



# Geoinformatika

## VI – Transformace dat

jaro 2014

**Petr Kubíček**

**kubicek@geogr.muni.cz**

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



# Komplexní GIS schéma

## Transformace dat

- modelu
- polohy
- formátu

## Sběr dat

- editace
- import

## Uložení dat

- |             |                              |
|-------------|------------------------------|
| Návrh       | - struktura<br>- datové typy |
| Manipulace  | - dotazování<br>- indexování |
| Dokumentace | - metadata                   |

## Analýza dat

- průzkum
- modelování

## Prezentace dat

### Vizuální

- kartografická
  - statické mapy
  - dynamické mapy
  - uživatelské rozhraní
- nekartografická
  - grafická
  - textová

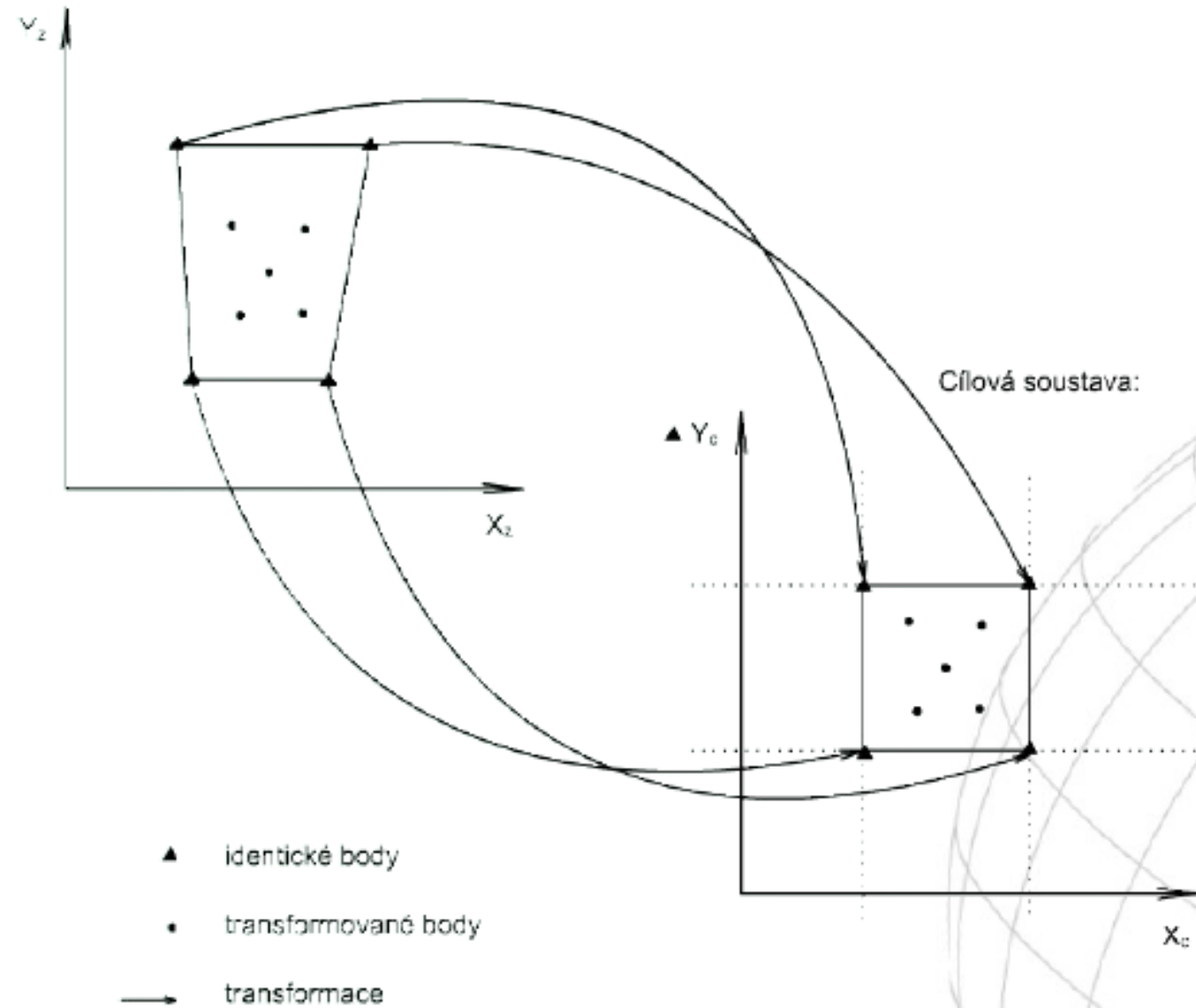
### Nevizuální

- export
- řídicí povely

- **Polohová – geometrická transformace**
  - Lineární
  - Afinní
  - Projektivní
- **Datového modelu**
  - RAVE – rastr to vector
  - VERA – vector to rastr
- **Formátu**

# Geometrické transformace

Zdrojová soustava:



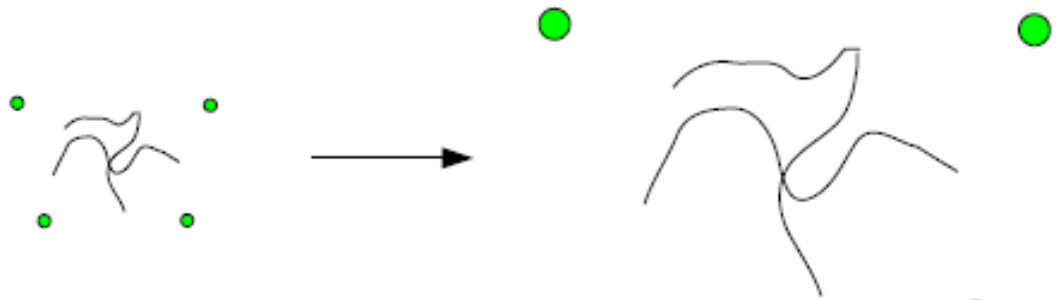
Transformace mezi rovinnými pravoúhlými souřadnicemi jsou založeny na poznání přesné polohy vybraných identických bodů.



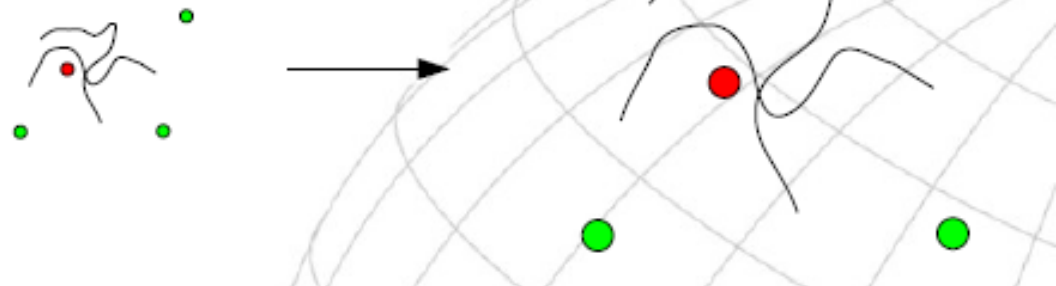
# Geometrické transformace - volba identických bodů

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

» dobře



» špatně





# 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 měřítka**.



# Geometrické transformace – typy transformací

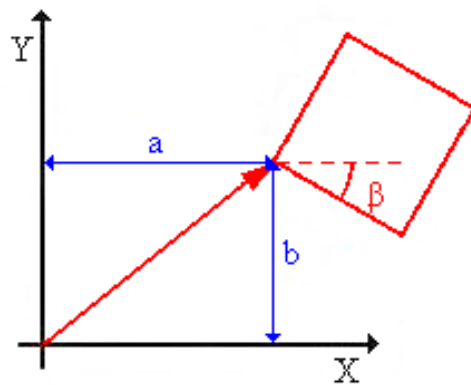
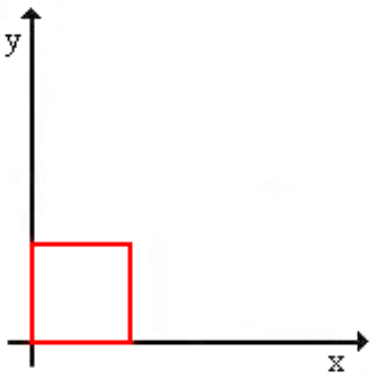
Transformace souřadnicového systému mezi rovinnými pravoúhlými souřadnicemi:

- Lineární konformní transformace (LKT)
- Afinní transformace (polynomická prvního řádu a polynomické transformace vyšších řádů)
- Projektivní transformace



# Lineární konformní transformace

- $X(X,Y)$  - nové souřadnice
- $x(x,y)$  - staré souřadnice
- $B$  - úhel otočení
- $m$  - změna měřítka
- $p(a,b)$  - posun
- **Transformační koeficienty** ( $m, B, a, b$ ) lze vypočítat již ze dvou dvojic identických bodů  $(X_1, Y_1)$ ,  $(X_2, Y_2)$  a původní  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ .



## Zápis rovnicí

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

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

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



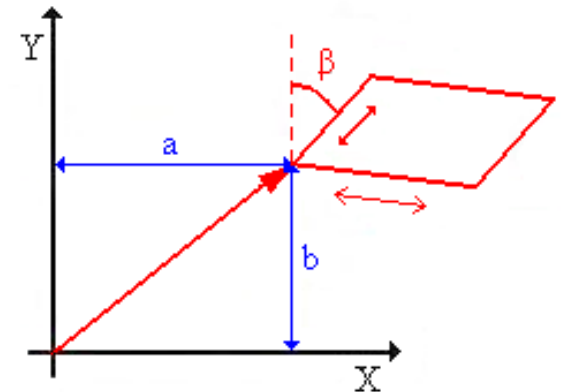
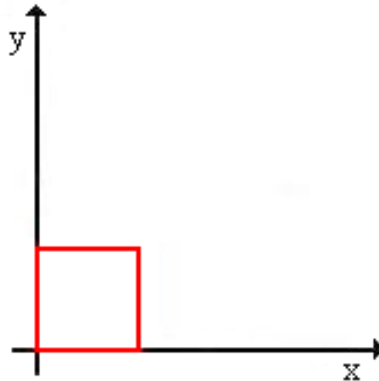


