

Úvod do GIS

Zpracování dat I

Pouze podkladová prezentace k přednáškám, nejedná se o studijní materiál pro samostatné studium.

Karel Jedlička



Zpracování dat

- Geometrické transformace
- Zpracování obrazu
- Převody mezi reprezentacemi
 - Vektorizace
 - Rasterizace
 - Interpolace
 - Tvorba TIN
- ...

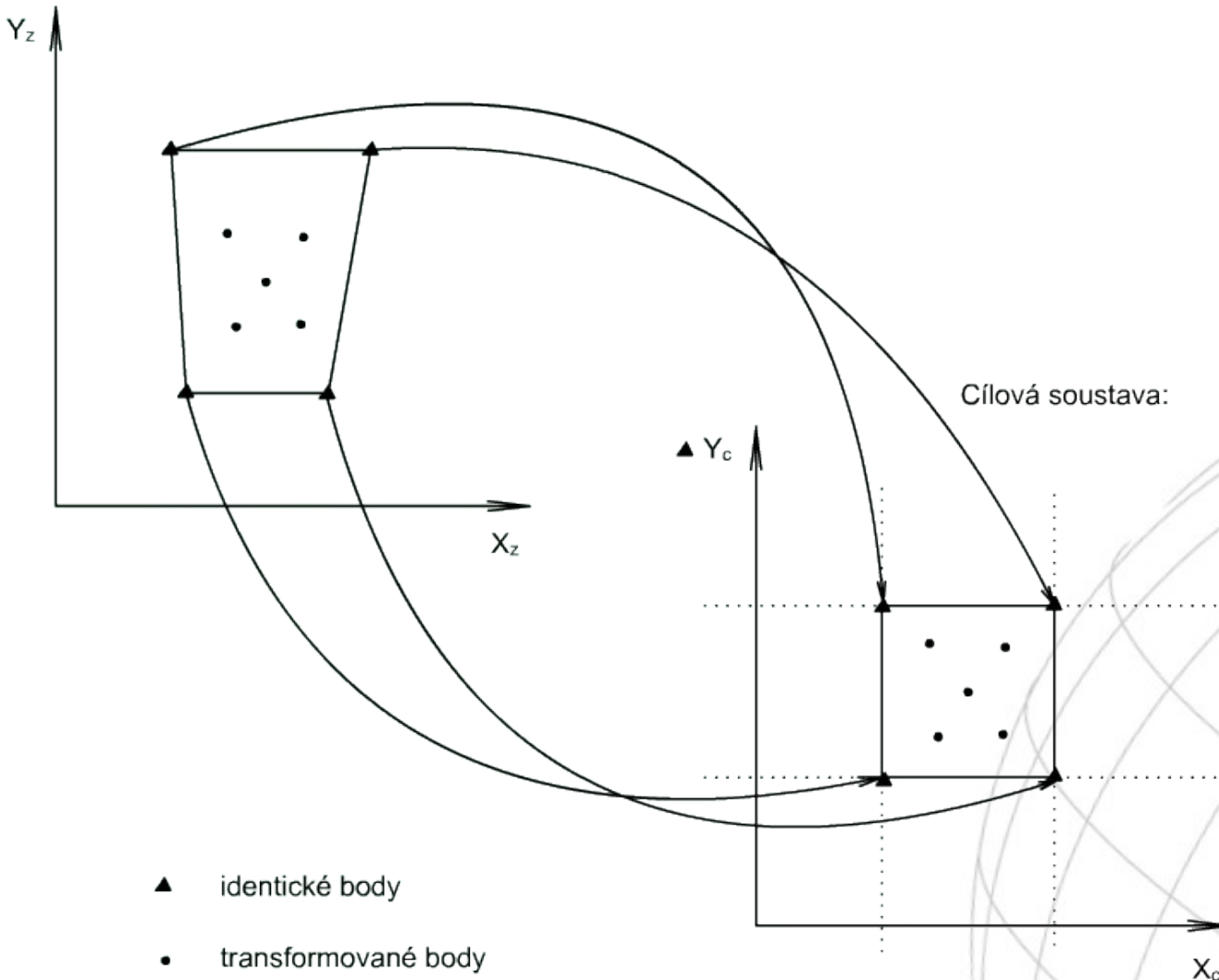


Geometrické transformace

- V GIS se používají 2D i 3D transformace.
- Problematice 3D transformací mezi souřadnicovými systémy se věnuje matematická kartografie.
- My se zde budeme zabývat pouze jednoduchými 2D transformacemi.
- Jedná se v podstatě o stejnou problematiku, jaká byla již zmiňována u digitalizace a u scannování!
- Nyní se na ni podíváme podrobněji.

Geometrické transformace

Zdrojová soustava:



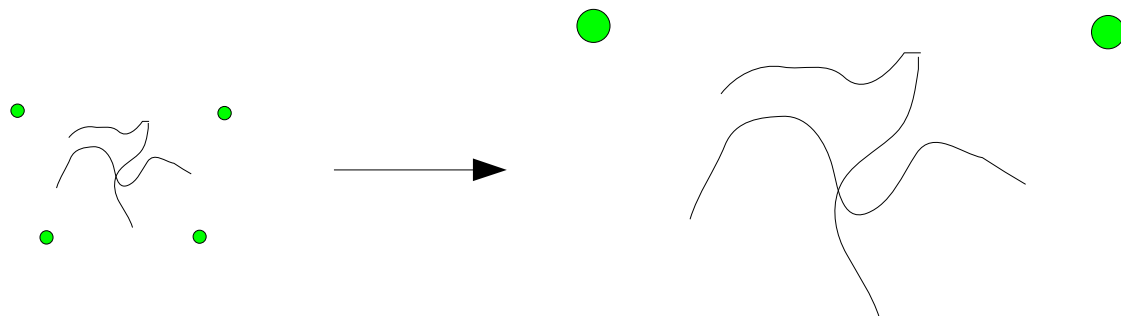
- **Transformace** mezi rovinnými pravoúhlými souřadnicemi jsou založeny na poznání přesné polohy vybraných **identických bodů**.

