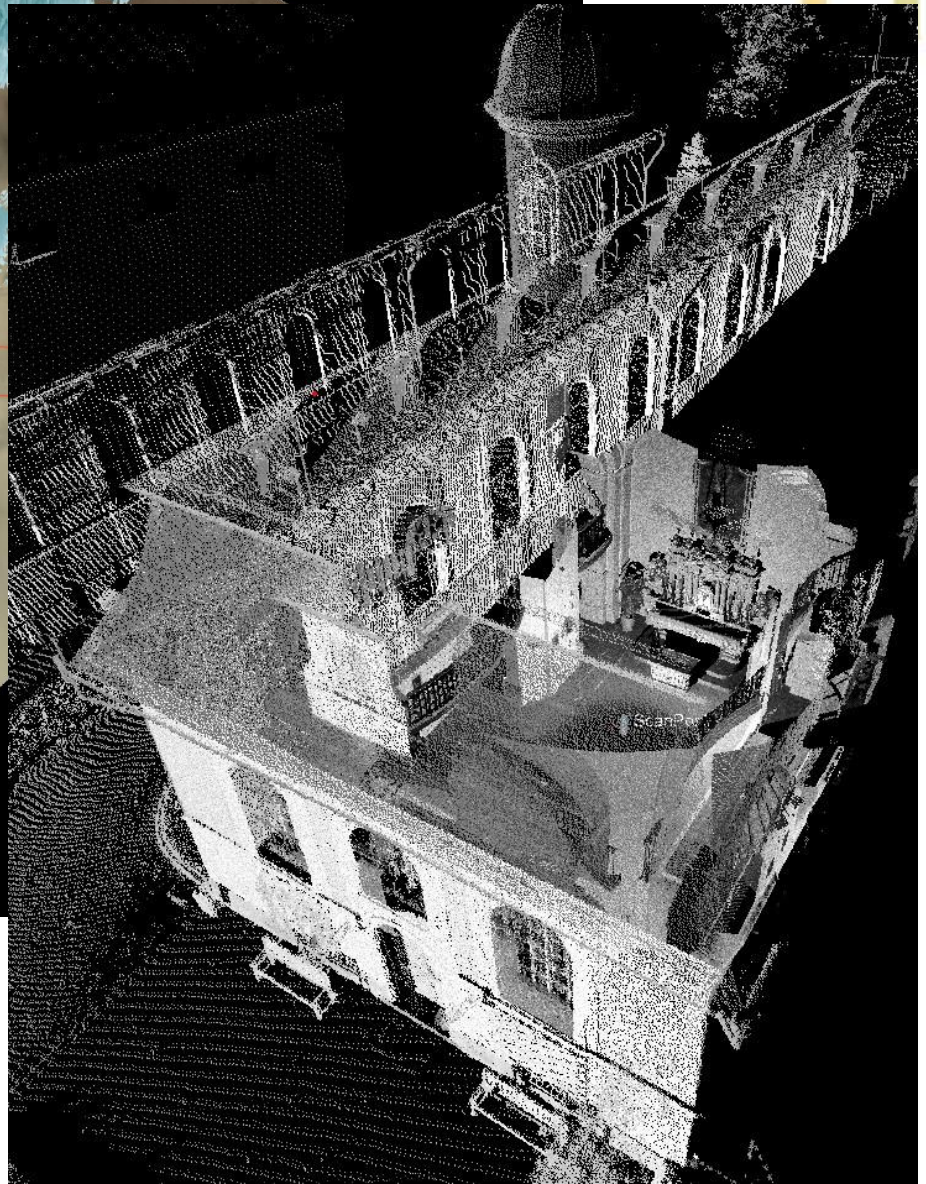
