

Kartografické generalizační algoritmy

Simplification. Smoothing. Displacement. Partial Modification.
Typification. Collapse. Merge. Dissolve.

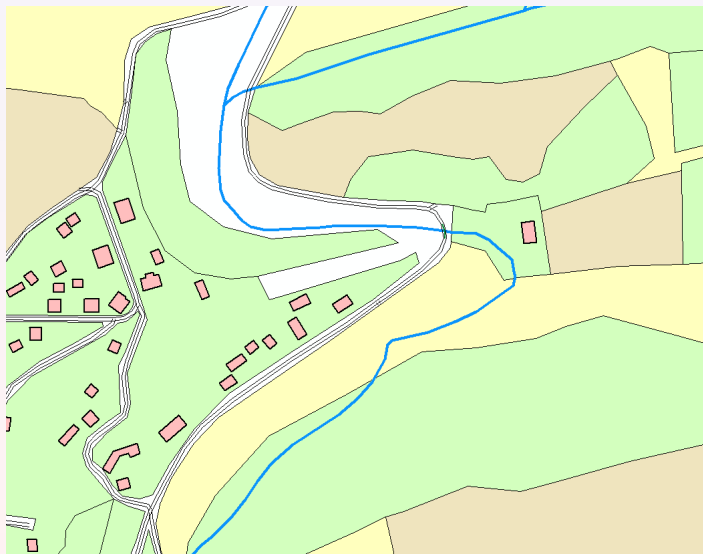
Tomáš Bayer | bayertom@natur.cuni.cz

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie. Přírodovědecká fakulta UK.

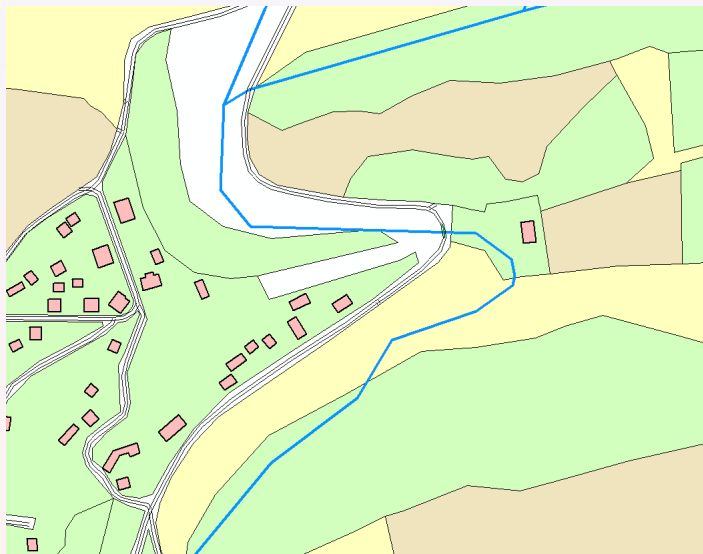
Obsah přednášky

- 1 Ukázka použití
- 2 Kartografická generalizace
- 3 Přehled generalizačních operátorů
- 4 Algoritmy pro generalizaci bodových prvků
- 5 Zjednodušení tvaru liniových prvků
- 6 Zjednodušení tvaru plošných prvků
- 7 Hodnocení efektivity generalizačních algoritmů
- 8 Smoothing
- 9 Displacement
- 10 Partial Modification
- 11 Typification
- 12 Collapse
- 13 Merging
- 14 Dissolve

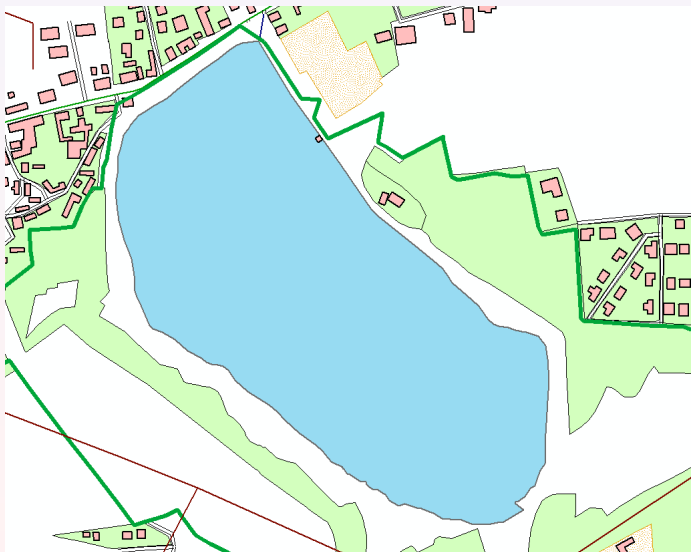
1. Ukázka geometrické generalizace, liniový prvek



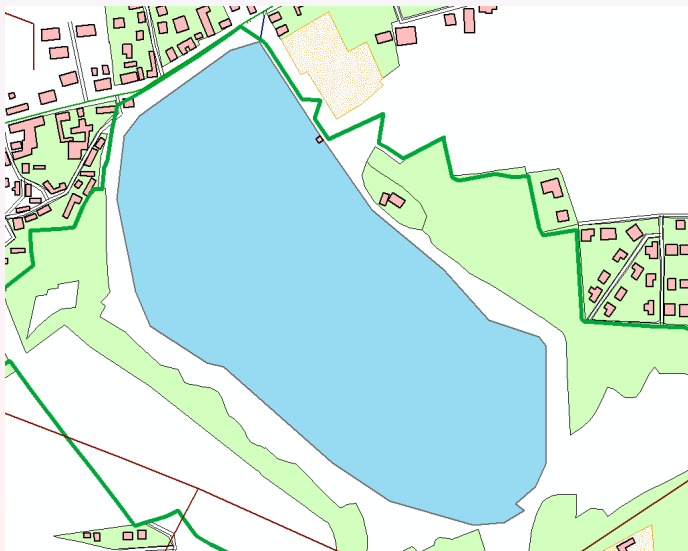
2. Ukázka geometrické generalizace, liniový prvek



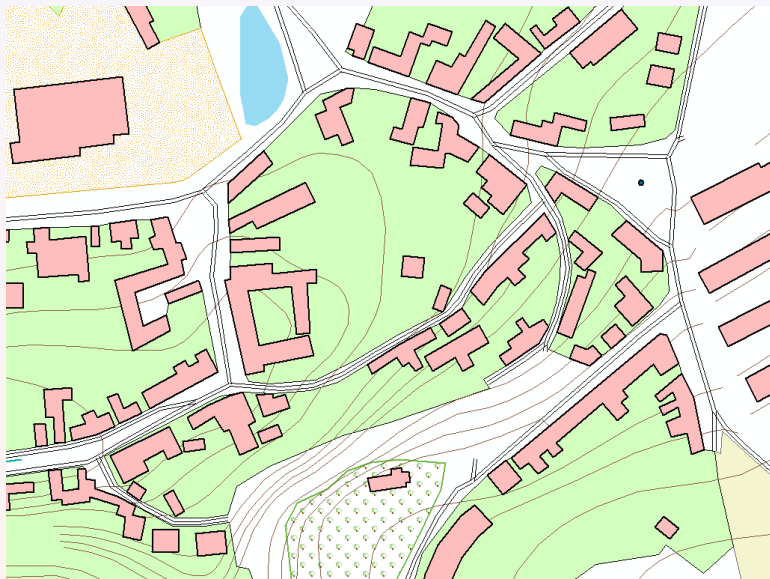
3. Ukázka geometrické generalizace, polygon



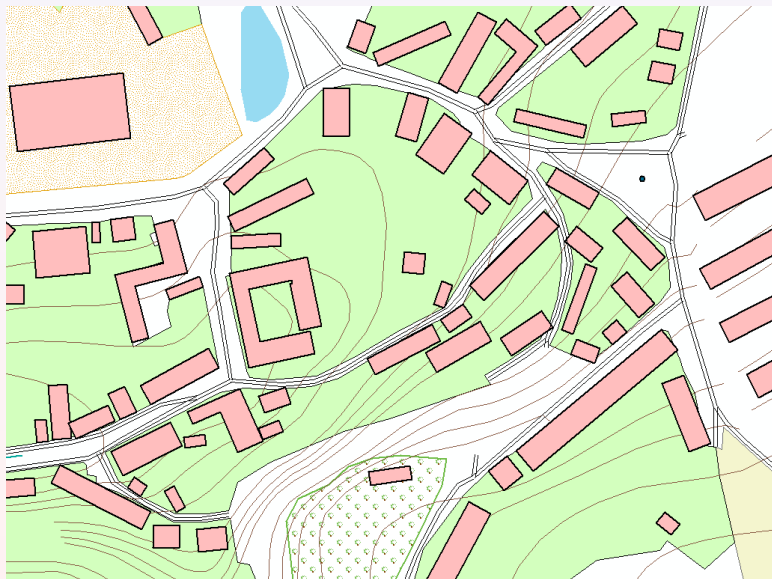
4. Ukázka geometrické generalizace, polygon



5. Generalizace budov, výchozí stav



6. Generalizace budov, výsledek



7. Prostorová data a generalizace

Prostorová data v digitálních mapách nutno kartograficky reprezentovat.
Vhodná volba kartografických vyjadřovacích prostředků.

Multiscale representation:

Prostorová data jsou reprezentována v různých měřítkách.
V každém měřítku nemohou být zobrazeny všechny podrobnosti.

Přechod mezi měřítky (z většího do menšího):

Lze zobrazit pouze podmnožinu původních dat.
Nutno upravit jejich prostorovou reprezentaci + vzájemné vztahy.

Důvody změn prostorové reprezentace dat:

- *hardwarové:*
Minimalizace HW nároků (zoom, animace),
- *kartografické:*
Mapa jakožto věrný obraz terénu napříč měřítky.
Geometrické / tematické transformace.

Dynamické/interaktivní mapy:

Statická + dynamická forma.

Interakce s uživatelem: zoom, rotace, posuny.

8. Prostorová reprezentace dat

Důsledkem změn prostorové reprezentace dat je *kartografická generalizace*.

Změny prostorové reprezentace dat zahrnují:

- *Geometrické transformace*

Cílem úprava geometrických parametrů prvků v datasetu.

Přemístění, zjednodušení tvaru, eliminace, typizace, vyhlazení.

- *Transformace vzájemných vztahů*

Úprava vzájemných prostorových vztahů jednotlivých prvků.

Topologické vztahy, významové vztahy (vzájemná pozice objektů).

- *Tematické transformace*

Změna kartografické reprezentace objektů.

Agregace, regionalizace.

Měřítkově závislá generalizace (Data-dependent):

Odvození parametrů generalizačních operátorů z cílového měřítka mapy.

Odstranění subjektivity generalizačních procesů.

Realizace off-line (předpočítané sady).

Alternativně on-line (zatím moc neumíme).

9. Strategie automatické generalizace

Kartografická generalizace “fuzzy”, nejasná pravidla i hodnocení.

Dvě základní strategie:

- *Rule-based system*

Převod generalizačních pravidel na algoritmy: model.

Pravidla sdružována do vyšších celků.