- ▲ identické body
- transformované body
- transformace

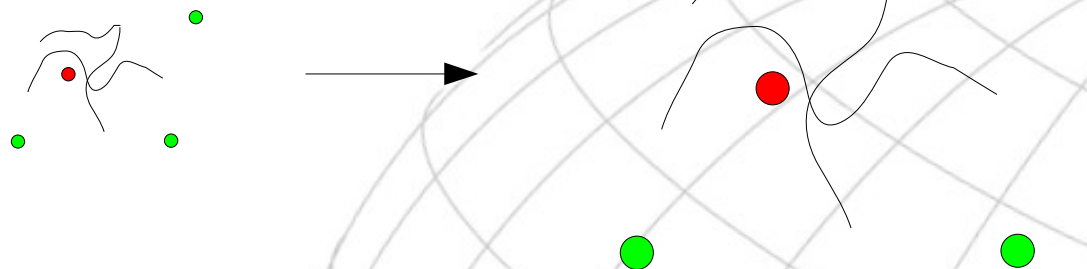
Geometrické transformace

- Volba identických bodů – **připomenutí**

» dobře



» špatně



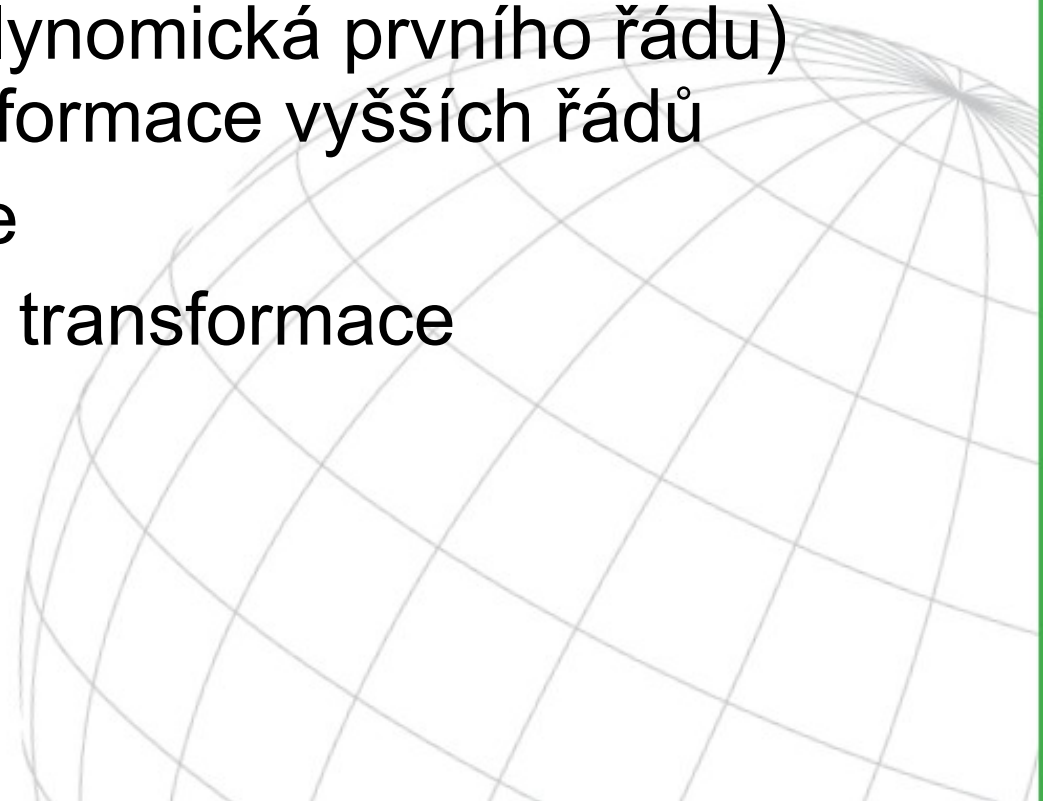
- U výběru dvojic identických bodů je také vhodné mít na paměti, že je nutné je vybírat **co nejbliže okrajům** transformovaného území, aby nebyly způsobeny nežádoucí deformace na okrajích.

Geometrické transformace

- Identické body a transformační koeficienty
 - **Transformační koeficienty** jsou hodnoty, vypočtené z dvojic identických bodů, kterými se vyjadřuje přechod od zdrojové souřadnicové soustavy do cílové.
 - U transformace se ale obvykle **používá více identických bodů, než je nutné** pro výpočet transformačních koeficientů.
 - Hodnoty transformačních koeficientů se pak vypočtou **metodou nejmenších čtverců**, kde se minimalizuje suma rozdílů v poloze mezi souřadnicemi transformovaných bodů.
 - **Transformace** je například posun a změna měřítko.

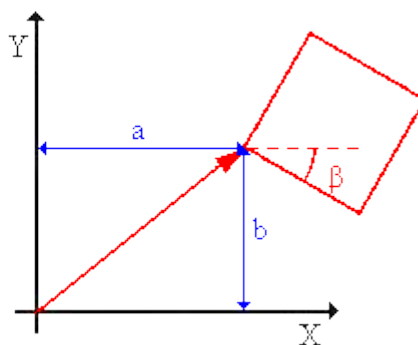
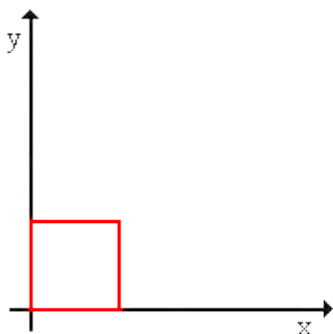
Geometrické transformace

- Transformace souřadnicového systému mezi rovinnými pravoúhlými souřadnicemi
 - **Lineární konformní** transformace (LKT)
 - **Afinní** transformace (polynomická prvního řádu)
... a polynomické transformace vyšších řádů
 - **Projektivní** transformace
 - ... další specializované transformace



Geometrické transformace

- Lineární konformní transformace



$X(X,Y)$ - nové souřadnice
 $x(x,y)$ - staré souřadnice
 B - úhel otočení
 m - změna měřítka
 $p(a,b)$ - posun

Zápis rovnicí

$$X = m \cdot \cos(B) \cdot x - m \cdot \sin(B) \cdot y + a$$

$$Y = m \cdot \sin(B) \cdot x + m \cdot \cos(B) \cdot y + b$$

Zápis maticí

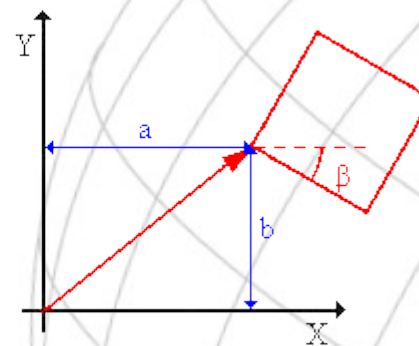
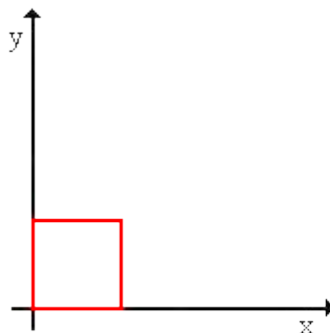
$$X = m \cdot R \cdot x + p = m \cdot \begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \beta \\ \sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

Transformační koeficienty
 (m, B, a, b) lze vypočítat již ze dvou dvojic identických bodů $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2)$ a původní $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$.

Helmertova transformace – speciální případ LKT; $m = 1$

Geometrické transformace

- Lineární konformní transformace
 - Posun
 - Rotace
 - Uniformní změna měřítka (v obou osách stejná)
 - Zachovává tvar objektu!
 - Je potřeba dvou dvojic identických bodů



Geometrické transformace

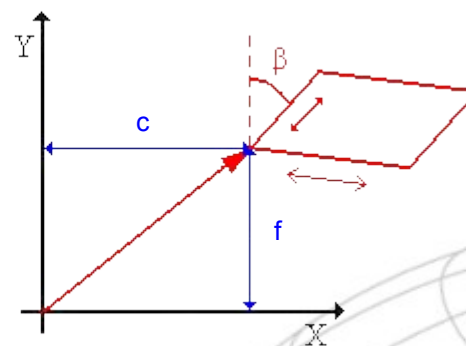
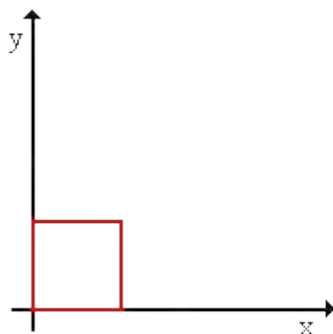
- Affiní transformace

X(X,Y) - nové souřadnice
x(x,y) - staré souřadnice
A - regulární matice
p(c,f) - posun

Zápis rovnicí

$$X = a \cdot x + b \cdot y + c$$

$$Y = d \cdot x + e \cdot y + f$$



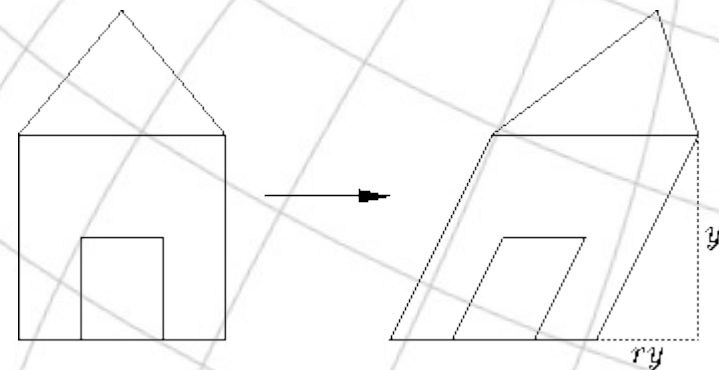
Zápis maticí

$$X = [X, Y, W] = [x, y, w] \begin{pmatrix} a & d & 0 \\ b & e & 0 \\ c & f & 1 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a & c \\ b & d \end{bmatrix}$$

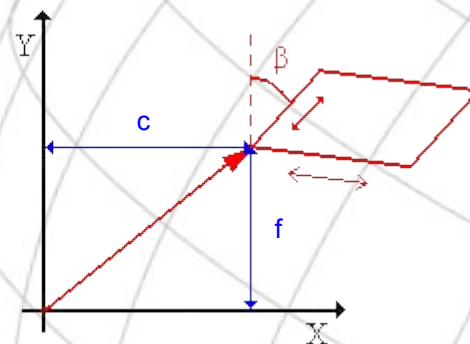
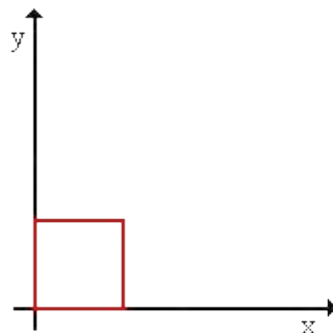
$$p = (c, f)$$

Transformační koeficienty
 (a, b, c, d, e, f) lze spočítat
 ze tří dvojic identických
 bodů.