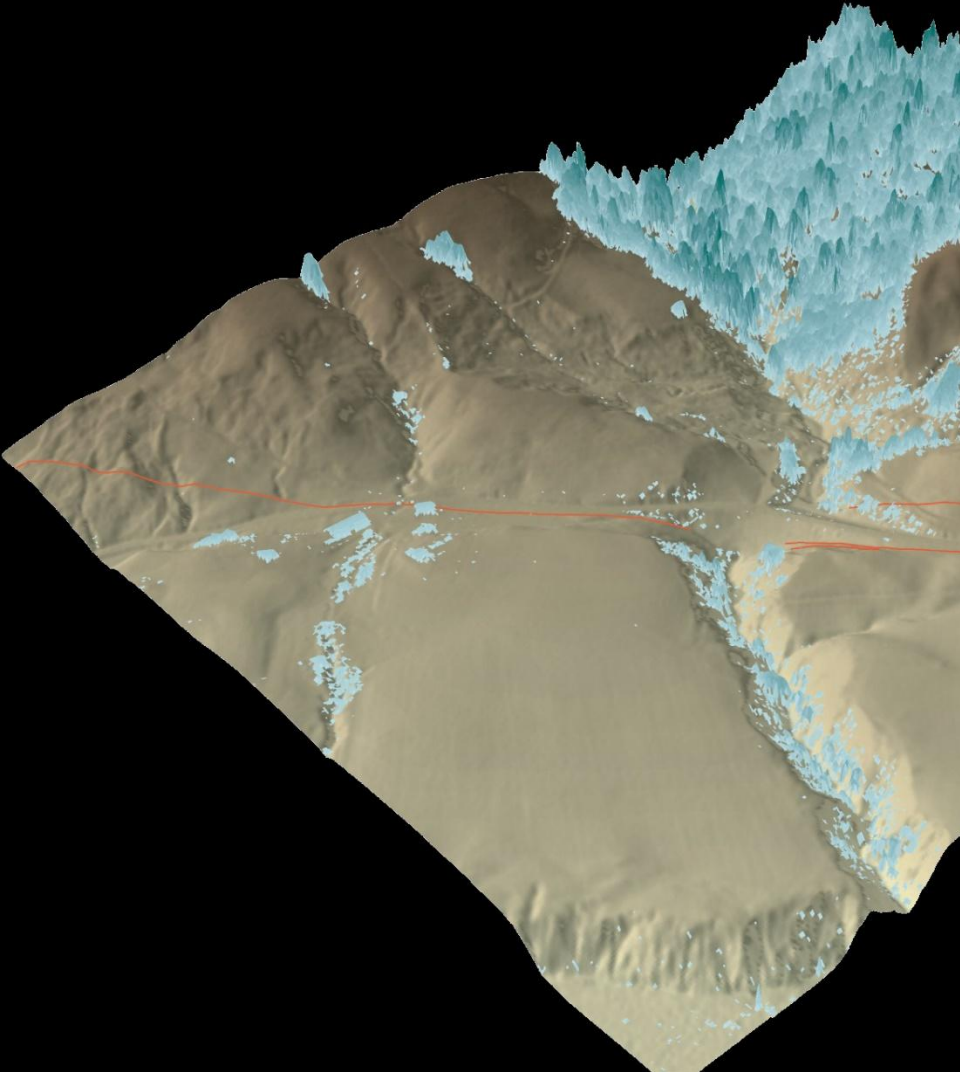
Laserové skenování – LIDAR