Hierarchická struktura: generalizační operátory a schémata.

- *Využití AI/ML*

V řadě případů neumíme nalézt dostatečně přesný model.

Známe vstup (původní mapa) a výsledek (generalizovaná mapa).

Lze použít jako trénovací množiny.

AI/ML řeší komplexní kartografické zpracování.

Generalizační schémata:

Generalizační operace aplikovány ve formě generalizačních schémat.

Tvořeny jednotlivými generalizačními operátory v určitém pořadí.

Generalizační operátor:

Realizuje konkrétní kartografickou generalizační operaci.

Důležitá posloupnost jednotlivých operátorů!

Dělení operátorů dle dimenzí generalizovaných prvků.

10. Problémy automatické generalizace

Kartografická generalizace NP problém:

Hledání podmnožin bodů daných vlastností $\Rightarrow$ NP problém.

Neexistuje exaktní řešení, pouze přibližné.

Mnoho různých metod s různou účinností, ale žádná není univerzální.

Univerzalita řešení.

Řešení pouze konečného počtu situací.

Rule-based systém u komplikovanějších situací selhává.

AI/ML doposud v začátcích, chybí dlouhodobá zkušenost.

Neumíme efektivně zobecnit pro různá kartografická díla (transfer learning).

Geometrie vs. kvalita řešení:

Důležité nejen geometrické řešení.

Klíčovou roli hraje jeho kartografická (vizuální) stránka.

Neumíme exaktně hodnotit výsledek (kvantifikace, co je pěkné, kartograficky korektní).

Velký problém digitální kartografie.

Úspěšnost automatizované generalizace:

Umíme řešit zhruba 90% situací.

Řešení zbylých 10% náročné (90% všech nákladů).

11. Přehled základních generalizačních operátorů

Metoda	Překlad	Popis metody
Displacement	Přemístění	Posun blízkých prvků v datasetu.
Elimination	Eliminace	Odstranění malého prvku z datasetu
Aggregation	Agregace	Spojení blízkých prvků oddělených mezerou v jeden.
Merging	Spojení	Přímé spojení dvou sousedících prvků v jeden.
Amalgamation	Sloučení	Spojení blízkých prvků oddělených jiným prvkem v jeden.
Regionalization	Regionalizace	Převod skupiny prvků na plošnou reprezentaci.
Selective Omission	Selektivní vynechání	Výběr významných bodových prvků a jejich ponechání.
Typification	Typizace	Odstranění některých prvků při zachování struktury vzoru.
Simplification	Zjednodušení tvaru	Zjednodušení tvaru prvku se zachováním charakteristiky.
Partial Modification	Částečná změna tvaru	Kombinace Simplification + Displacement.
Smoothing	Vyhlazení	Úprava prvku tak, aby se jevil hladší.

12. GO, bodové prvky

(Zhilin, 2007)

Operation	Large-scale	Photo-reduced	Small-scale
Aggregation			
Regionalization			
Selective omission			
(Structural) Simplification			
Typification			

13. GO, liniové prvky

(Zhilin, 2007)

Operation		Large-scale	Photo-reduced	Small-scale
Displacement				
Elimination				
(Scale-driven) generalisation				
Partial modification				
Point reduction				
Smoothing	Curve fitting			
	Filtering			
Typification				

14. GO, plošné prvky

(Zhilin, 2007)

Operation		Large-scale	Photo-reduced	Small-scale
Collapse	Area-to-point			
	Area-to-line			
	Partial			
Displacement				
Exaggeration	Directional thickening			
	Enlargement			
	Widening			
Elimination				
(Shape) Simplification				
Split				

Operation	Large-scale	Photo-reduced	Small-scale
Aggregation			
Agglomeration			
Amalgamation			
Dissolving			
Merging			
Relocation			
(Structural) Simplification			
Typification			

15. Selective Omission

Generalizační operátor používán pro bodové znaky.

Prvky mají různý význam (prioritu), tzv. Importance I .

Představován kvalitativní/kvantitativní hodnotou jevu (např. počet obyvatel).

V měřítku generalizované mapy nelze zobrazit všechny podrobnosti.

Kartograficky méně významné prvky budou vynechány.

Nutno provádět automatizovaně.

Metody:

- Circle Growth Algorithm.
- Settlement Spacing Ratio.

Problém u významných prvků ležících blízko sebe.

Při automatickém zpracování mohou být některé z nich vynechány.

16. Circle Growth Algorithm

Využívá buffer kolem bodového prvku.

Poloměr bufferu volen přímo úměrně významu prvku

$$r_i = C \cdot l_i.$$

Princip algoritmu:

Prvky zpracovávány dle hodnoty r_i (od nejvýznamnějších).

Pokud uvnitř bufferu prvku s vyšší prioritou prvek s nižší prioritou, prvek s nižší prioritou odstraněn.

V dalším kroku inkrementace šířky bufferu přičtením konstanty.

Aditivní nebo multiplikativní konstanta

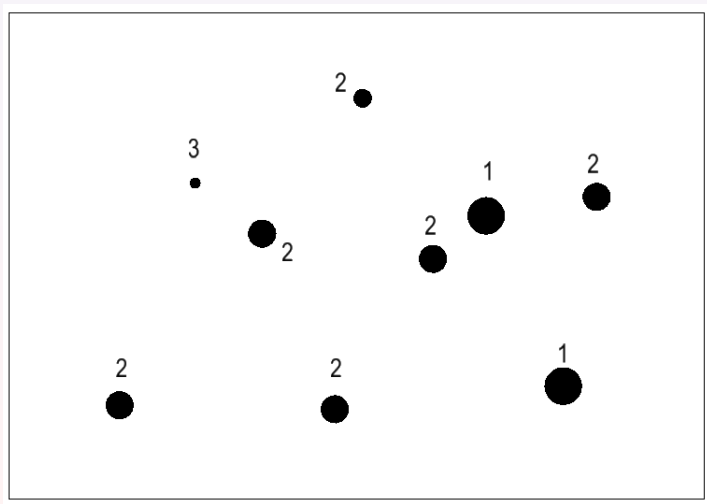
$$r_i = k \cdot C \cdot l_i, \quad r_i = C \cdot l_i + k.$$

Opakuje se, pokud existuje alespoň jeden prvek, který může být vyřazen.

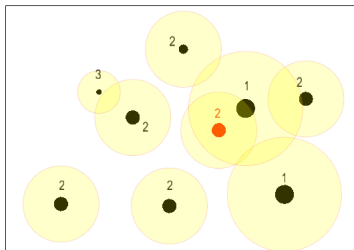
Implementace prioritní frontou, body ve frontě dle r_i .

Nevhodná volba volba k způsobí nadměrnou generalizaci.

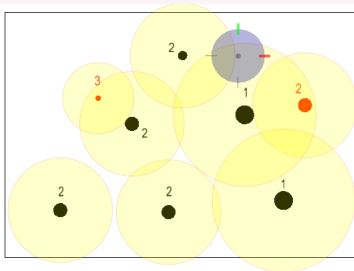
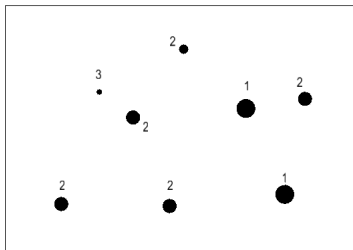
17. Ukázka Circle Growth Algorithm: vstupní data



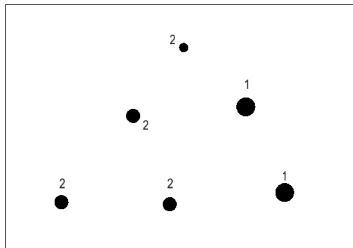
18. Ukázka Circle Growth Algorithm



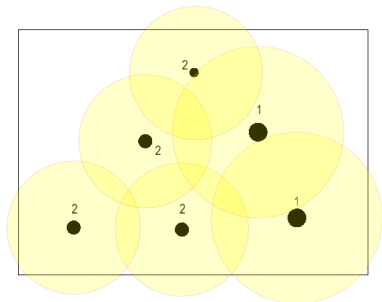
1. iterace



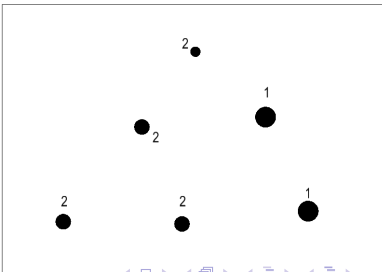
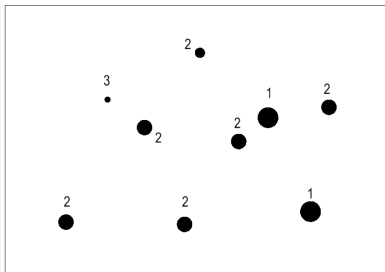
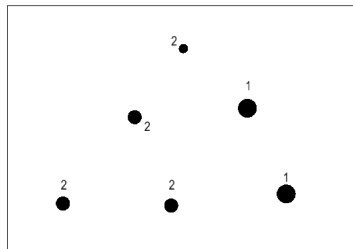
2. iterace



19. Ukázka Circle Growth Algorithm



3. iterace



20. Regionalizace

Na vstupu množina n bodových prvků,

Výstupem k disjunktních nekonvexních polygonů.

Dochází ke změně prostorové dimenze prvků: $0D \Rightarrow 2D$.

Vstupní parametry:

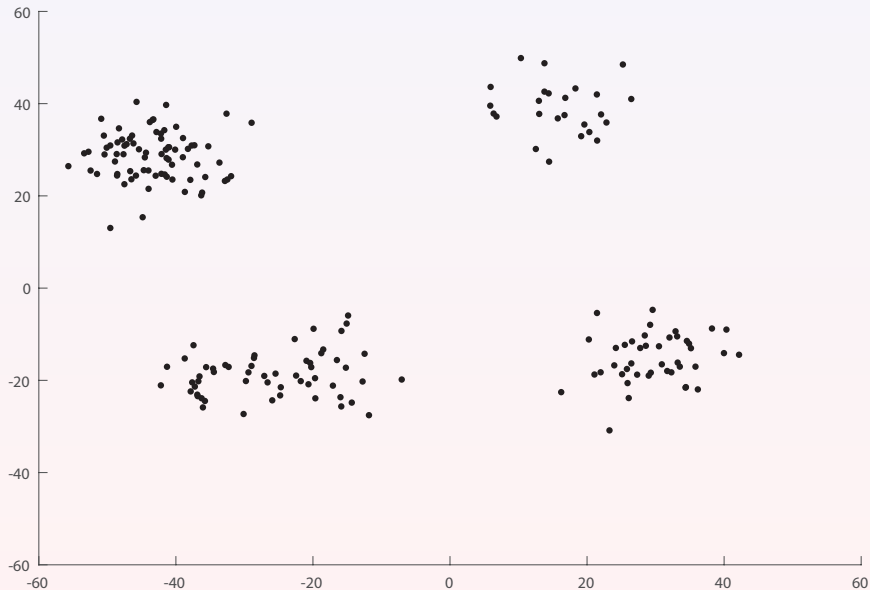
- váha bodových prvků,
- prostorové rozložení bodů v datasetu,
- počet přirozených sousedů,
- počet výstupních polygonů,
- typ výstupních polygonů.