Geometrické transformace

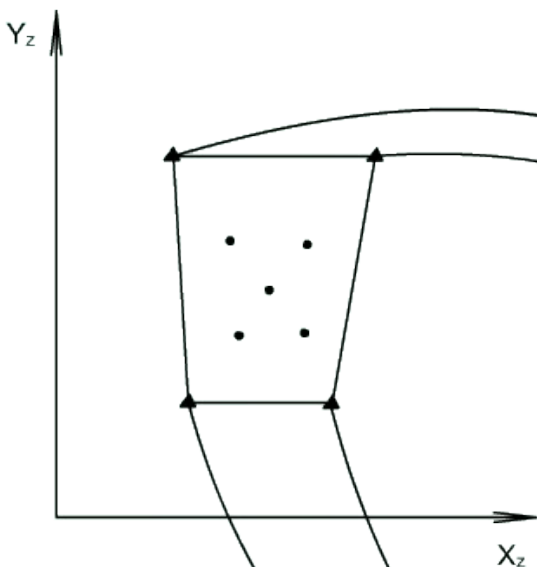
- Afinní transformace
 - Posun
 - Rotace
 - Neuniformní změna měřítka
(v každé ose jinak – zkosení)
 - „Z obdélníka kosodélník“
 - Je potřeba tři dvojic identických bodů



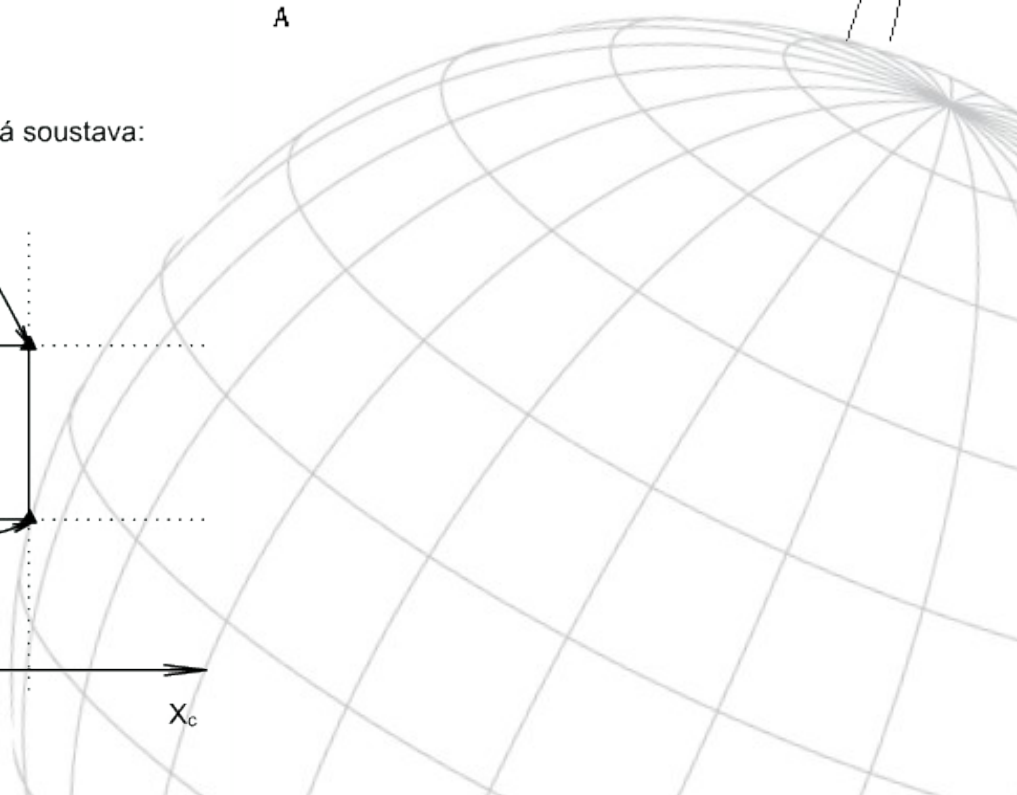
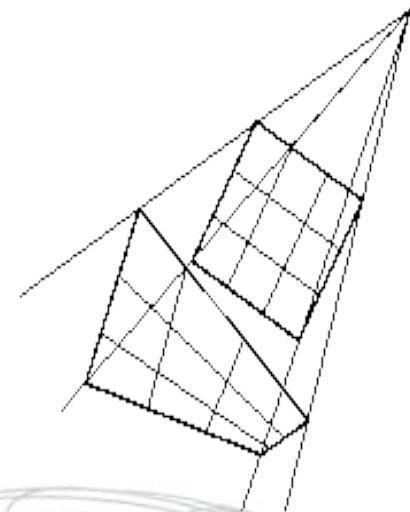
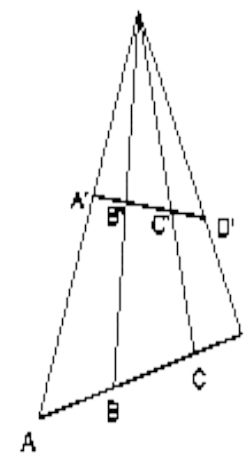
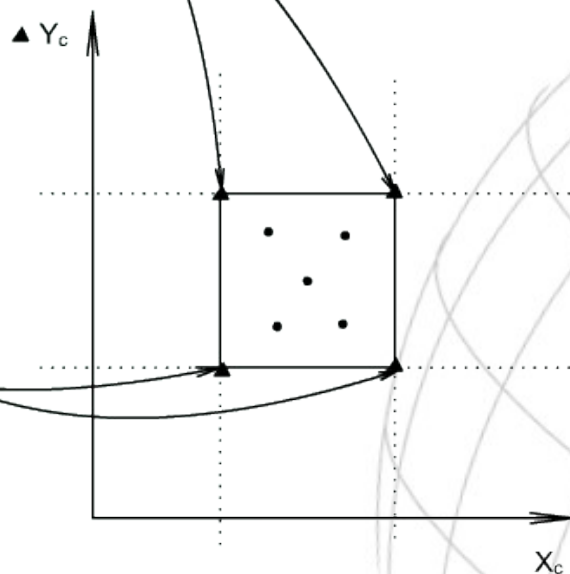
Geometrické transformace

• Projektivní transformace

Zdrojová soustava:



Cílová soustava:



- ▲ identické body
- transformované body
- transformace

Geometrické transformace

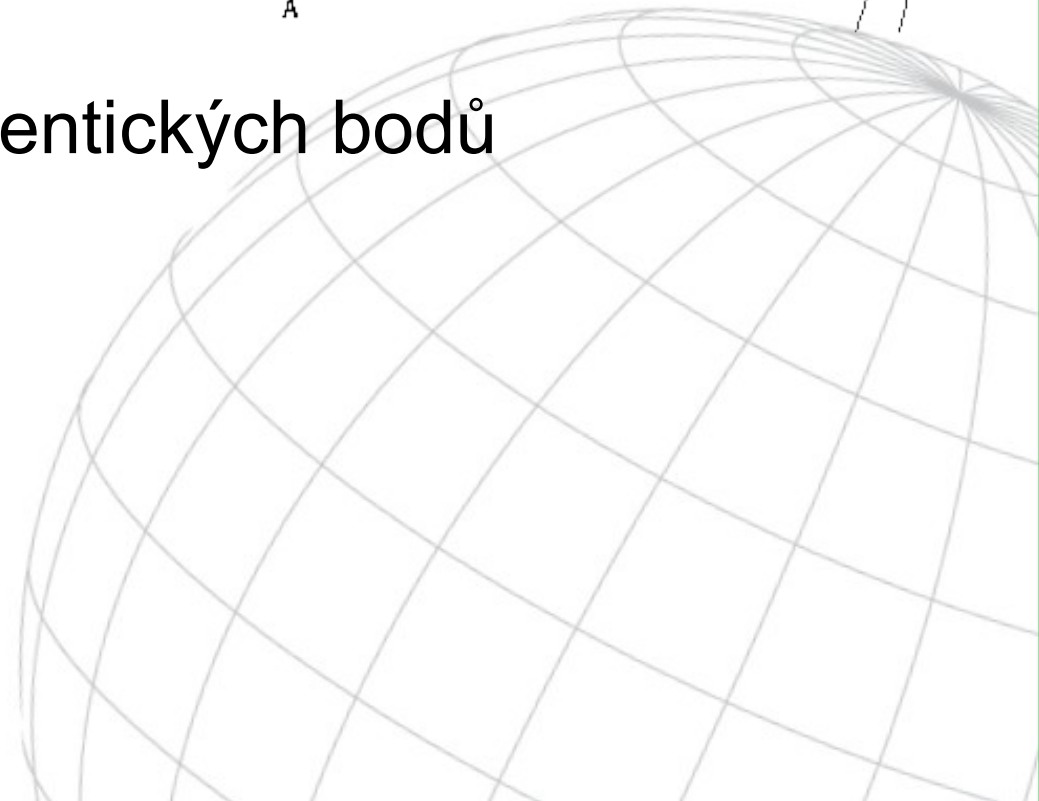
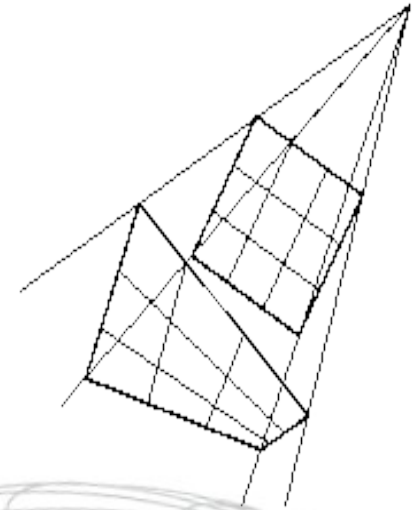
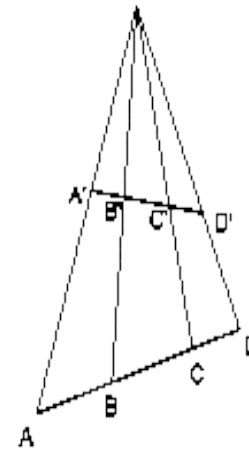
- Projektivní transformace

- Posun

- Rotace

- „Z obdélníka lichoběžník“

- Je potřeba čtyř dvojic identických bodů

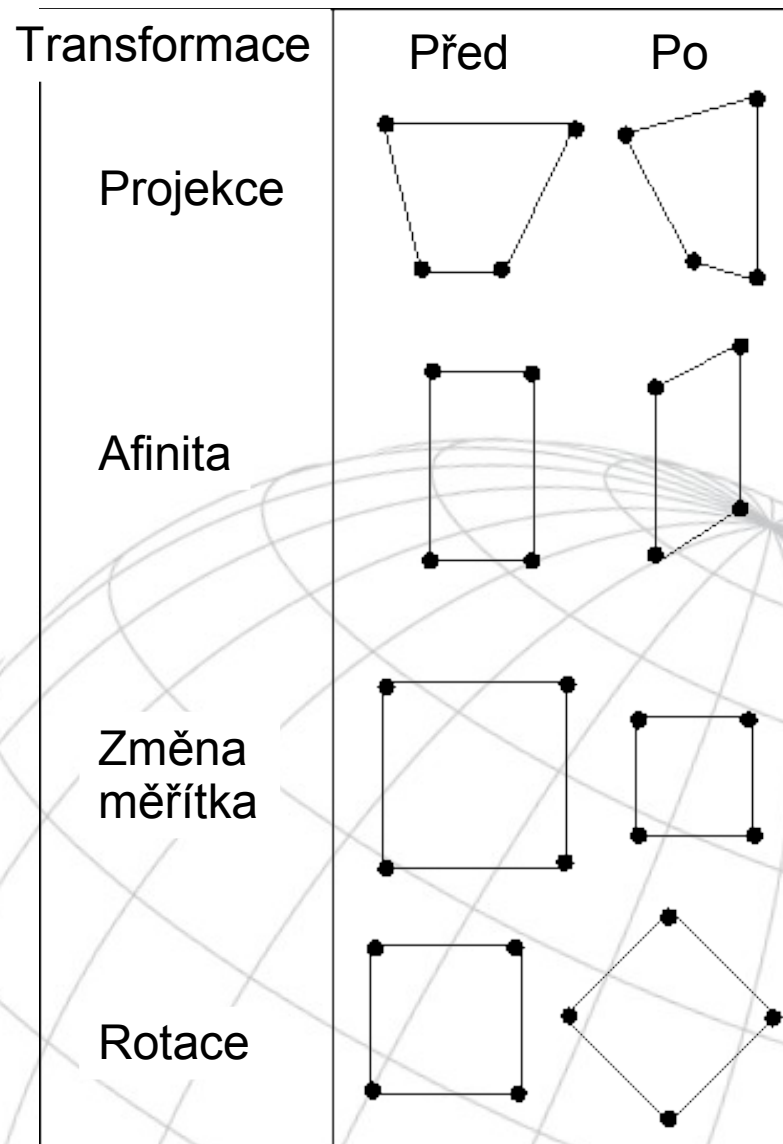


Geometrické transformace

- **Polynomické transformace** druhého a **vyšších řádů**
 - Používají se pro deformace mapového listu, které mají lokální charakter, případně při komplikovanějším průběhu těchto deformací. Prakticky se však používají pouze řády 2 a 3, jelikož vyšší řády nepřinášejí podstatnější zvýšení přesnosti, spíše naopak.
 - Obdélník deformují polynomické transformace vyšších řádů obdobným způsobem, jako afinní transformace. Jeho hranice v cílové soustavě pak tvoří křivky. Zatímco u prvního řádu to byly úsečky, u druhého řádu se jedná o části parabol, ...
- Další specializované transformace .. KMA/TGI

Geometrické transformace

- Projevy transformací



Geometrické transformace

- Geometrické operace (nad vektory)
 - **Interaktivní editace prvků** - obvykle standardní nástroje CAD jako kopírování, posuny, rotace, mazání, spojování a rozpojování segmentů.
 - **Snižování počtu vrcholů**/ředění (Weeding/coordinate thinning,) - nástroj vycházející z generalizace a používaný hlavně po digitalizaci a vektorizaci. Spočívá v odstranění nadbytečného počtu vrcholů z linie.
 - **Zvyšování počtu vrcholů**/zhušťování (Densification) - opak ředění - umělé vkládání dalších bodů na linii. Pouze pro vektorová data.
 - **Proložení bodů křivkou** - použití po digitalizaci a vektorizaci vrstevnic. Proložení křivkou dodá vrstevnicím přirozený vzhled. Na rozdíl od zhušťování nezachovává 100% tvar křivky.

Zpracování obrazu

- U rastrových systémů a u systémů DPZ se pro úpravu rastrů používají nástroje nazývané souhrnně "**Image Processing**". Je to poměrně rozsáhlá problematika (na KIV a KKY se image processing učí celý semestr, částečně je probírán také v předmětu KKY/DPZ).
- Metody zpracování obrazu mají v GIS relativně omezené využití, resp. **používají se ve Fotogrammetrii a DPZ**.
- GIS využívá jejich výsledků.