# Lineární konformní transformace

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

# Afinní transformace

- **Jednotlivé souřadnice nejsou na sobě závislé – změna měřítka v různých směrech.**
- **$X(X, Y)$**  - nové souřadnice
- **$x(x, y)$**  - staré souřadnice
- **$A$**  - regulární matice
- $p(c, f)$  – posun
- Transformační koeficienty ( $a, b, c, d, e, f$ ) lze spočítat ze tří dvojic identických bodů.



## Zápis rovnicí

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

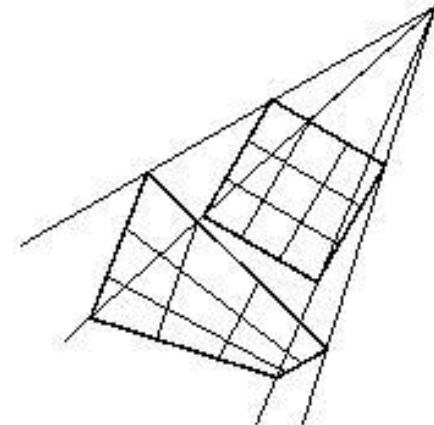
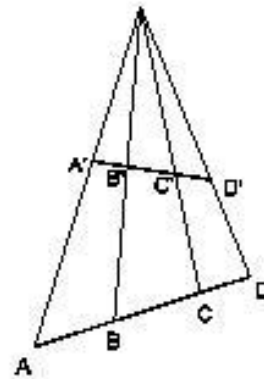
$$Y = d \cdot x + e \cdot y + f$$

# Afinní transformace

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

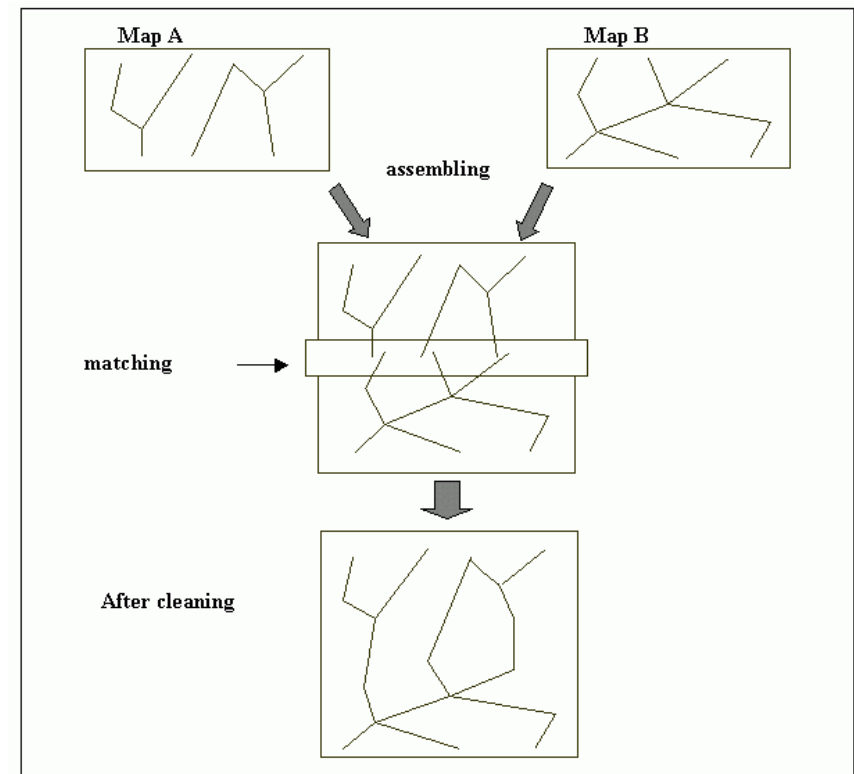
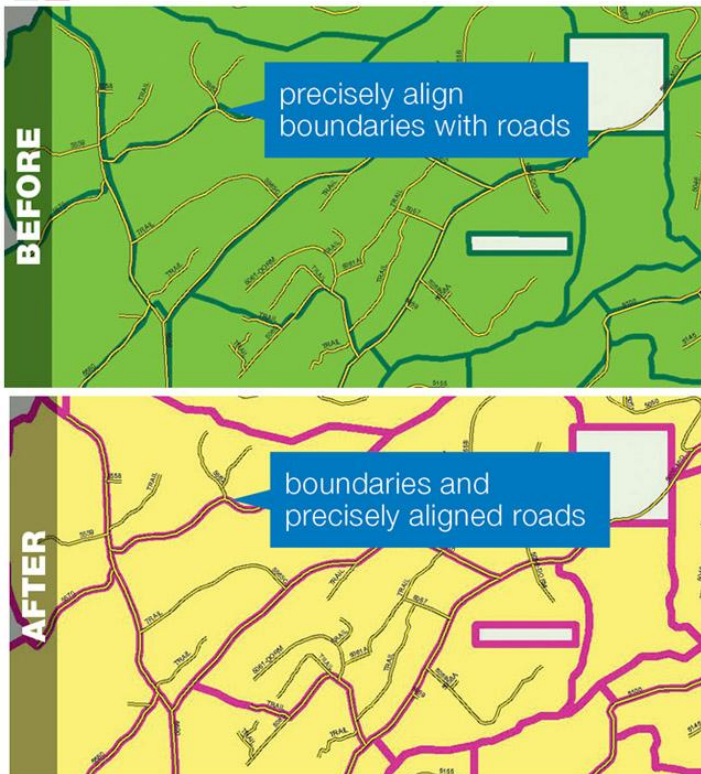
# Projektivní transformace