Nejčastěji používány α -shapes (nekonvexní polygony).

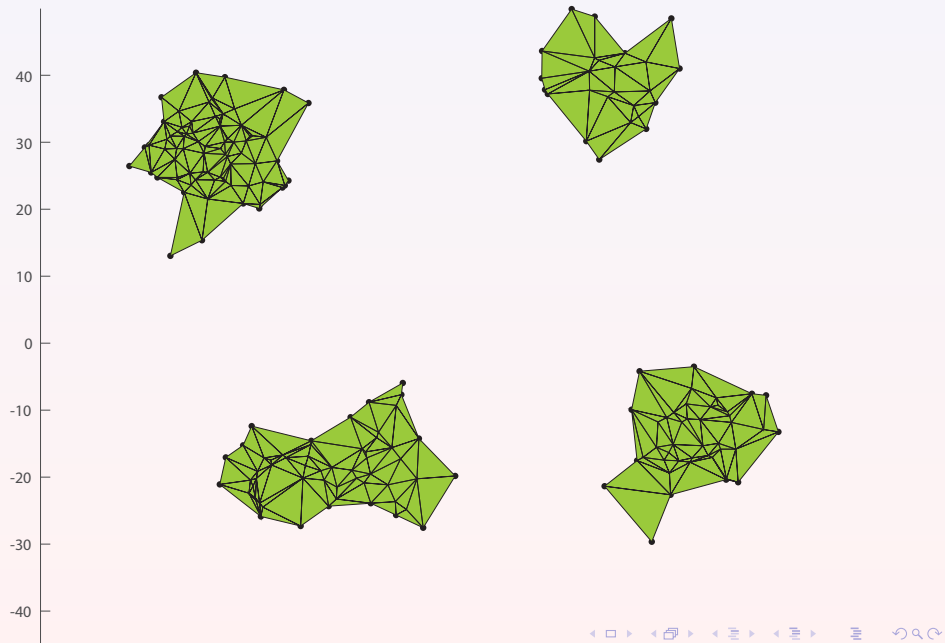
Alternativně clusterování + konvexní obálka (konvexní polygony).

Vážená varianta: body nahrazeny kružnicemi.

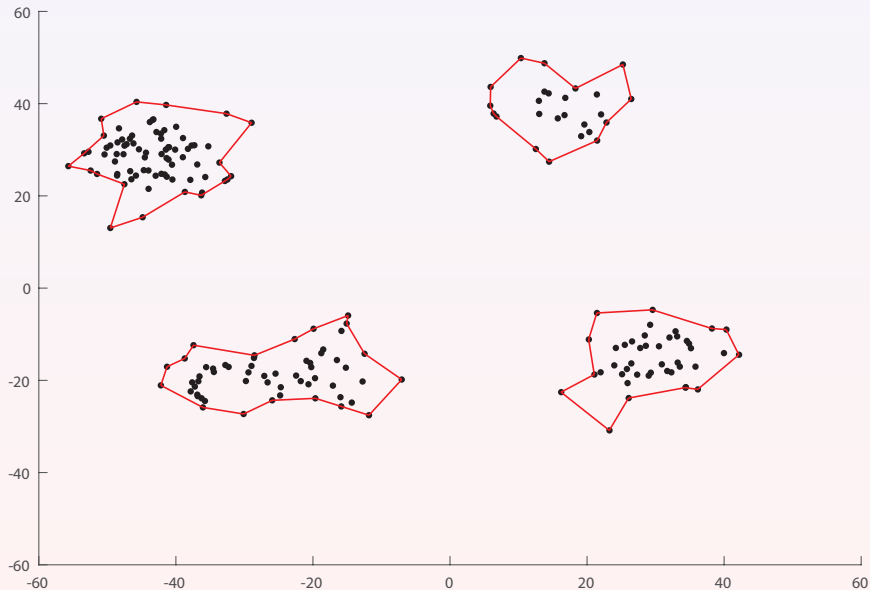
21. Ukázka regionalizace, vstupní data



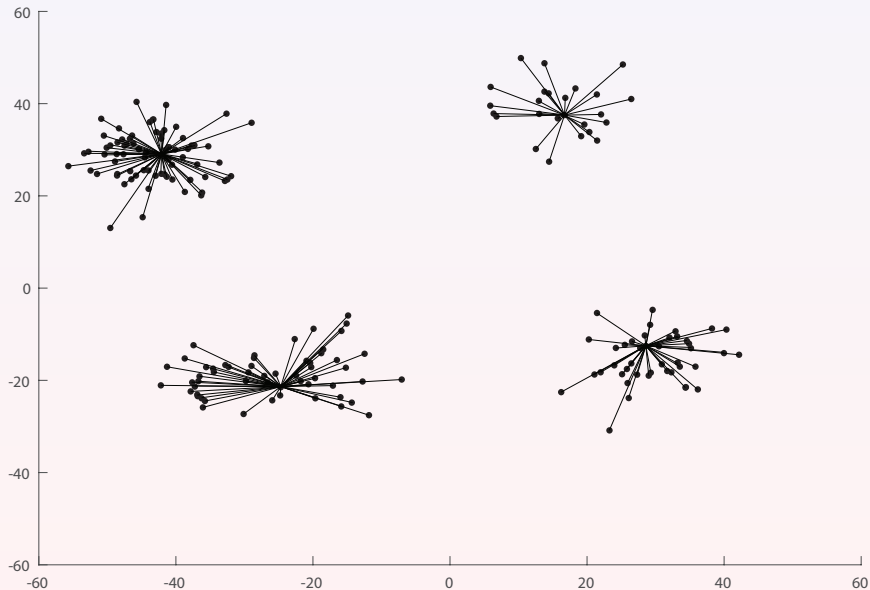
22. Ukázka regionalizace, α - shapes



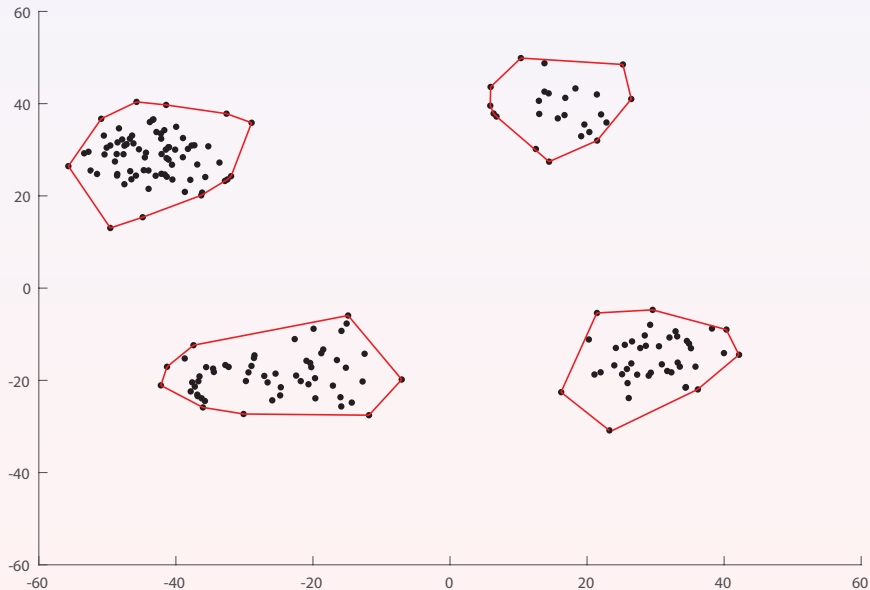
23. Ukázka regionalizace, α - shapes



24. Ukázka regionalizace, clustering



25. Ukázka regionalizace, konvexní obálka



26. Strukturální zjednodušení

Cílem zjednodušení vnitřní struktury bodového datasetu.

Nutno zachovat původní vzor.

Využívány planární geometrické struktury (Voronoi teselace).

Strukturálně podobné množiny generují podobné $\mathcal{V}$.

Na vstupu množina n bodových prvků, výstupem m prvků.

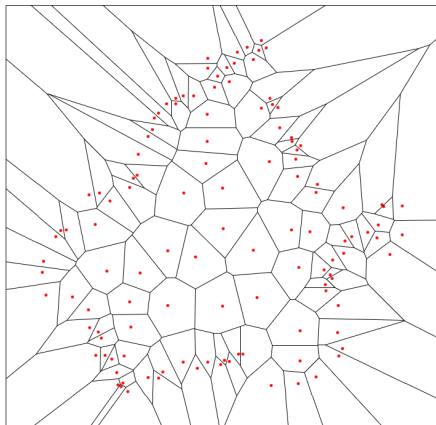
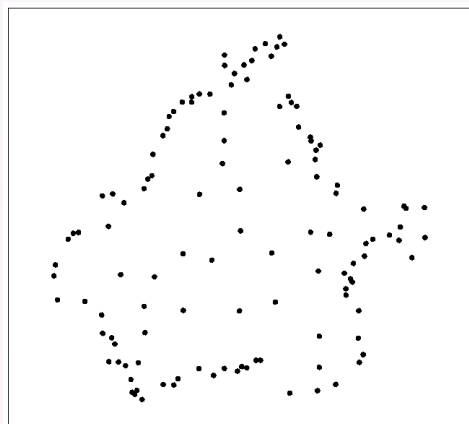
Redukce počtu prvků

$$k = \frac{n - m}{100}.$$

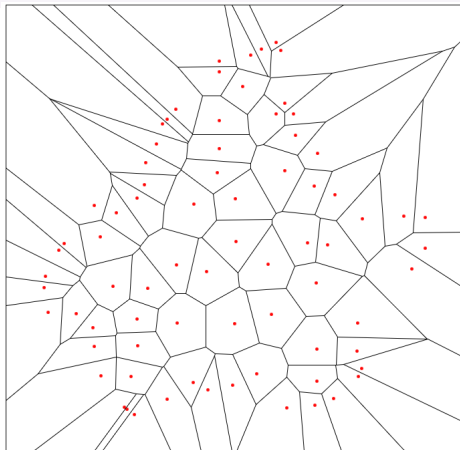
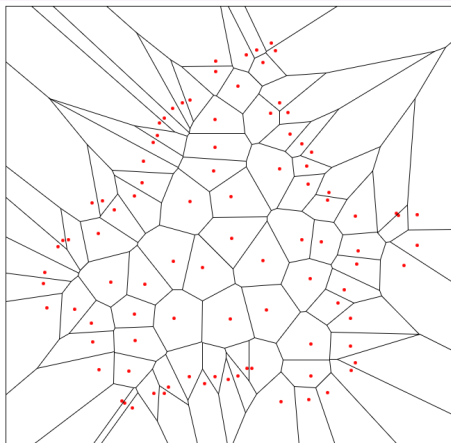
Princip algoritmu:

- 1 Konstrukce $\mathcal{V}(P)$ nad datasetem
Pro každou $\mathcal{V}(p_i)$ určena plocha A_i .
Každému p_i přiřazena váha $w_i = A_i$.
Body v prioritní frontě dle w_i
- 2 Opakuj, dokud $k < \frac{n-m}{100}$
A) Odstraň p_i na vrcholu fronty.
B) Aktualizuj $\mathcal{V}(p_i)$.