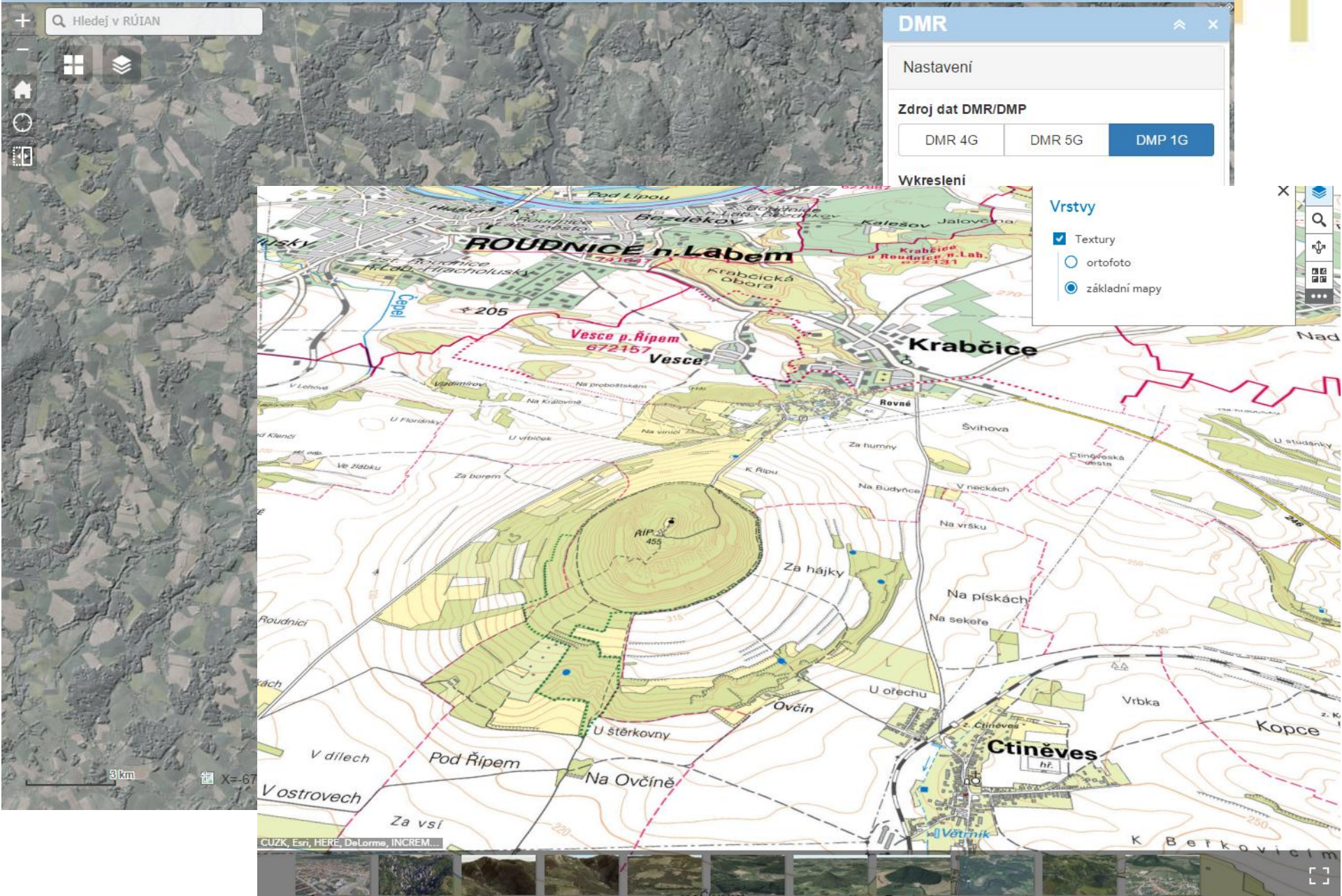
- **Light Detection and Ranging (LIDAR)**
- Princip LIDAR je postaven na aktivním senzoru, který vyšle laserový paprsek a zaznamená jeho zpětný odraz.
- Odrazů může být několik, první je považován za digitální model povrchu (DMP, DSM – digital surface model). Poslední odraz je pak považován za digitální model reliéfu (DMR, DTM – digital terrain model).
- Teprve potom se senzor otočí a zaznamenává další bod!
- Existují letecké a pozemní scannery!