- Transformace jednoho rovinného prostoru do druhého – vhodné pro data s menšími deformacemi.
- Posun
- Rotace
- „Z obdélníka lichoběžník“
- Je potřeba čtyř dvojic identických bodů

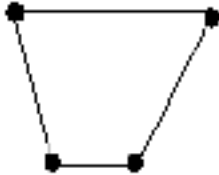
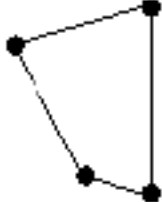



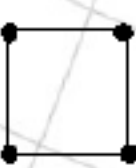

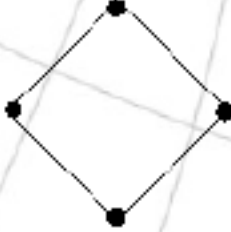


# Dalsí typy geometrických transformací - Rubber sheeting, edge matching

- **Rubber sheeting** - pro zdeformované mapy – lineární transformace po částech.
- **Edge Matching** – sjednocení okrajů mapy. V důsledku dělení plochy na mapové listy, odpovídá rubber sheetingu, ale platí pouze pro okraje mapových listů.



# Projevy geometrických transformací

Transformace	Před	Po
Projekce		
Afinita		
Změna měřítka		
Rotace		



# 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.

# Transformace datového modelu

- 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 (RAVE)**, opačný proces z vektorové do rastrové podoby je **rasterizace (VERA)**.



# Vektorizace

## Ruční

- Vše dělá operátor (případně za asistence počítače při přichytávání vektorových prvků na existující rastrovou kresbu - tzv. „čtvrtaautomatická

## 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).

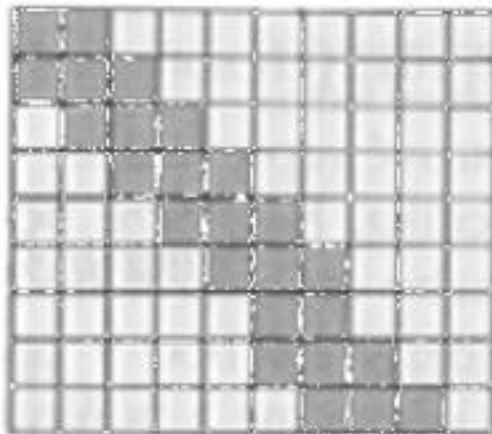
# Poloautomatická

- **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.

1)



2)



3)



# Automatická vektorizace

- 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).



# Automatická vektorizace

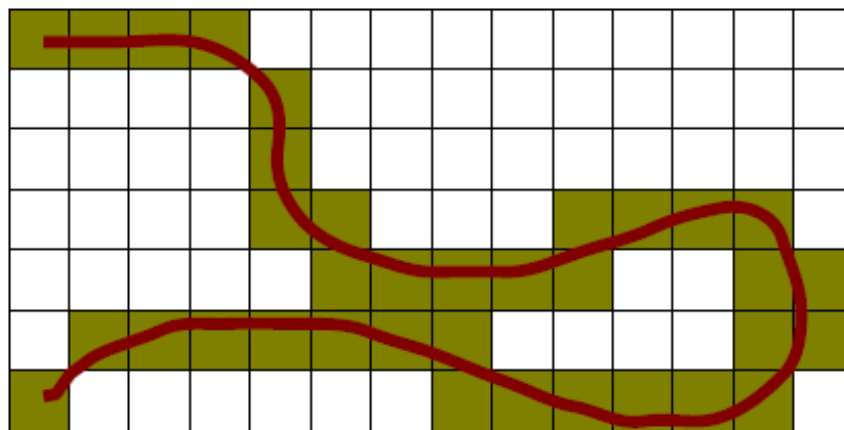
Princip automatické vektorizace pro jednotlivé typy základních objektů:

- **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.