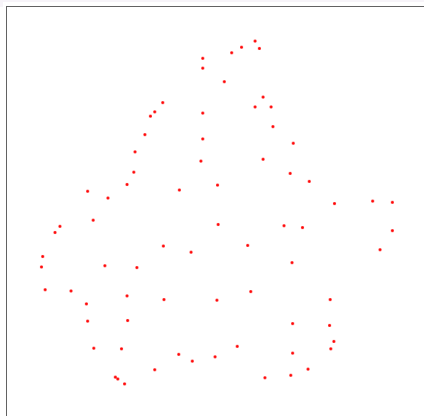
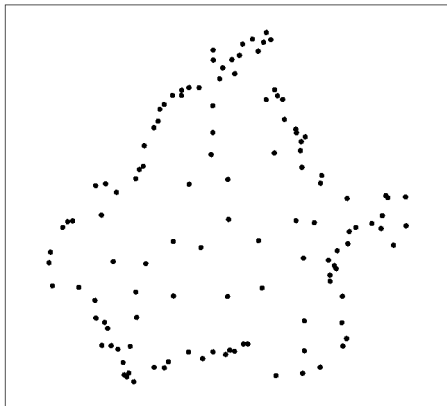
27. Strukturální zjednodušení: vstupní data



28. Strukturální zjednodušení: $k = 10\%$, $k = 20\%$



29. Strukturální zjednodušení: $k = 20\%$



30. Simplification Algorithms

Vstupem lomená čára $L = \{p_1, \dots, p_n\}$, výstupem generalizovaná čára $L' \subset L$.

Zjednodušení tvaru lomené čáry (polylinie):

Nejlepší aproximace tvaru polylinie co nejmenším počtem vrcholů.

Odstanění vrcholů, jejichž geometrické parametry nejsou v globálním kontextu významné.

Dvě základní strategie: zachování tvaru vs. zachování křivosti.

Zohlednění topologických pravidel (non-self-intersective algorithms):

- Odstraňovaný vrchol není počátečním/koncovým bodem L .
- Žádné 2 segmenty L' se neprotínají.
- Žádný segment L' neprotíná segment jiného prvku.

Critical points:

Významné body vzhledem ke kritériu, musí být zachovány, detekovány generalizačními algoritmy.

Nejčastěji lokální / globální minima/maxima, inflexní body.

Parametry: vzdálenost mezi vrcholy, úhel sousedních stran, vzdálenost bodu od segmentu, plocha trojúhelníku, křivost.

Nezávislé na měřítkovém čísle, stočení, posunu mapy.

Klasifikace algoritmů: (dle velikosti okolí bodu, McMaster and Shea, 1987)

- nezávislé na tvaru prvku: 0 bodů, nezohledňují geometrické parametry,
- lokální: okolí tvořeno sousedními body, neposuzují prvek komplexně,
- rozšířené lokální: přidání dalších předchůdců a následníků, lepší výsledky,
- globální: posuzují prvek jako celek, nejlepší výsledky, blíží se karto výstupům.

Existuje několik desítek generalizačních algoritmů, každý vhodný pro jiný typ polylinií.

V praxi používáno pouze několik z nich: Douglas-Peucker, Bend Simplify.

31. Eukleidovská vzdálenost (Lokální)

Vstupní parametr d_{min} .

Vynechávají vrcholy p_j , jejichž vzdálenost d od p_i menší než d_{min}

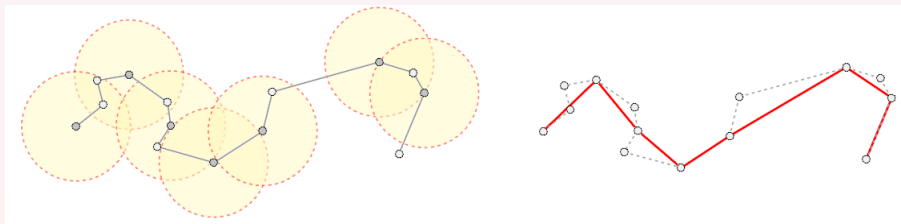
$$d(p_i, p_j) < d_{min}, \quad i < j \leq n.$$

Algoritmus zohledňuje pouze délky stran, nikoliv jejich úhly.

Sousedící linie mohou mít stejnou směrnici.

Nedosahuje příliš dobré výsledky.

V kartografické praxi se nepoužívá.



32. Kumulativní Eukleidovská vzdálenost (Lokální)

Modifikace předchozího algoritmu.

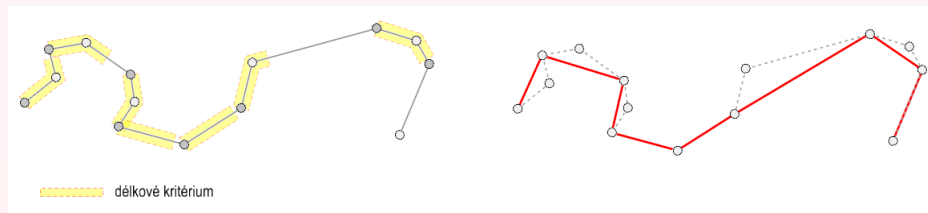
Vzdálenosti od vrcholu měřeny po lomené čáře (tj. kumulativní vzdálenost).

Vynechávají vrcholy p_j , jejichž kumulativní vzdálenost od p_i menší než d_{min}

$$\sum_{j=i+1}^n d(p_i, p_j) < d_{min}.$$

Podobné problémy jako u předchozí metody.

V kartografické praxi se nepoužívá.



33. Vzdálenost bodu od strany (Lokální)

Vstupní parametr d_{min} .

Zpracovávají trojice za sebou následujících vrcholů p_{i-1} , p_i , p_{i+1} .

Algoritmus porovnává vzdálenost p_i od strany $e_i = (p_{i-1}, p_{i+1})$ s mezní hodnotou d_{min} .

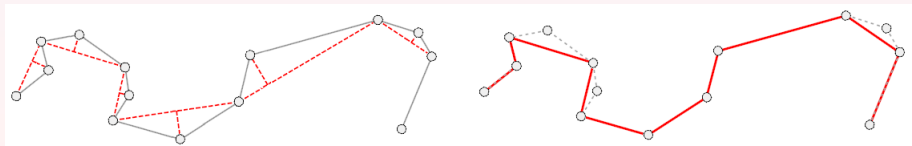
Vrchol p_i vypuštěn, pokud

$$d(p_i, e_i) < d_{min}.$$

Negeneruje sousedící prvky s podobnou směrnici.

Dosahuje poměrně dobrých výsledků.

Používán v počítačové grafice.



34. Reumann-Witkam (Lokální rozšíření)

Dva vstupní parametry: šířka koridoru h , velikost okolí m .

Testovací oblast tvořena koridorem o šířce h .

Osa koridoru představována přímkou $e_i = (p_i p_{i+1})$.

Princip algoritmu:

Pokud skupina vrcholů (p_{i+1}, p_{i+k}) nevýznamná, $1 \leq k \leq m$, leží uvnitř koridoru.

Spojíme p_i s posledním bodem p_k uvnitř koridoru.

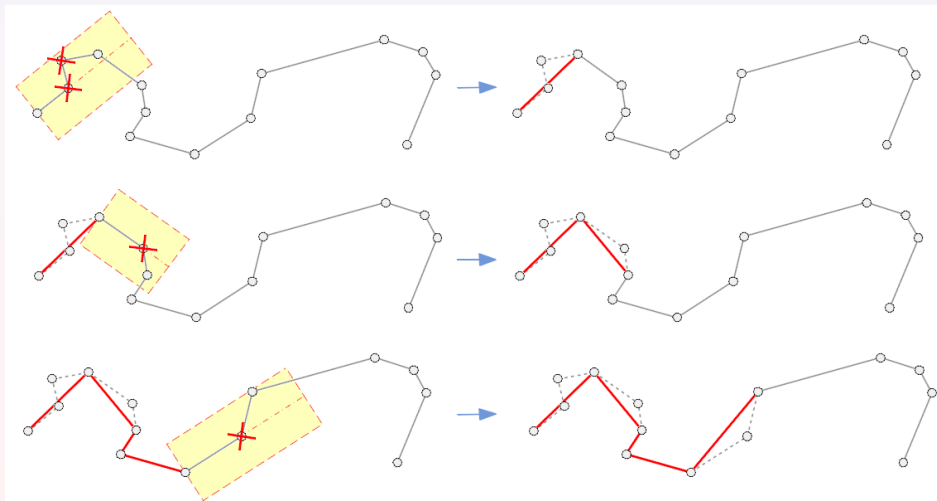
Podmínka pro odstranění p_{i+k} z L

$$d(p_{i+k}, e_i) > \frac{h}{2}.$$

Poskytuje kartograficky kvalitní výsledky.

Pro velké hodnoty m téměř globální charakter.

35. Ilustrace Reumann-Witkam Algorithm



36. Lang (Lokální rozšíření)

Dva vstupní parametry: šířka koridoru h , velikost okolí m .

Testovací oblast tvořena koridorem o šířce h .

Osa koridoru tvořena spojnici $e_i = (p_i, p_{i+k})$.

Jeho poloha se mění, průběžně se zkracuje.

Princip algoritmu:

Pokud skupina vrcholů (p_i, p_{i+k}) nevýznamná, $1 \leq k \leq m$, leží uvnitř koridoru.

Jestliže alespoň jeden z vrcholů $p_{i+1}, \dots, p_{i+k-1}$ vně koridoru, dekrementace $k = k - 1$.

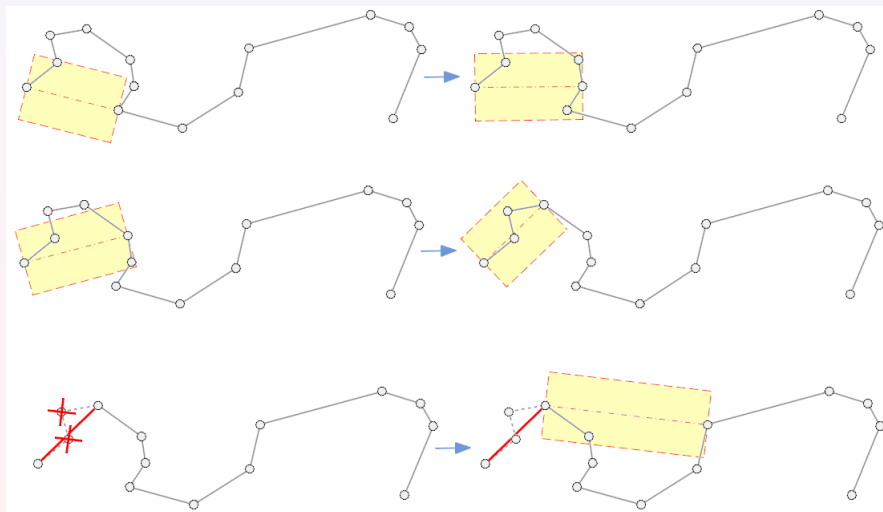
Jinak spojíme p_i s p_k .