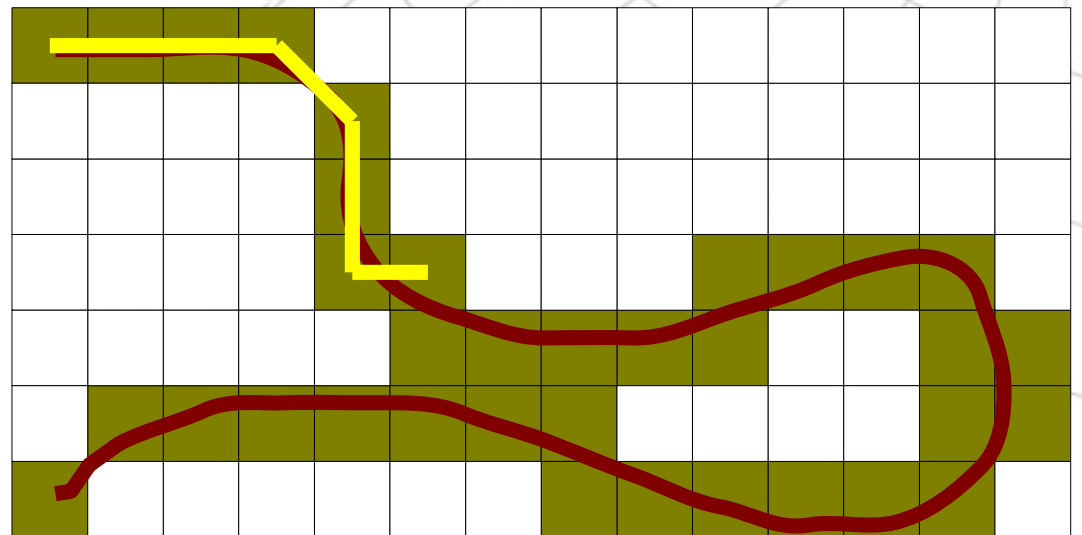
Zpracování obrazu

- Některé z funkcí zpracování obrazu:
 - filtrace (hledání hran, vyhlazování, ostření),
 - úpravy histogramu (roztahování), prahování,
 - změna jasu/kontrastu,
 - odstraňování nečistot,
 - mozaikování,
 - klasifikace
 - převzorkování (nejbližší soused, bilineární, bikubické)



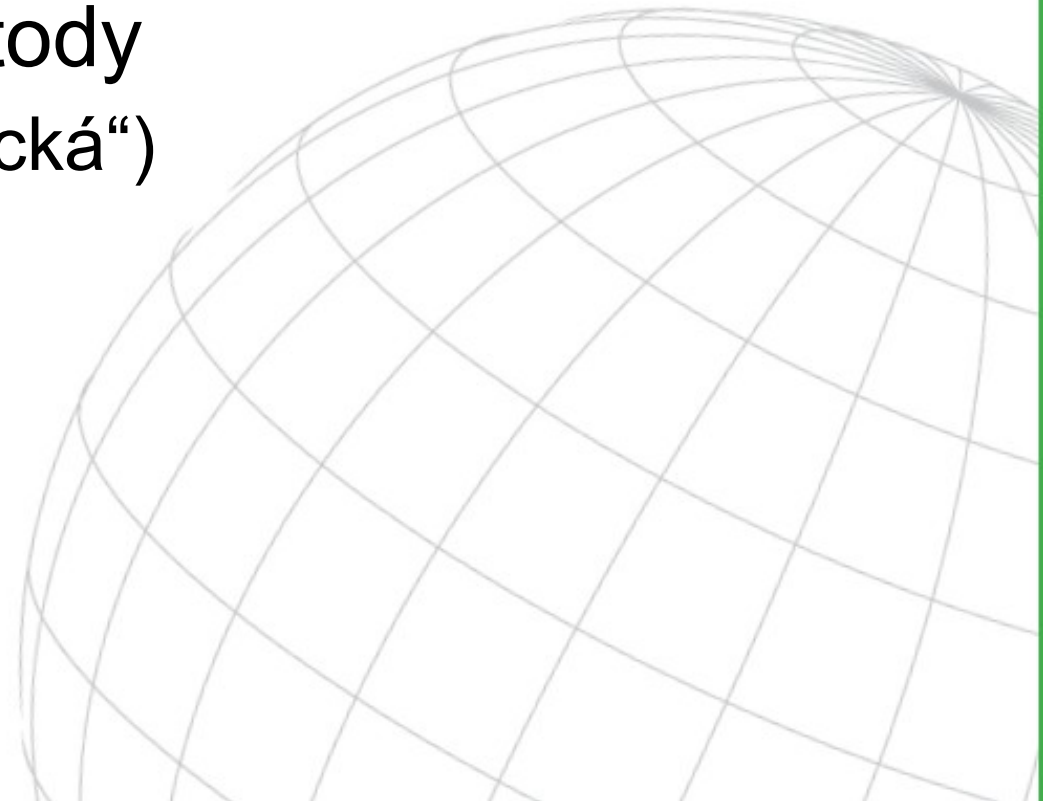
Převody mezi reprezentacemi

- Jelikož pro některé analýzy jsou vhodnější vektorové reprezentace dat a pro jiné zase rastrové, GIS systémy pracující s oběma typy nabízejí nejrůznější nástroje umožňující a usnadňující převod mezi oběma reprezentacemi. Převod z rastrové do vektorové podoby se nazývá **vektORIZACE**, opačný proces z vektorové do rastrové podoby je **rasterizace**.



Vektorizace

- Vektorizace je **převod rastru na vektor**. Jedná se o složitější proces než rasterizace (je nutné rekonstruovat jednotlivé vektorové objekty z jejich spojitě rastrové podoby).
- Existují tři základní metody
 - Ruční (a „čtvrt automatická“)
 - Poloautomatická
 - Automatická



Vektorizace

- **Ruční**
 - Vše dělá operátor (případně za asistence počítače při přichytávání vektorových prvků na existující rastrovou kresbu - tzv. „**čtvrtautomatická**“). Jedná se o nejméně náročný způsob na hardware a software, ale nejdéle trvající (záleží na podkladech). Vhodný pro staré podklady nebo „řídké“ podklady, kde operátor musí velice často rozhodovat, co k čemu patří. Příklad systému - Kokeš, MicroStation I/RAS.

Vektorizace

- **Poloautomatická**
 - Operátor zvolí počátek rastrové linie, systém se pokusí identifikovat rastrový objekt, ukáže operátorovi směr, kterým se vektorizace bude ubírat, a při potvrzení ze strany operátora, se vydá vektorizovat, dokud nenarazí na nějakou překážku (mezera, křižovatka) či sporný bod, kde se zastaví a čeká na operátorovu odezvu (jestli má pokračovat, v jakém směru má pokračovat, ...).
 - Existují dva módy poloautomatické vektorizace, podle způsobu přichytávání:
 - na střed rastru (používaný pro vektorizaci linií),
 - na okraj rastru (používaný pro vektorizaci polygonů).

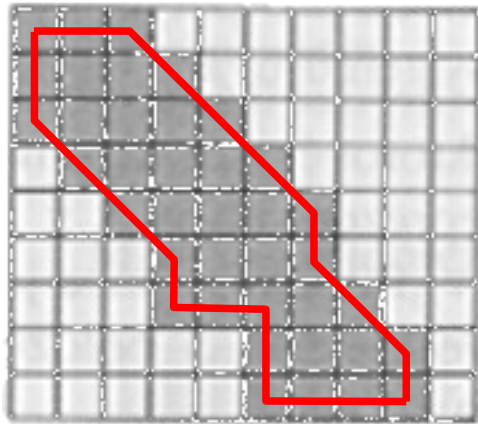
Vektorizace

- Poloautomatická
 - **Přichytávání na okraj** je pro počítač výrazně jednodušší, jelikož vektorizační software pouze hledá hranu v rastrovém obrazu, které se drží.
 - **Přichytávání na střed** je složitější a pro identifikaci středu vektorizovaného objektu se využívá principu nazývaného „**skeletizace**“, který vychází z principů používaných v automatické vektorizaci.

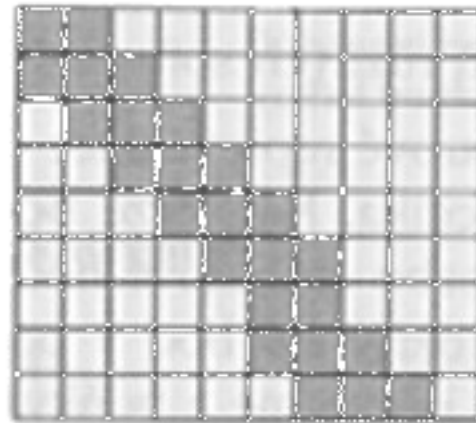
Vektorizace

- Vektorizace linií – skeletizace

1)