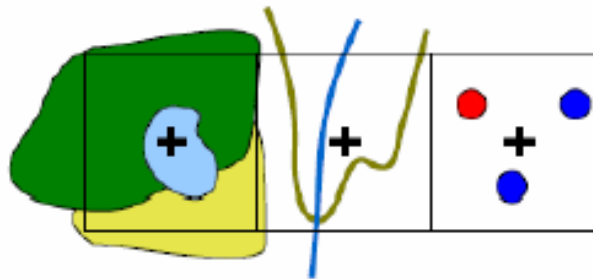
# Rasterizace

## 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).



# Opakování – VERA principy



Dominantní typ



Nejdůležitější typ



Centroidy





# Generalizace

Proč vůbec je generalizace v GIS potřebná:

- **Ekonomické požadavky** - svět nelze nikdy modelovat úplně přesně, vždy je to kompromis přesnost/cena.
- **Požadavky redukce objemu dat**
  - čím více je dat, tím je větší možnost udělat chybu a čím je přesnější (intenzivnější) měření, tím je větší šance ovlivnění dílčích měření individuální chybou.
  - generalizace slouží k odfiltrování těchto chyb a konsolidaci.
- **Víceúčelovost požadavků pro údaje** - z jedné digitální reprezentace dat je nutné vytvářet mapy s různými informacemi i v různých měřítkách, často velice rozdílných.
- **Požadavky zobrazování a komunikace (percepce-vnímání) dat**
  - vychází z kartografických doporučení některých limitů, při jejichž překročení se mapy stávají nečitelnými (př. Max 10 gr. znaků na cm<sup>2</sup>).

# Přehled metod

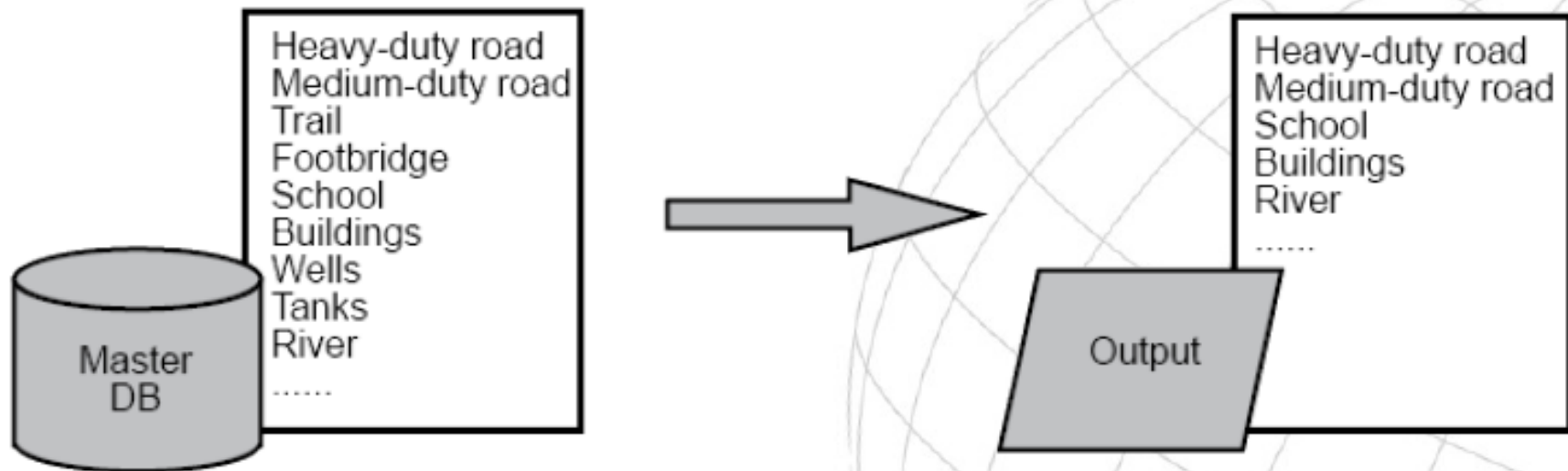
Vybrané generalizační metody užívané v kartografii a GIS

- Selekcce (výběr prvků)
- Eliminace (eliminace prvků)
- Zjednodušení (zjednodušení prvků)
- Agregace (kombinování malých prvků do větších)
- Prostorová redukce (collapse)
- Typifikace (redukce hustoty prvků)
- Exagerace (přehnání, zvýraznění)
- Reklasifikace a spojení (spojení prvků se stejnými vlastnostmi)
- Řešení konfliktů (posunutí méně důležitých prvků)
- Redukce vrcholů (Coordinate Thinning)



- Selekce – výběr tématických vrstev

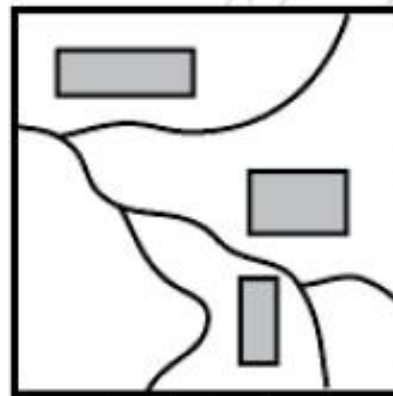
**Preselection**—Selecting certain feature classes from a master database for the inclusion in the final map. What to be selected depends on the target map scale and purpose. The preselected features will participate further generalization operations.