Poskytuje podobné výsledky jako Reumann-Witkam.

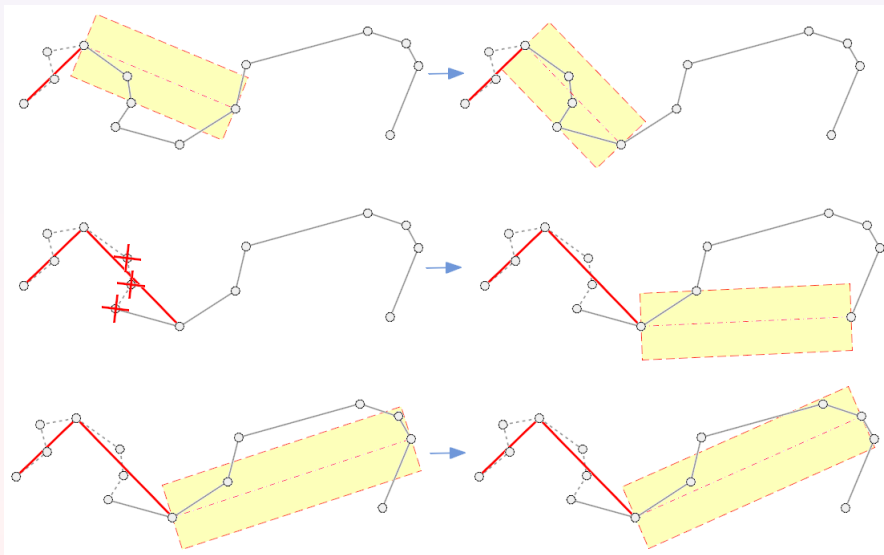
Implementován v některých SW.

Pro velké hodnoty m se blíží globálnímu.

37. Ilustrace Lang Algorithm



38. Ilustrace Lang Algorithm



39. Min-Max Algorithm (Globální)

Vstupní parametr: procento zachovaných vrcholů L .

Posuzuje L jako celek.

Rekurzivní algoritmus, poměrně snadná implementace.

Princip algoritmu:

Opakovaná konstrukce MBR.

Hledány lokální extrémy polylinie vzhledem k MBR: x_{min} , x_{max} , y_{min} , y_{max} .

Lokální extrémy se stávají novými kritickými body polylinie.

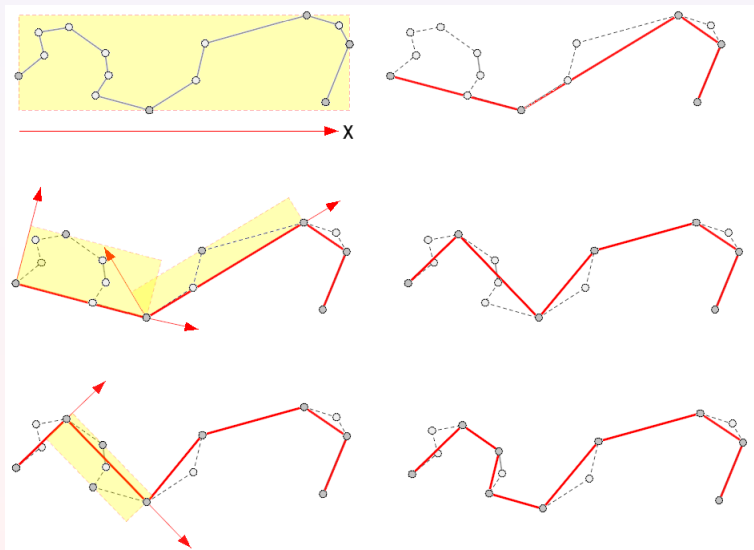
Polylinie rekurzivně dělena na 2-5 nových polylinií.

Nad každou nově vzniklou polylinií následně hledán MBR.

Z kartografického hlediska dosahuje velmi kvalitních výsledků.

V praxi používán zřídka.

40. Ilustrace Min-Max Algorithm



41. Douglas & Peucker Algorithm (Globální)

Douglas & Peucker, 1973.

Vstupní parametr: šířka koridoru h .

Neodstraňuje z L nekritické body, ale přidává do L' kritické body.

Jeden z nejlepších generalizačních algoritmů.

Velmi často implementován v GIS software.

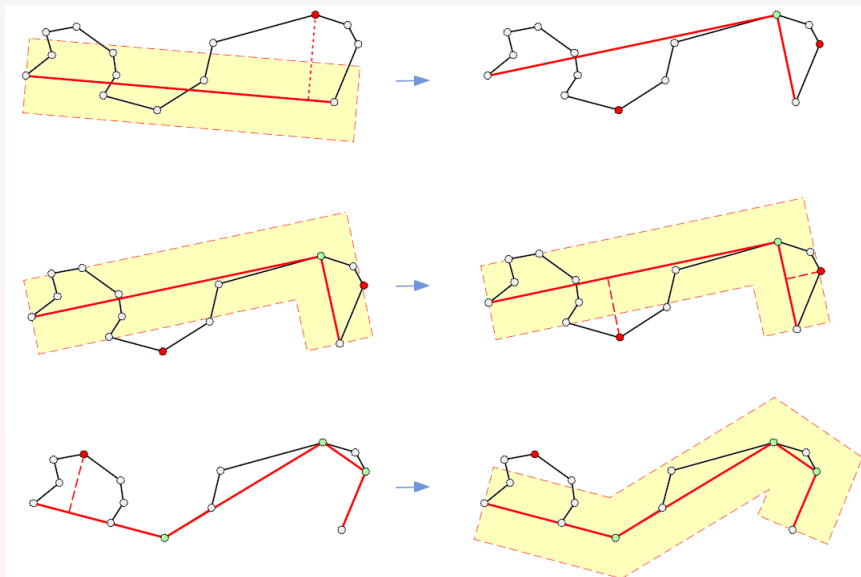
Preference zachování tvaru před křivostí, nevhodné pro některé prvky.

Princip algoritmu:

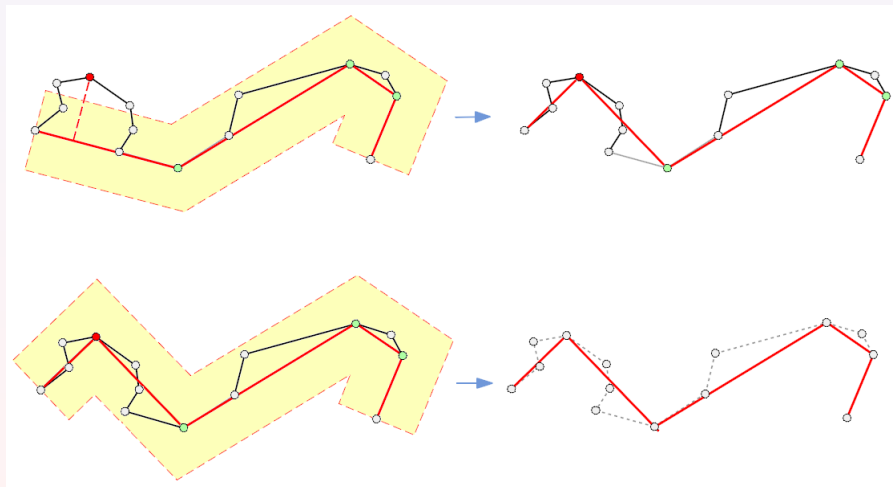
Rekurzivní i nerekurzivní implementace.

- A) Vytvoření hrany $e = (L_1, L_n)$; iniciální aproximace $L' \equiv e$.
- B) Hledán kritický bod q vně koridoru nejvzdálenější od e .
- C) Pokud q neexistuje, ukonči rekurzi.
- D) Hrana e rozdělena na dvě hrany $e_1 = (L_1, q)$, $e_2 = (q, L_n)$.
- E) Pro segment $e = e_1$ jdi na B).
- F) Přidej q do L' .
- G) Pro segment $e = e_2$ jdi na B).

42. Ilustrace Douglas&Peucker



43. Ilustrace Douglas&Peucker



44. Implementace Douglas&Peucker

Rekurzivní procedura DouglasPeucker,

Indexy *start*, *end* odpovídají počátečnímu a koncovému bod koridoru.

Algoritmus 3: DouglasPeucker($L, L', h, start, end$)

```

1: if ( $end > start + 1$ ) do:
2:      $i_{max} = start + 1$ ;
3:      $d_{max} = dist(L_{start+1}, (L_{start}, L_{end}))$ 
4:      $i = i_{max} + 1$ 
5:     Opakuj dokud ( $i < end$ ):
6:          $d = dist(L_i, (L_{start}, L_{end}))$ 
7:         if ( $d > d_{max}$ ) do:
8:              $i_{max} = i$ ;  $d_{max} = d$ ;
9:              $i = i + 1$ ;
10:    if ( $d_{max} > h$ ):
11:        DouglasPeucker( $L, L', h, start, i_{max}$ );
12:         $L' \leftarrow L_{i_{max}}$ ;
13:        DouglasPeucker( $L, L', h, i_{max}, end$ );

```

45. Bend Simplify (Globální)

Wang & Muller, 1998.

Detekce bends (zakřivení, ohybů, oblouků) + klasifikace jejich významnosti.

Odstranění nevýznamných bends tak, aby se minimalizovala celková křivost.

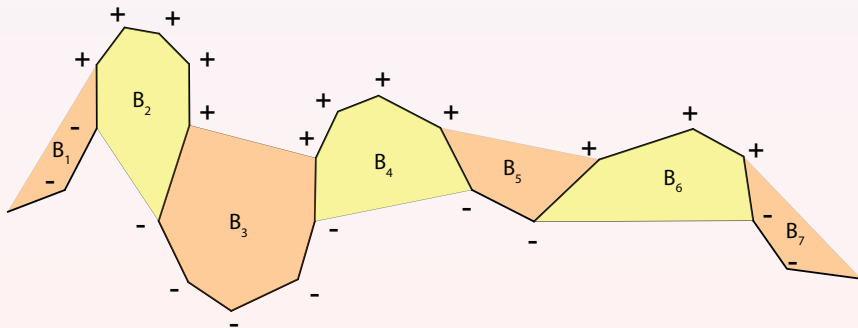
Často implementován v GIS software.

Na rozdíl od DP preferuje zachování křivosti oproti tvaru.

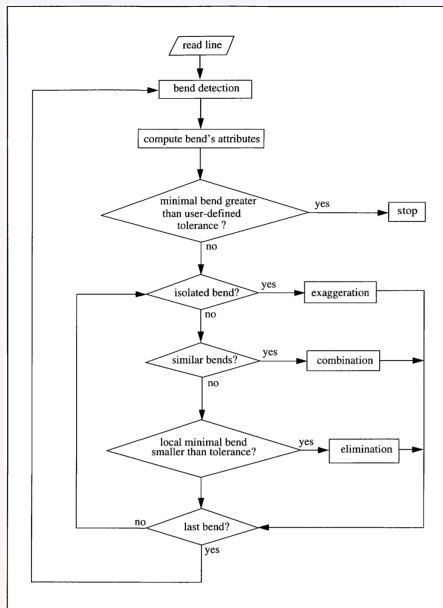
Kombinace několika generalizačních operací, složitá implementace.