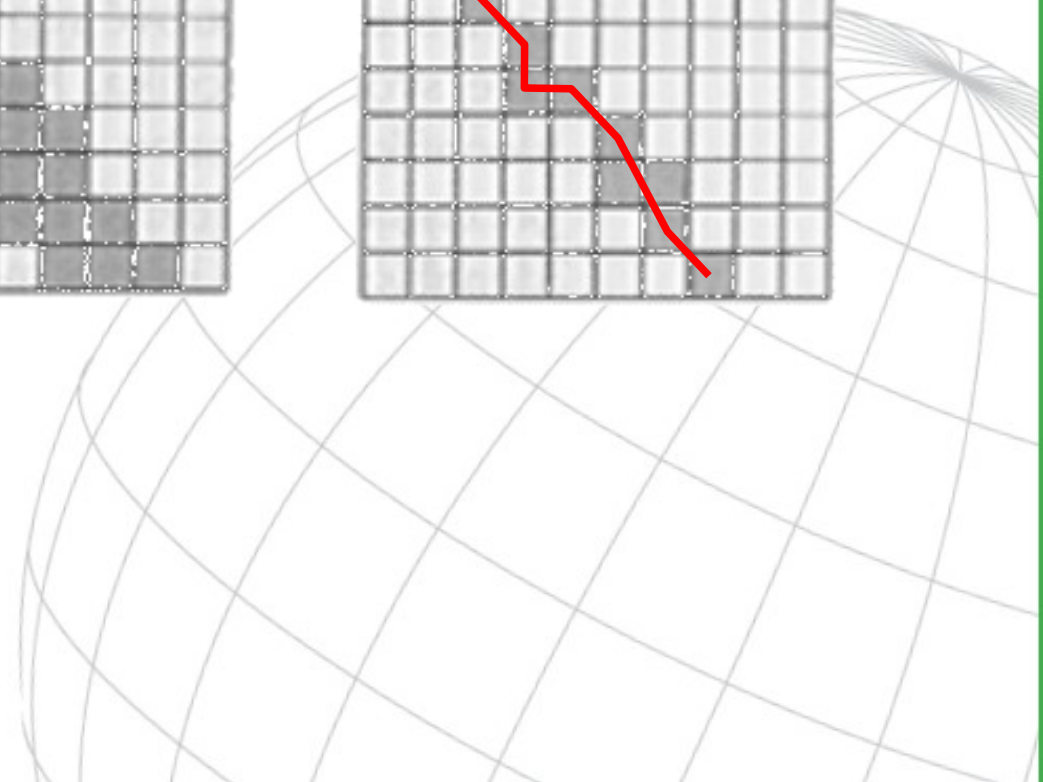
2)



3)



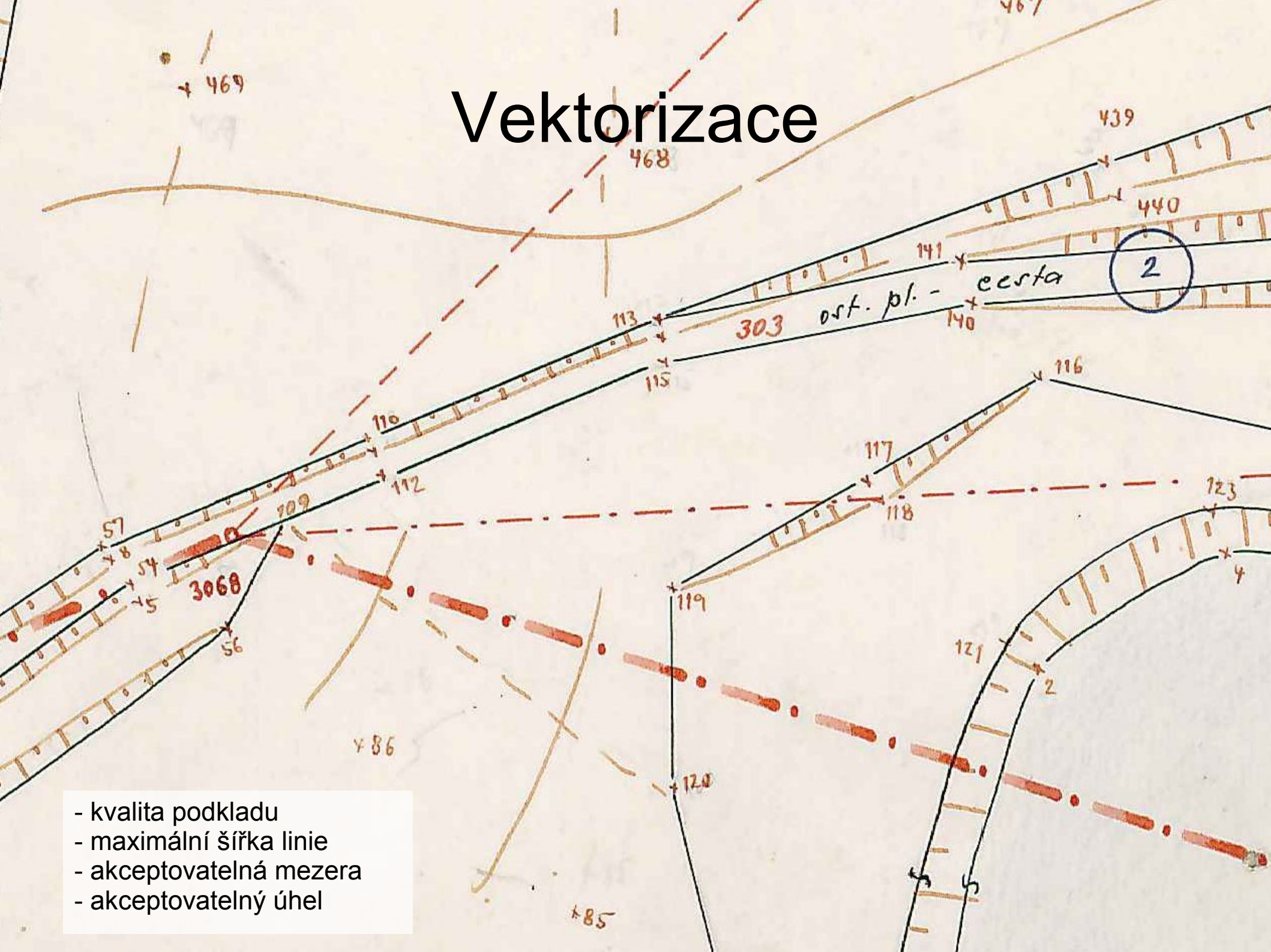
- Vektorizace polygonů



Vektorizace

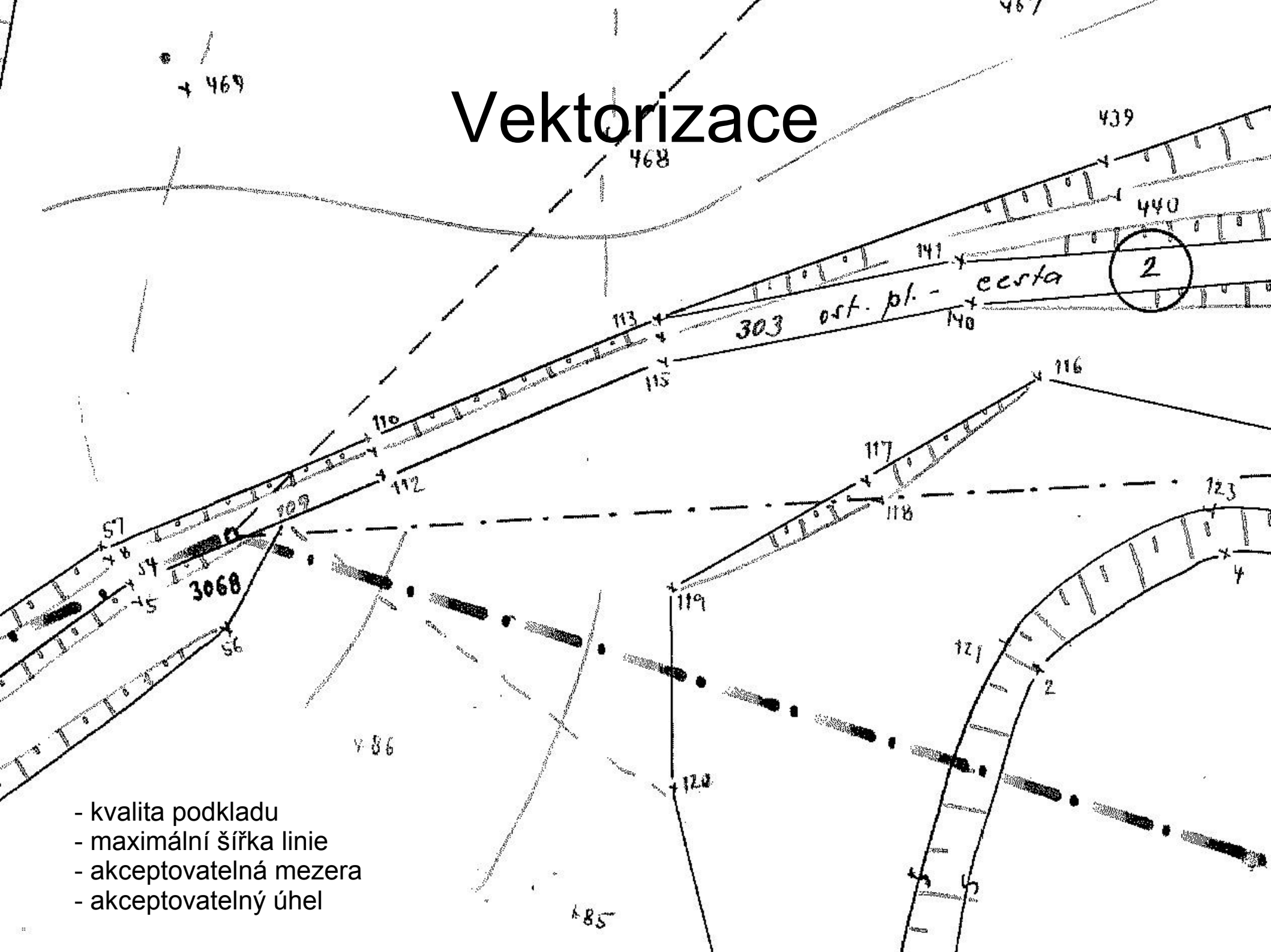
- Poloautomatická
 - Jelikož nascanované mapy jsou různé kvality (spíše horší než lepší), systémy pro poloautomatickou vektorizaci umožňují obvykle **nastavit několik důležitých parametrů** pro zautomatizování činnosti.
 - Mezi tyto parametry patří:
 - kvalita rastrového podkladu (jestli jsou objekty homogenní oblasti či ne),
 - maximální přípustná šířka linie,
 - akceptovatelná mezera v rastrové linii (při digitalizaci čerchovaných a jiných čar),
 - akceptovatelný úhel mezi částmi linie a variabilita (jak reaguje systém na změny šířky pouze v jednom směru).