# Eliminace

- Eliminace – odstranění prostorově nedůležitých prvků

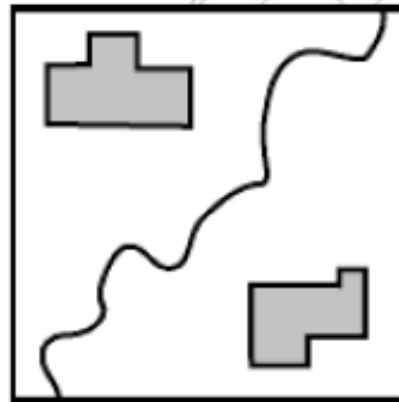
**Elimination**—Selectively eliminating features that are too small, too short, and too insignificant to be presented in the final map; for example, small islands, short roads, little villages, and so on.



# Zjednodušení

- Zjednodušení **tvaru** prvků, např. redukce počtu vrcholů

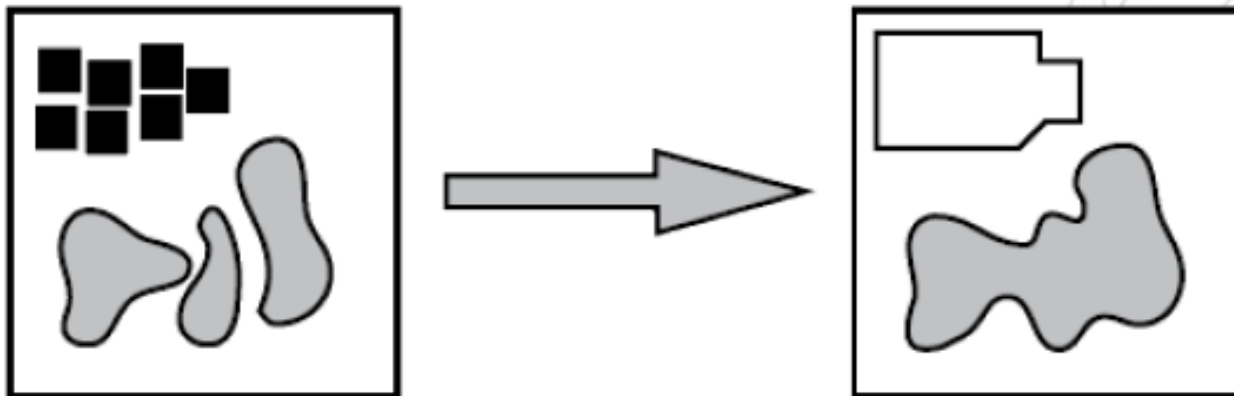
**Simplification**—Removing unnecessary detail, such as extraneous bends and fluctuations, from a line or an area boundary without destroying its essential shape.



# Agregace

- Agregace – kombinování malých prvků do větších

**Aggregation**—Combining features in close proximity or adjacent features into a new area feature; for example, forming a built-up area from a cluster of buildings or joining patches of crop fields into a large agricultural area.

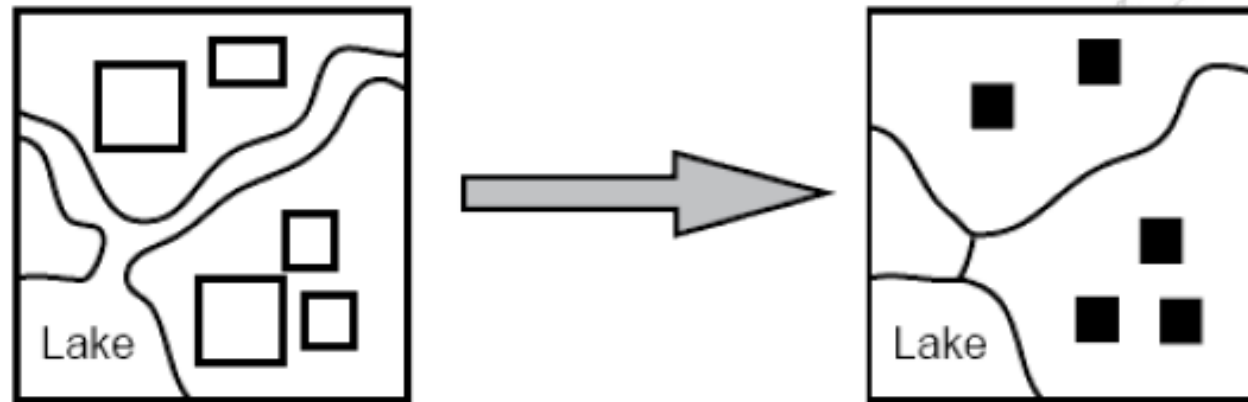




# Prostorová redukce (collapse)

- Prostorová redukce – redukce dimenze prvku nebo jeho prostorového rozměru (například polygon na linii)