Lomenou čáru chápe jako posloupnost křivek/oblouků oddělených inflexními body.

Vrcholy tvořící oblouk: podobná křivost, úhly, orientace (Left (-), Right (+) Turn).



46. Schéma Bend Simplify



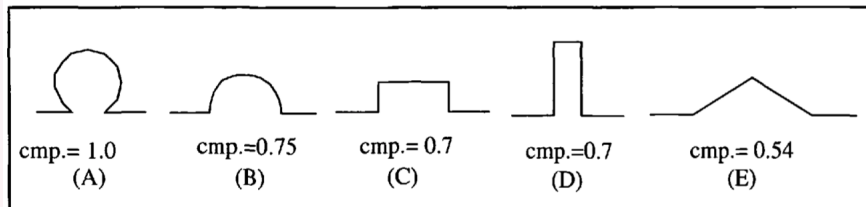
47. CMP index

Compactness Index, popisuje tvar oblouku

$$CMP = \frac{A}{A_c} = \frac{A}{\pi r^2} = 4\pi \frac{A}{L^2}.$$

A plocha ohraničená polygonem (záhyb + základna).

A_c plocha kružnice se stejným obvodem L jako oblouk + základna (poloměr kružnice $r = \frac{L}{2\pi}$).



Velikost záhybu (Size) vychází z hodnoty CMP indexu

$$s = A \frac{CMP}{0.75},$$

umožňuje stanovit významnost oblouku.

48. Podrobnější popis

3 typy oblouků:

- *Izolované*
Zleva ani zprava nenavazuje žádný další.
Využití exagrace (zvýraznění), aneb "kresba přes míru".
- *Podobné*
Mají stejný tvar, sousedí, měřeno *CMP* kritériem.
Zohledněna jejich velikost a délka základny.
Využití kombinace (spojení sousedících oblouků).
- *Lokální*
Nejmenší ze 3 sousedících oblouků, základna menší než threshold.
Použití eliminace.

3 typy generalizačních operací:

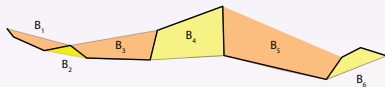
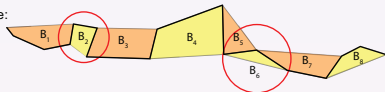
- *Eliminace*
Lokální (malé) oblouky vynechány, nahrazeny základnou.
Probíhá iterativně, od nejmenších záhybů.
- *Kombinace*
Nahrazení více sousedících oblouků jedním, obtížná operace.
Detekce vrcholů oblouku A , B , C , rekonstrukce nového vrcholu D' .
Posun bodů oblouku, směrový vektor $u = (A, D')$

$$\|u\| = \frac{\|FE\|}{\|AE\| + \|FE\|}.$$

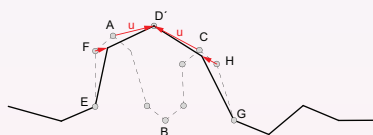
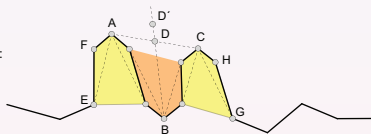
- *Exagrace*
Proporcionální změna tvaru: zvětšení + částečná modifikace.
Snaha zachovat tvar a vyhnout se grafickým konfliktům.

50. Ukážka generalizačných operácií

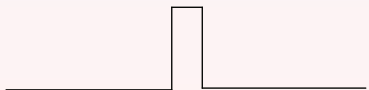
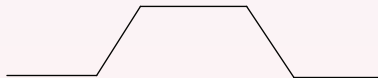
Eliminace:



Kombinace:



Exagregace:



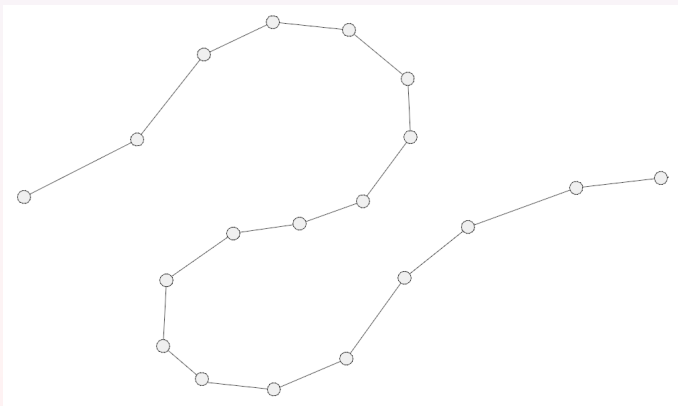
51. Douglas&Peucker vs Bend Simplify

BS vs DP:

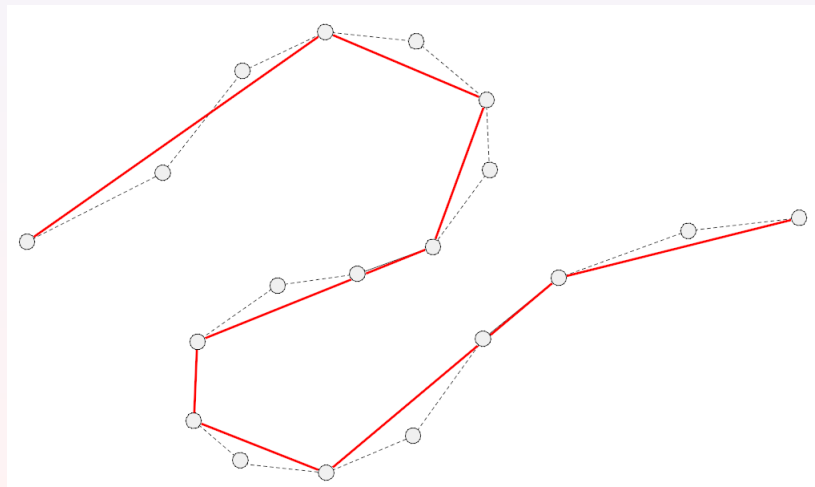
- BS detekuje méně kritických bodů.
- BS uchová méně tvarových detailů.
- + BS lépe zachovává křivost.

DP: Generuje tvarově podobné polylinie, mezi segmenty ostré přechody (kartograficky nevhodné pro některé prvky).

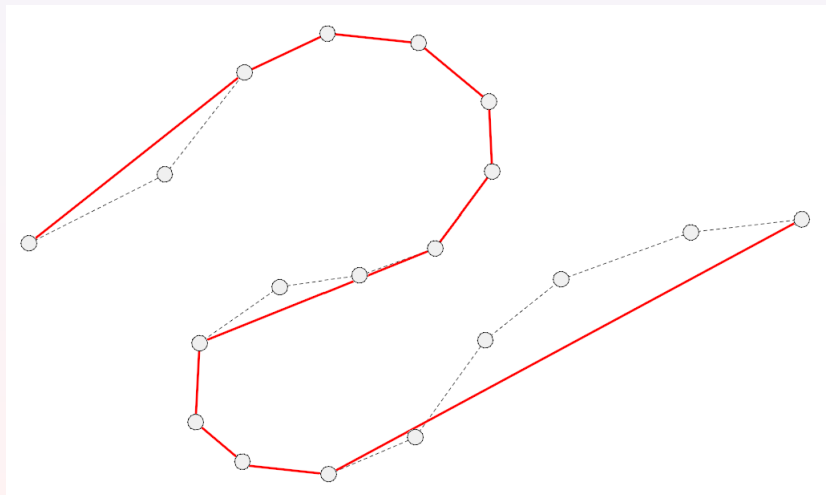
BS: Méně podobné polylinie, mezi segmenty plynulejší přechody (kartograficky věrnější).



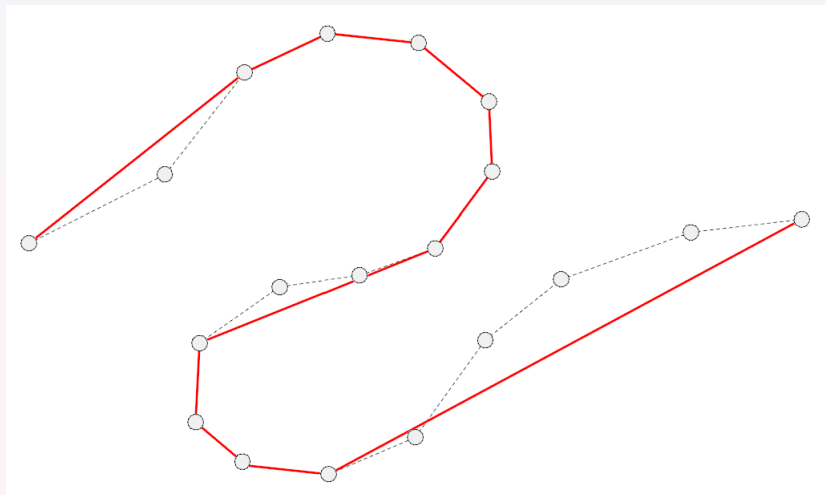
52. Douglas & Peucker: výstupní data



53. Bend Simplify: výstupní data



54. Porovnání obou výstupů



55. Algoritmy pro zjednodušení tvaru plošných prvků

Zjednodušování geometrických charakteristik plošných prvků.

Algoritmy založené na detekci kritických bodů.

Při generalizaci musí být uchována topologie prvků:

- Odstraňovaný vrchol není uzlem.
- Žádné 2 segmenty generalizovaného prvku se nesmějí protínat.
- Segment generalizovaného prvku nesmí protínat segment jiného generalizovaného prvku.

Metody:

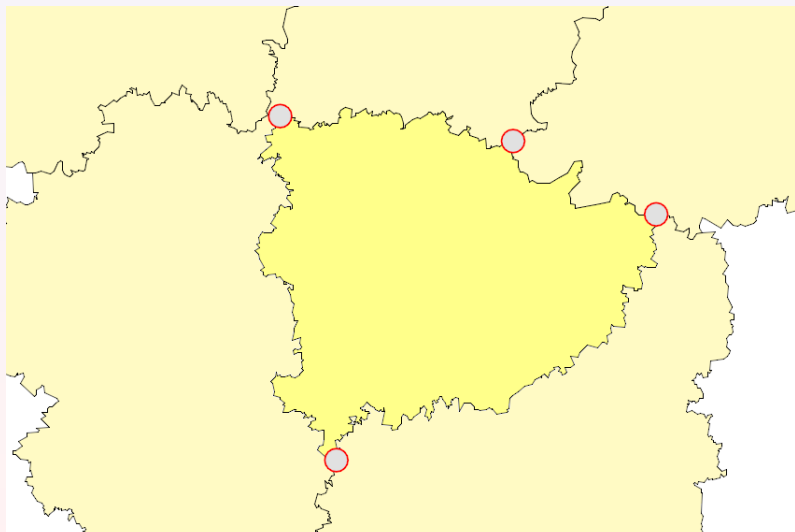
- *Generalizace dekompozicí na lomené čáry*
Topologie zachována "rozpadem" polygonů na lomené čáry mezi 2 uzly.
Na ně aplikovány výše uvedené algoritmy.
- *Modifikované algoritmy pro lomené čáry*
Modifikace původních metod pro uzavřené oblasti,
Topologie zachována vyjmutím uzlových bodů z generalizace.