- **Digitální model povrchu x model reliéfu**



View to the northeast

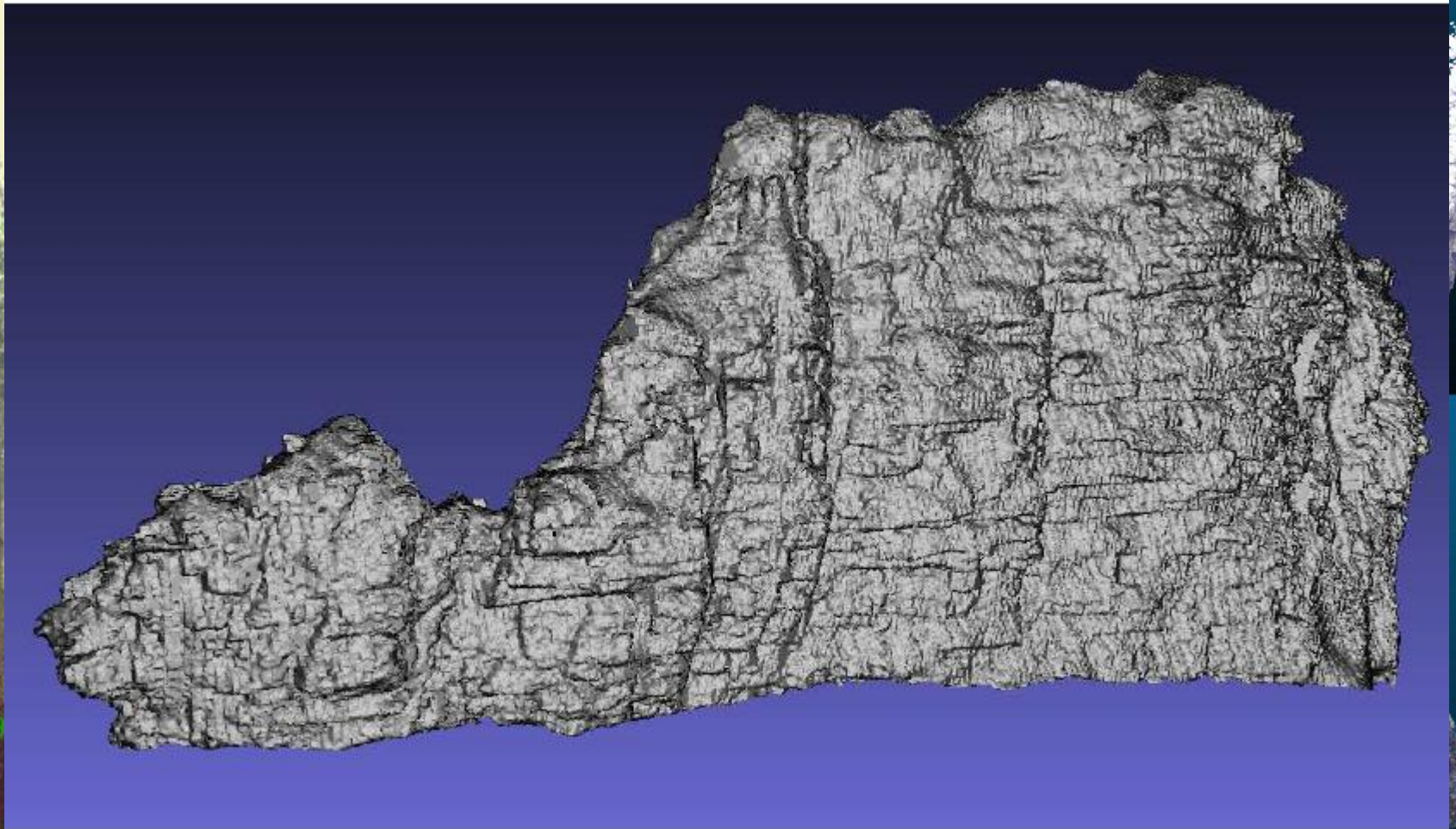




LLS - problémy



Horizontální skenování





Sekundární zdroje dat

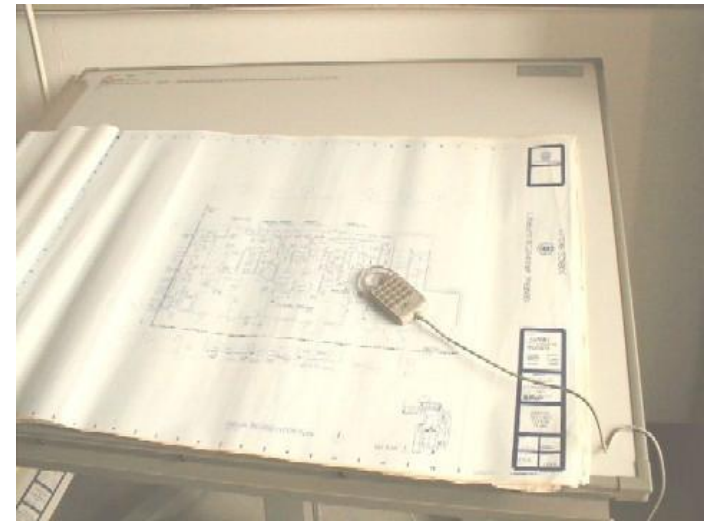
- **Sekundární zdroje dat jsou již jednou zpracované primární zdroje**
- **=> jsou v nich obsaženy chyby získané již během prvního zpracování dat, tudíž nemohou být přesnější než zpracovávané primární zdroje.**
- **Možnosti jejich vstupu do GIS**
 - manuální vstup přes klávesnici (pracné, zdouhavé)
 - digitalizace
 - skenování a vektorizace
 - import dat.

Manuální digitalizace