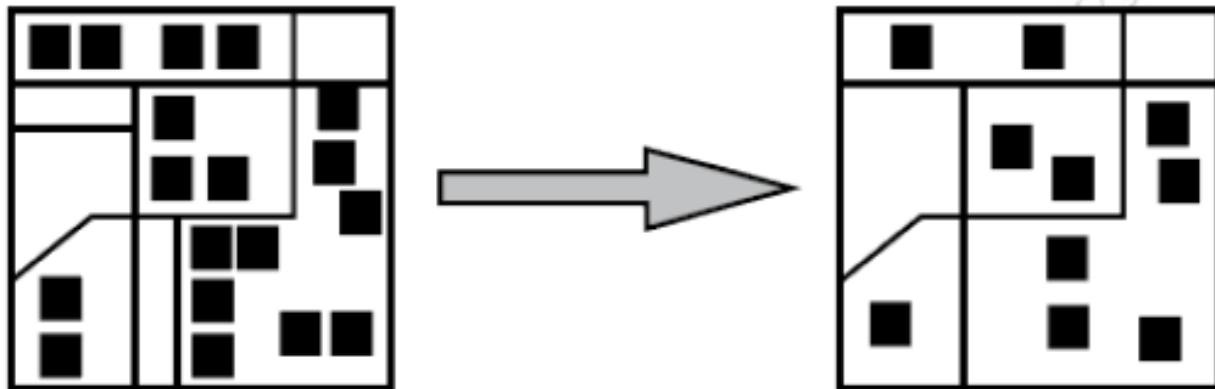
**Collapse**—Reducing a feature dimension or the representation of its spatial extent; for instance, changing an area feature to a linear or point feature, changing a multiple-line feature to a single-line feature, and so on.



# Typifikace

- Typifikace – redukce hustoty prvků a LoD, zachování prostorového vzoru.

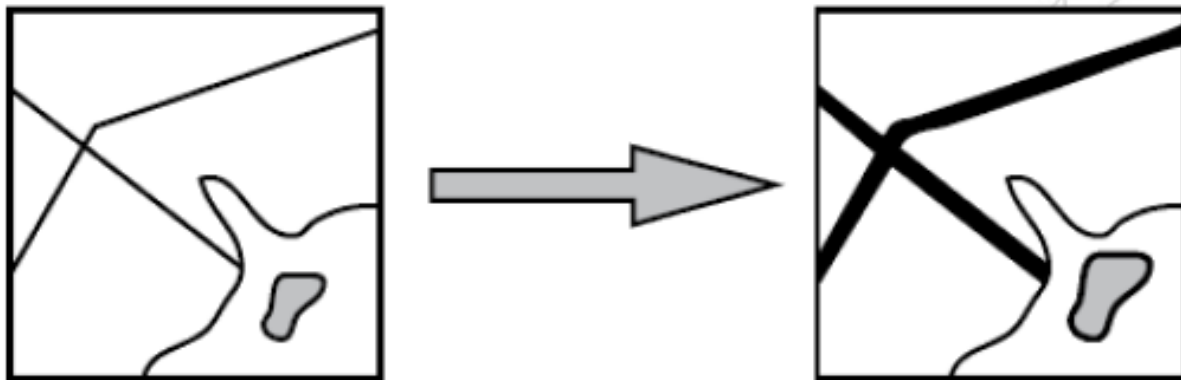
**Typification**—Reducing feature density and the level of detail while maintaining the representative distribution pattern and visual impression of the original feature group; for example, reducing the amount of detail in a drainage network without losing the impression of its structure.



# Zvýraznění

- Zvýraznění – opak prostorové redukce, prostorové zvýraznění (zvětšení) prvku.

**Exaggeration**—Increasing the spatial extent of a feature representation for the purpose of emphasis and legibility; for example, enlarging the size of an island, which is otherwise small enough to be removed, to include it for its significance as a navigational point of reference.