Modifikovaný Douglas&Peucker:

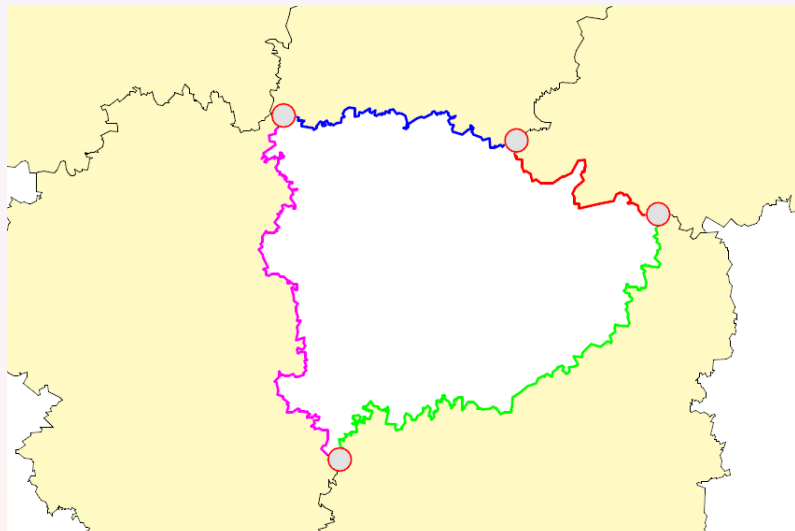
Přidání uzlových bodů mezi kritické.

Rekurze nad takto vzniklými stranami.

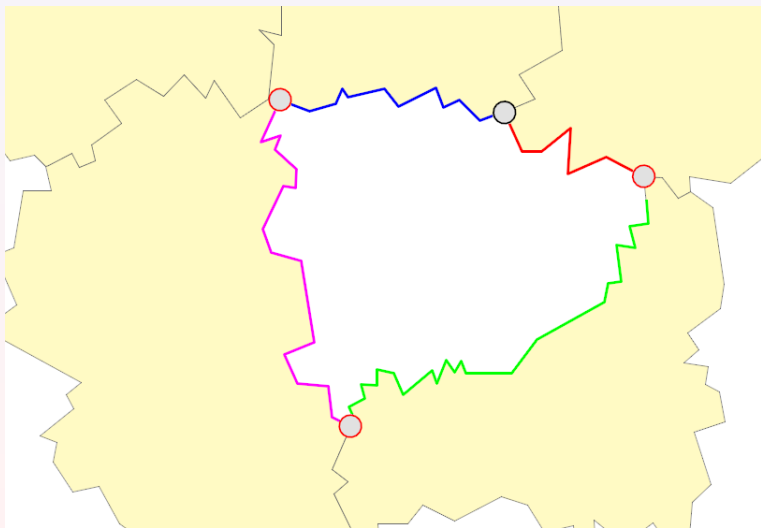
56. Generalizace dekompozicí na lomené čáry, vstupní situace



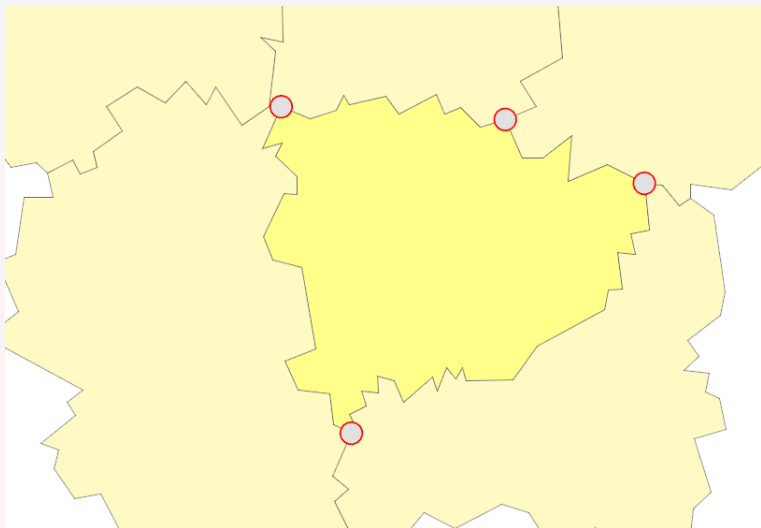
57. Generalizace dekompozicí na lomené čáry, vlastní dekompozice na polylinie



58. Generalizace dekompozicí na lomené čáry, generalizace polylinií

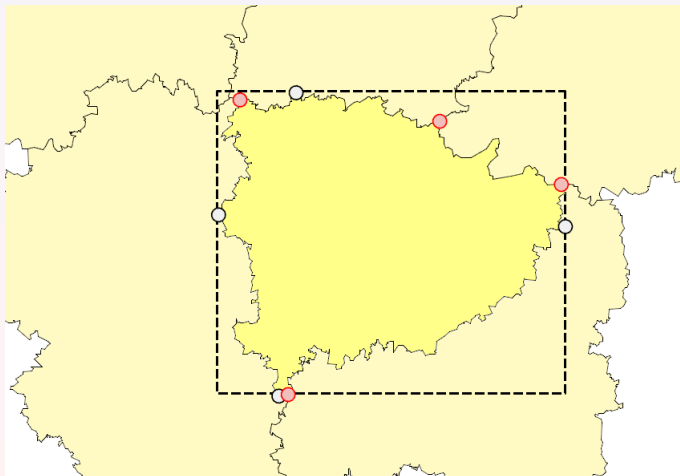


59. Generalizace dekompozicí na lomené čáry, výsledek



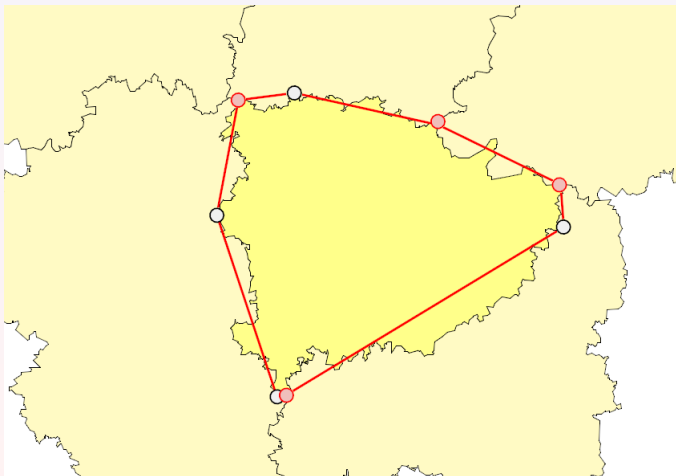
60. Modifikovaný Douglas-Peucker, 1/3

Vrcholy min-max boxu + uzly.



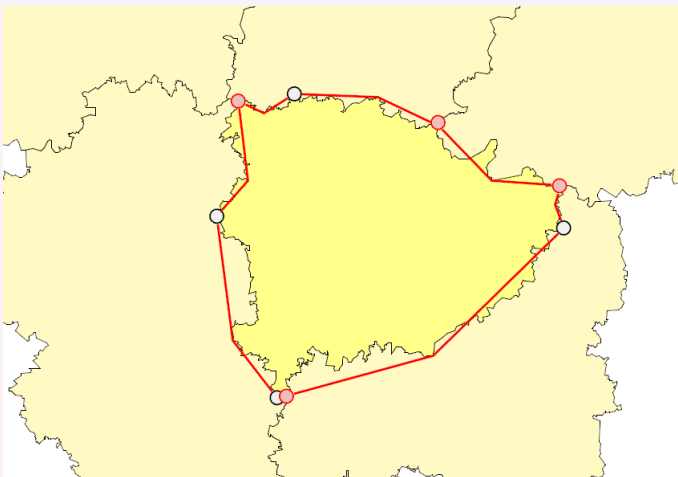
61. Modifikovaný Douglas-Peucker, 2/3

Iniciální aproximace.



62. Modifikovaný Douglas-Peucker 3/3

Generalizační krok.



63. Hodnocení efektivity generalizačních algoritmů

Vzájemné hodnocení efektivity generalizačních algoritmů důležité.

Žádný není univerzálně použitelný, každý se hodí pro jiné typy prvků.

Hodnocení efektivity (McMaster, 1983):

- Areal Displacement.
- Vector Displacement.

Areal Displacement:

Plochy vlevo od L záporné znaménko A^- , vpravo od L kladné znaménko: A^+ .

Kritérium suma ploch mnohoúhelníku

$$A = \sum A^+ + \sum A^-.$$

Rovnoměrné odstraňování bodů vlevo/vpravo: $A \rightarrow 0$.

Vector Displacement:

Odstraněné body vlevo od L' záporné znaménko d^- , vpravo od L' kladné znaménko: d^+ .

Kritériem suma ploch délek

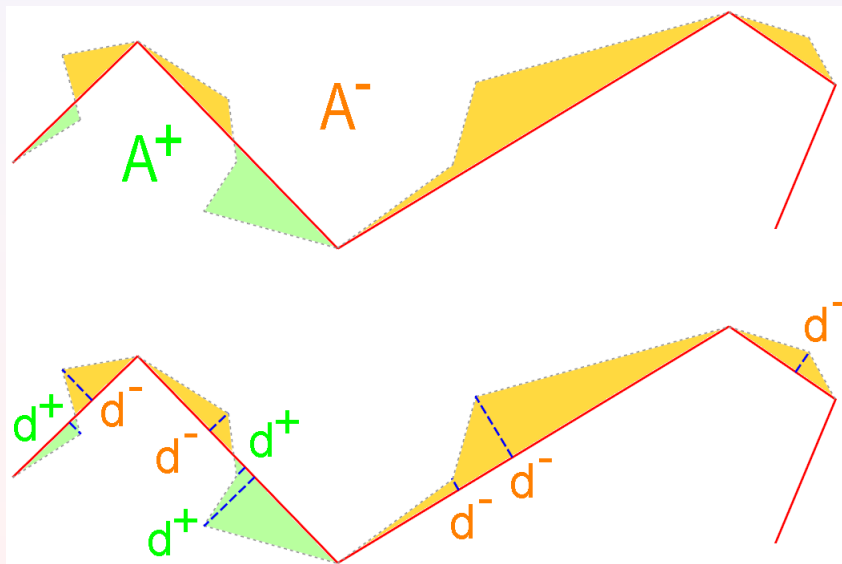
$$d = \sum d^+ + \sum d^-.$$

Rovnoměrné odstraňování bodů vlevo/vpravo: $d \rightarrow 0$.

Pro obě kritéria dosahuje nejlepších výsledků DP.