Vektorizace



- kvalita podkladu
- maximální šířka linie
- akceptovatelná mezera
- akceptovatelný úhel

Vektorizace



- kvalita podkladu
- maximální šířka linie
- akceptovatelná mezera
- akceptovatelný úhel

Vektorizace

- Poznámky

- Schopnosti systémů se liší, ne všechny systémy pro poloautomatickou vektorizaci mají výše uvedené možnosti. Navíc **nastavení parametrů** je vždy třeba provést **empiricky**.
- Písmo na mapách jsou často velmi nestandardními fonty => možnosti **využití OCR jsou omezené** převážněna analogové podklady vytvořené z digitálních dat (tištěné digitální mapy, výkresy).
- Příklad nástrojů pro poloautomatickou vektorizaci: MicroStation Descartes, I/Geovec.

Vektorizace

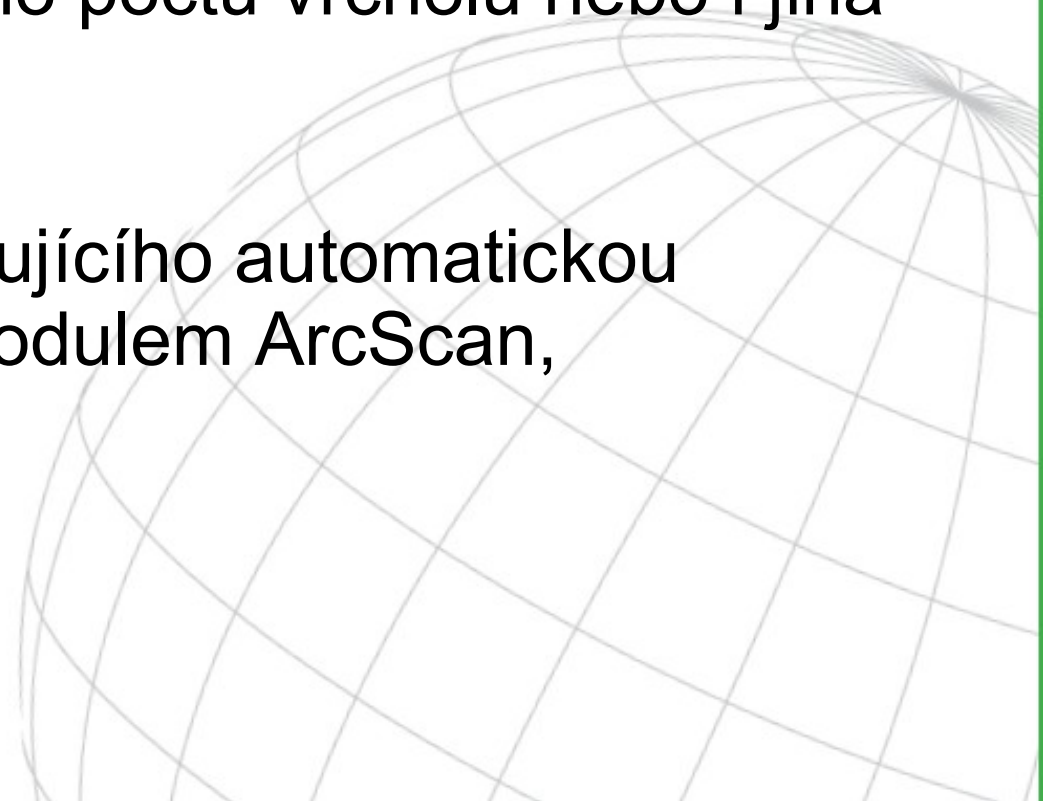
- **Automatická**
 - Při automatické vektorizaci probíhá převod rastr->vektor automatizovaně, **bez aktivní účasti operátora**.
 - Algoritmy automatické vektorizace vycházejí z algoritmů zpracování digitalizovaného obrazu a umělé inteligence.
 - Tuto metodu však většinou **nelze použít pro převod běžných analogových podkladů**, ale pouze pro již tištěné mapy z digitálních podkladů (podobně jako OCR).

Vektorizace

- Princip automatické vektorizace pro jednotlivé typy základních objektů:
 - **Body** - zpracovávající program vyhledá střed buňky reprezentující bod a zjistí jeho souřadnice a zaznamená je spolu s identifikátorem bodu v rastru (obvykle barva, či nějaká skalární hodnota).
 - **Linie** - automatická vektorizace linií funguje na principu hledání kostry (skeletu, odtud skeletizace) objektů, což je metoda velice často používaná pro ztenčování objektů. Po nalezení skeletu jsou pak pouze vyhledány na sebe napojené pixely (v rámci 4 nebo 8 okolí) a ty tvoří požadovanou linii.
 - **Polygony** - podobně jako u poloautomatické vektorizace jsou hledány hrany objektů a ty pak převáděny do linií. Poté se ze všech uzavřených liniiových objektů vytvoří polygony.

Vektorizace

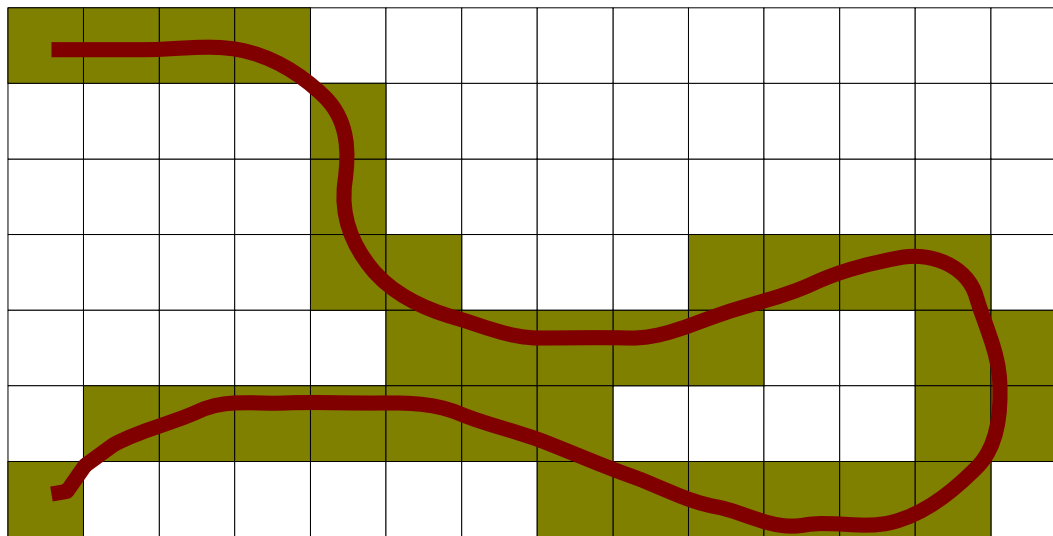
- Následné úpravy
 - Po vlastní vektorizaci často následuje proces, který odstraní nadbytečné informace získané při vlastním procesu vektorizace (nadbytečné body). Může to být odstranění nadbytečného počtu vrcholů nebo i jiná generalizační technika.
 - Příklad software umožňujícího automatickou vektorizaci: ArcGIS s modulem ArcScan, MicroStation Descartes.