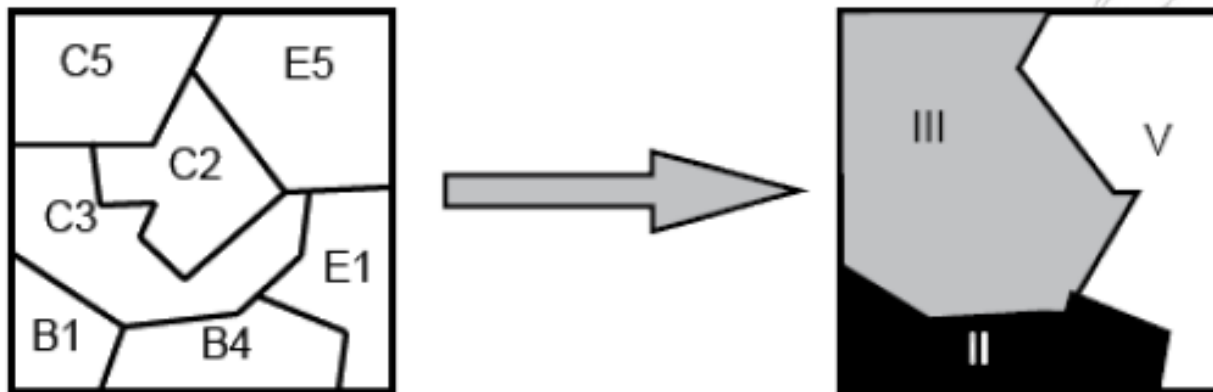




# Reklasifikace a spojení

- Reklasifikace a spojení – spojení prvků se stejnými vlastnostmi do jednoho, například vrstvy listnatých a jehličnatých lesů spojit do vrstvy lesů – při změně měřítka.

**Classification and Symbolization**—Grouping features sharing similar geographic attributes into a new, higher-level feature class and representing it with a new symbol.

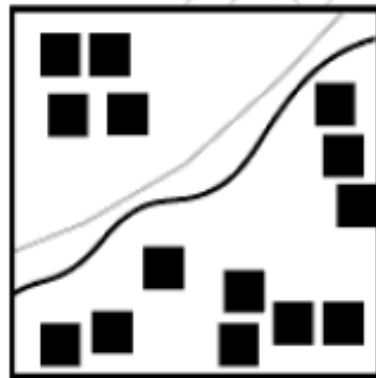
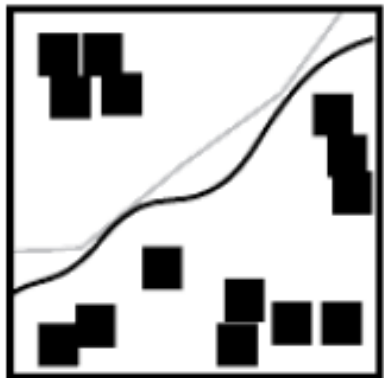




# Řešení konfliktů

- Řešení konfliktů – posunutí některých prvků nacházejících se na jednom místě, **přehlednost mapy je zde kladena nad její absolutní prostorovou správnost.**
- Na původním místě zůstává nejdůležitější prvek (např. silnice na mapě silnic) a posouvají se ostatní (v našem příkladě to může být např. železnice, vodstvo, elektrické vedení,...)

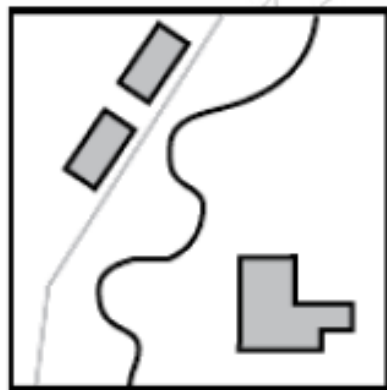
**Conflict Resolution (Displacement)**—Detecting feature conflicts and then repositioning the less important conflicting features or adjusting feature extents to satisfy the threshold of separation and other cartographic specifications.



# Zjemnění

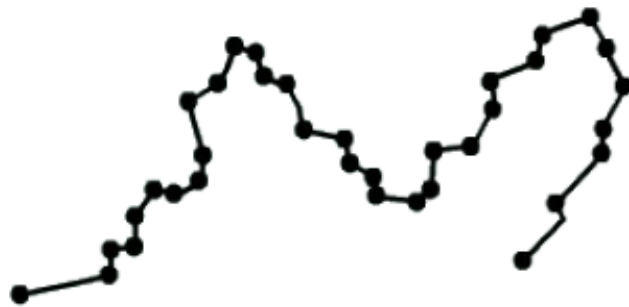
- Zjemnění – úprava vzhledu objektu ke zvýšení **estetičnosti**, například vyhlazení linie řeky.

**Refinement**—Altering and adjusting a feature's geometry or appearance to improve its aesthetic (visual) impression and to ensure its agreement with reality. Some examples are smoothing a line, squaring a corner, changing the orientation and alignment of a point symbol, correcting the intersecting angles of a contour and a river, and so on.



# Redukce vrcholů

- **Redukce vrcholů – coordinate thinnig**



redukce počtu vrcholů v liniovém prvku - obvykle pomocí definování nejkratší vzdálenosti mezi body (funkce by měla vždy vybrat ty nejvýznamnější) - zjednodušování





# Automatizace generalizace

- GIS obsahují jen omezené nástroje pro automatizovanou generalizaci, jelikož se jedná o poměrně složitou problematiku než aby mohla být plně automatizována.
  - Automatizovaně lze provádět pouze **dílčí, specializované kroky** z celého procesu (viz některé výše),
  - Celý proces které musí s ohledem na aplikaci řídit uživatel – **kartograf!**
  - Měřítkové řady a přechody.

# Vliv generalizace na kvalitu údajů

- Snižuje se **polohová** (prostorová) přesnost.
- Při snížení polohové přesnosti se může snížit i **atributová** přesnost!
- např. reklasifikace a spojení.