- Využívá se tablet-digitizér, což je zařízení na snímání souřadnic s různě velkou pracovní plochou (obvykle A3-A0) a různou rozlišovací schopností a přesností .
- Je třeba kalkulovat i s měřítkem podkladu!
- Princip digitalizace – snímaný podklad se upevní na pracovní plochu a pomocí zaměřovacího kříže (kurzoru) je snímána poloha zaměřovaných bodů a z klávesnice nebo pomocí kurzoru se zadává identifikátor objektu.

dvě základní metody digitalizace:

- **bodová** (point) - kliká se na každém vrcholu, který je třeba zaznamenat.
- **proudová** (stream) - počítač automaticky zaznamenává sekvence bodů v zadaném časovém nebo vzdálenostním intervalu.

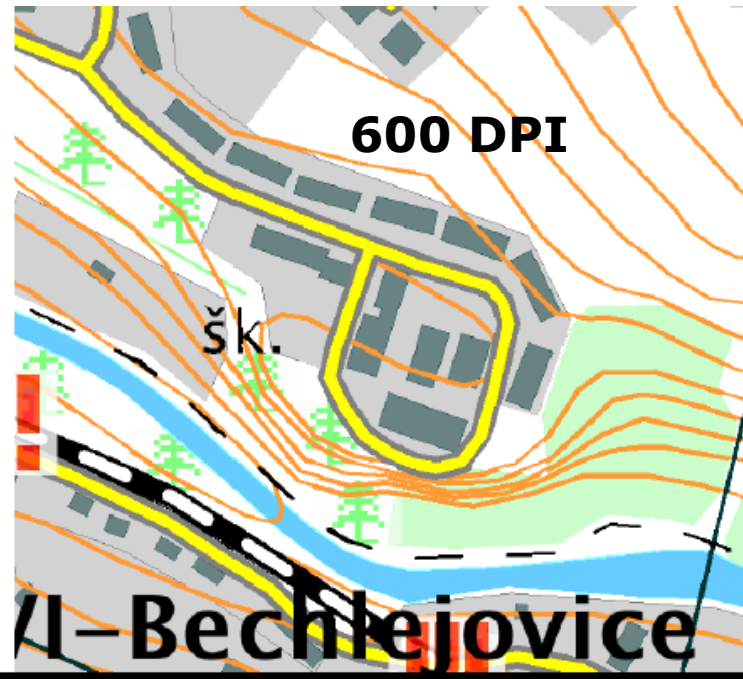
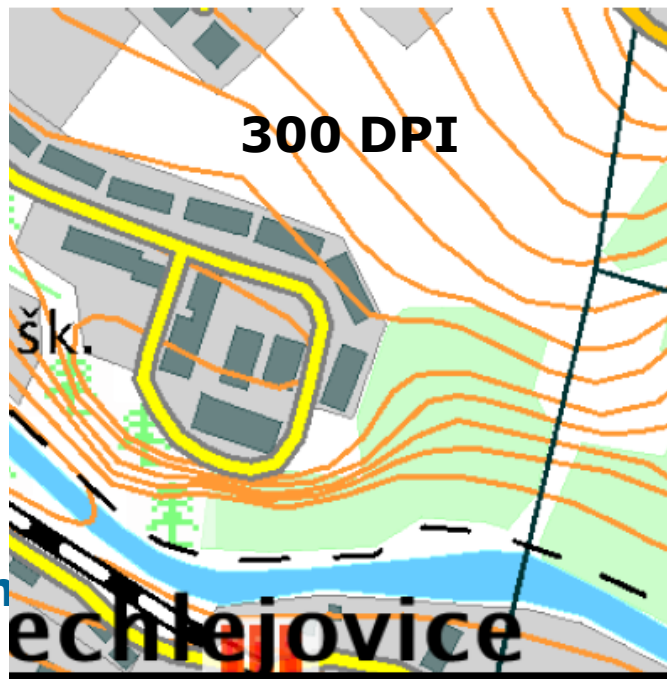