Rasterizace

- Princip

- Provádí se jako překryt vektorové vrstvy na rastrovou mřížku (o určené velikosti buňky) a přiřazení hodnoty této buňky z vybraného atributu.

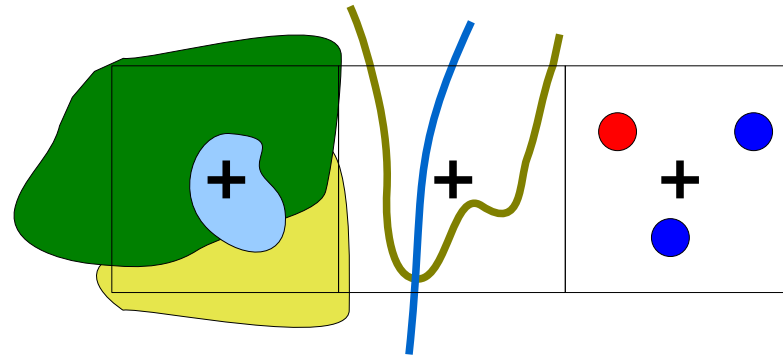


- Při rasterizaci je nejdůležitější určit správnou velikost buňky výsledného rastru (která bude dostatečně velká pro požadované účely, ale přitom nebude příliš velká pro možnosti hardware, které zpracovává rastr).

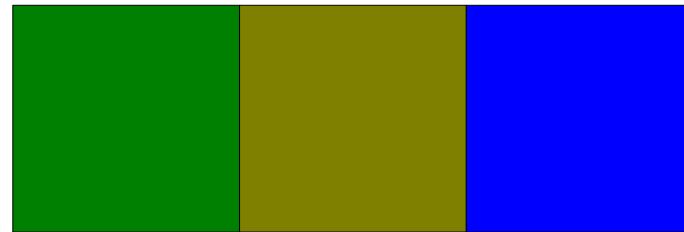
Rasterizace

- Metody řešení konfliktu
 - Problémy však mohou vznikat v případech, kdy 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.
 - **Centroidová metoda**, buňka má přiřazenou hodnotu definovanou polohou jejího středu při průmětu do vektorové reprezentace.

Rasterizace



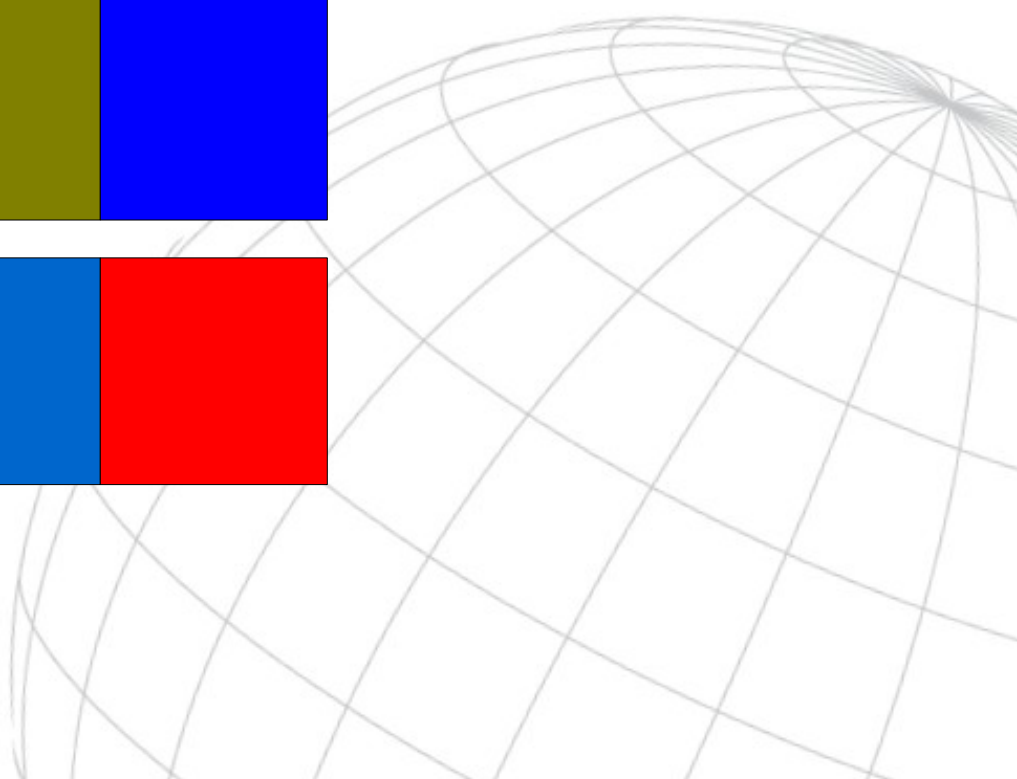
Dominantní typ



Nejdůležitější typ



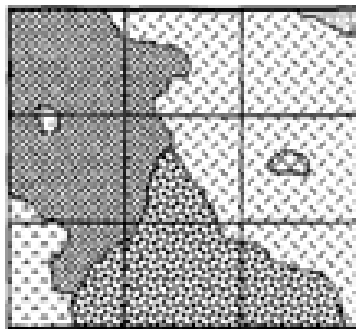
Centroidy



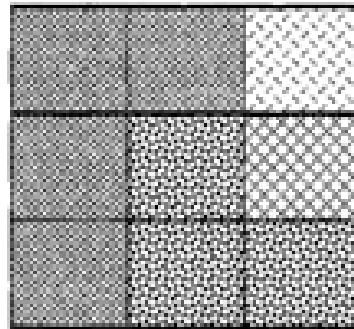
Rasterizace

- Řešení konfliktů pro polygony

Metoda centroidů



Vstupní vrstva vegetační pokrývky

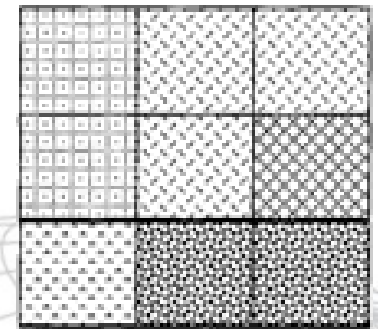


Výstupní rastr (střed buňky)



Metoda nejdůležitější kategorie



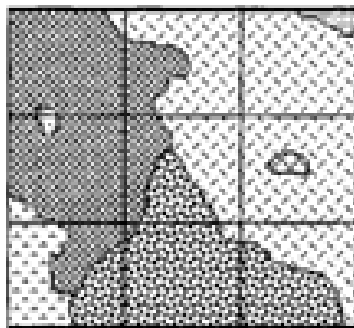
Vstupní vrstva vegetační pokrývky



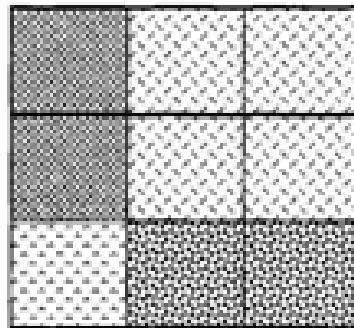
Výstupní rastr (vážené třídy)

-  **Váha nejdůležitější kategorie**
-  **Váha pro druhou nejdůležitější kategorii**
- Kategorie bez přiřazení vah**

Metoda dominantního typu



Vstupní vrstva vegetační pokrývky



Výstupní rastr (střed buňky)