Skenování a vektorizace

- Stále rozšířenějším způsobem převodu dat z analogové do digitální (rastrové) formy.
- zařízeních sloužících k optickému snímání dokumentů.
- Typy skenerů:
 - Bubnové
 - Deskové (stolní)
 - Posuvné velkoformátové
 - 3D

- **Nejdůležitějšími hodnotícími ukazateli jsou:**
 - **optické rozlišení** (body na palec - Dots Per Inch, dpi),
 - **přesnost** - souvisí s tím, jak precizně je vyroben snímací senzor, tj. jak pravidelně jsou na něm umístěny snímací prvky,
 - **barevnost** či šedotónovost.





Vektorizace

- **Automatická** - vše dělá počítač. Je to velice rychlé (co se týče nároků na uživatele), ale je nutné provádět čištění vektorových dat.
- **Polautomatická** - interaktivní metoda, s tím že počítač sám vektorizuje, ale uživatel jej koriguje na sporných místech (ArcScan).
- **Ruční** (on screen digitizing) - interaktivní, kdy uživatel provádí sám vektorizaci na základě rastrového podkladu. Některé systémy umožňují automatizovat alespoň přichycení na rastr (Kokeš, GeoMedia Pro).



Manuální zadávání atributů

- Nejběžnější způsob zadávání atributových dat je manuálně, **pomocí klávesnice**, na což stačí pouze jednoduchý hardware.
- Možné problémy s **integritou** dat – lze kontrolovat.
- Atributy se následně navazují na prostorovou část pomocí **unikátního identifikátoru**, který prostorové prvky již obsahují (vytváří se obvykle již při jejich tvorbě).
- Kontrola **správnosti** zadaných údajů.
 - **Single Key Data Entry** - jeden operátor zadává atributová data a druhý operátor již zadaná data kontroluje (porovnává originál s vytištěnými výpisy, ...).
 - **Double Key Data Entry** - atributová data jsou zadávána dvěma na sobě nezávislými operátory (každý zadává stejná data) a poté se obě varianty v počítači porovnají. Při nalezení rozdílných hodnot se zadaný atribut překontroluje a opraví. Metoda se používá spíše na větší projekty, u kterých velice záleží na správnosti zadaných údajů.



Skenování + rozpoznávání textu

- Další možností je scannování textu obsahující žádané atributy a poté jeho automatizované rozpoznávání pomocí nějakého **OCR** (Optical Character Recognition - nástroje na rozpoznávání písma) software.
- Tato metoda, ačkoli relativně velice rychlá, je stále **úspěšná jen z části** a je možné ji aplikovat většinou pouze na již tištěný text (i z psacího stroje). Po automatickém převodu je navíc nutné vše pečlivě zkontrolovat (podobně jako u manuálního zadání pomocí metody Single Key Data Entry).
- Problémy s diakritikou.
- Další nevýhodou je obvyklá **nutnost ručního navazování atributů** na prostorovou část, podobně jako u ručního zadávání dat.