Další kritéria: PCCS, TLVD, TAPD (McMaster, 1985).

64. Ilustrace Area and Vector Displacement



65. Vyhlažovací algoritmy pro lomené čáry

Úprava tvaru prvků, nejčastěji lomených čar.

Vhodné pro prvky s “hladkou” reprezentací: vodstvo, komunikace, ...

Generalizační vs. vyhlazovací algoritmy:

Generalizační algoritmy z L odstraňují nekritické body.

Vyhlažovací algoritmy do L přidávají nové vrcholy, některé posunují či ruší.

Cílem v odstranění nevhodných lomů, náhlých změn tvaru prvku, oscilací.

Podél prvku by nemělo docházet k náhlým změnám křivosti.

Vyhlazené prvky působí v mapách přirozeněji a estetičtěji.

Blíže kartografickému popisu reality (vodní toky se nepřirozeně nelámou).

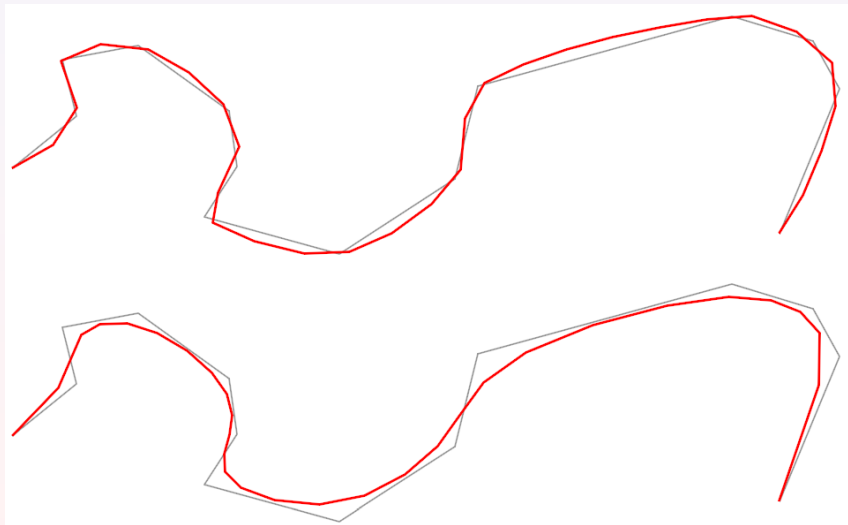
Důležité je zvolit přiměřenou míru vyhlazení.

V opačném případě potlačení významných tvarových charakteristik prvku.

Metody:

- Vyhlažování průměrováním bodů.
- Vyhlažování filtrováním.
- Vyhlažování za použití křivek.

66. Ilustrace činnosti vyhlazovacího algoritmu



67. Vyhlazení průměrováním bodů

Posun p tak, aby byly odstraněny nevhodné lomy L .

Do L nejsou přidávají žádné další vrcholy.

Nová poloha p je určena z polohy sousedních m bodů (okolí).

Sousední body mohou mít stejnou nebo různou váhu.

Vstupní parametry

3 parametry, ovlivňují míru vyhlazení:

- Velikost okolí m : kolik bodů zahrnuto do výpočtu střední hodnoty.
- Počet opakování k : pro dosažení vyšší míry vyhlazení.
- Vyhlazovací faktor f : řídí míru vyhlazení.

Výpočet střední hodnoty:

Závisí na rozložení vrcholů L .

- *Uniformní vzorkování*
Stejné rozestupy mezi body, aritmetický průměr.
- *Adaptivní vzorkování*
Různé délky segmentů, vážený průměr.
Vahou zpravidla reciproká vzdálenost k bodům okolí.

68. Vyhlazení aritmetickým průměrem

McMaster and Shea (1992).

Nový vrchol $\bar{p}$ určen jako aritmetický průměr m okolních bodů

$$\bar{p} = \frac{\sum_{j=-k}^k p_{i+j}}{2k}.$$

Všechny body mají stejnou váhu.

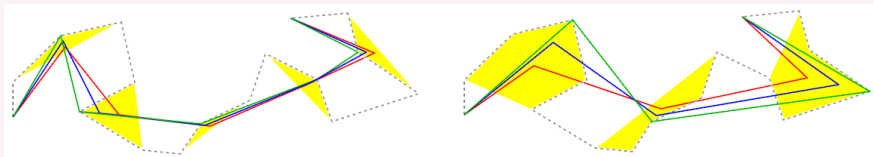
Vyhlazovací faktor f , $f \in \langle 0, 1 \rangle$, udává míru vyhlazení

$$\hat{p} = p_i + (\bar{p} - p_i)f.$$

Vrchol $\hat{p}$ leží na úsečce $(p, \bar{p})$

Pro $f = 0$, $\hat{p} \equiv p$, nedojde k vyhlazení.

Pro $f = 1$, $\hat{p} = \bar{p}$, maximální vyhlazení.



69. Vyhlazení váženým průměrem

Nový vrchol $\bar{p}$ určen jako aritmetický průměr m okolních bodů

$$\bar{p} = \frac{\sum_{j=-k}^k w_j p_{i+j}}{\sum_{j=-k}^k w_j}.$$

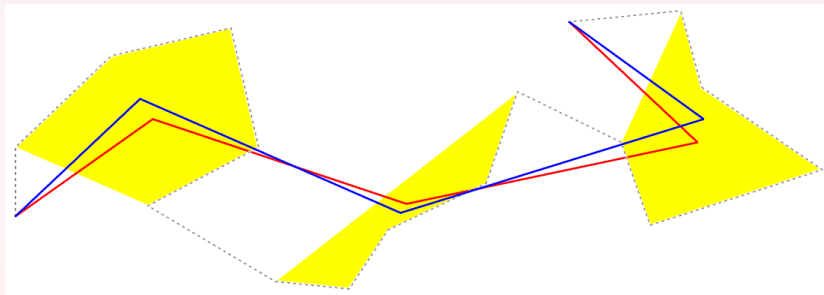
Váhy w_j vrcholů p_{i+j} nepřímo úměrně jejich vzdálenosti od p_i

$$w_j = \frac{1}{\|p_i - p_{i+j}\|}.$$

Lépe zohledňuje vliv okolních vrcholů, největší váhu mají vrcholy nejbližší $\bar{p}$.

Efekt se výrazněji projeví, pokud se délky segmentů L liší.

Možno zavést vyhlazovací faktor f .



Aritmetický průměr (červeně) a vážený průměr (modře).

70. Vyhlazení metodou aproximačních křivek

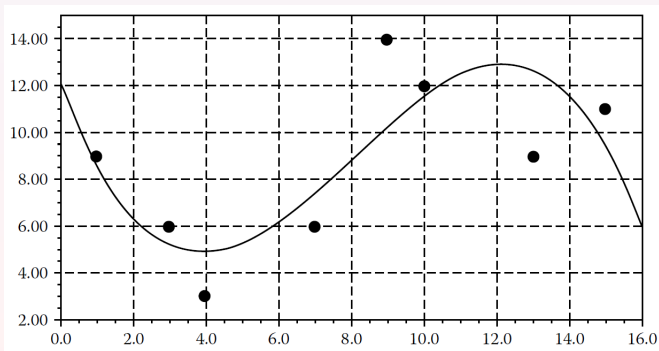
Aproximační křivka ve tvaru

$$y = a_0 + a_1 x^1 + a_2 x^2 + \dots + a_k x^k.$$

Minimalizace sumy čtverců reziduí

$$\sum_{i=1}^n r_i^2 = \min.$$

Zpravidla používány polynomy nižších stupňů $k < 5$, podrobnosti v kurzu matematiky.

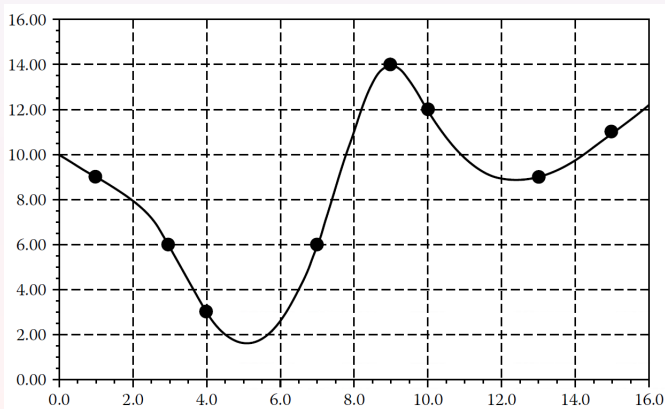


71. Vyhlazení metodou interpolačních křivek

Používány zpravidla kubické spliny

$$y = a_0 + a_1 x^1 + a_2 x^2 + \dots + a_3 x^3,$$

zpravidla požadována spojitost C^2 . Podrobnosti v kurzu matematiky.



72. Diskrétní aproximace

Analytické řešení zpravidla výpočetně náročnější (nelze on the fly).

Nutnost řešení soustav lineárních rovnic (inverze).

V praxi používány diskrétní aproximace: deCasteljau, Chaikins.

Four-Points Algorithm (Chaikins, 1975).

Provádí diskrétní aproximaci B-spline křivkou.

Algoritmus nahrazuje posloupnost vrcholů $\{p_1, \dots, p_n\}$ L posloupností nových vrcholů

$$\{q_1, r_1, q_2, r_2, \dots, q_n, r_n\}.$$

Souřadnice vrcholů

$$q_i = (1 - \alpha)p_i + \alpha p_{i+1}, \quad r_i = \alpha p_i + (1 - \alpha)p_{i+1}.$$

kde $\alpha = 1/4$.

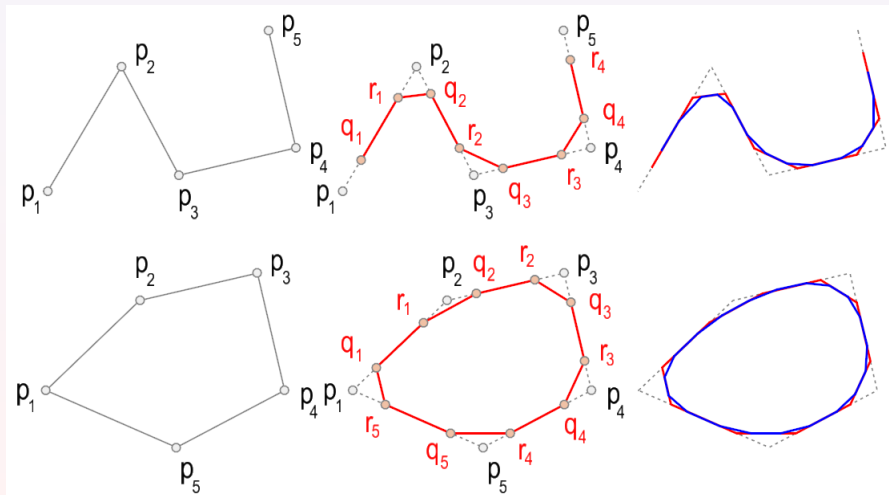
Vytvořen nový vrchol v 1/4 a 3/4 segmentu.

V praxi lze použít i jiné α , různé hodnoty cut-off efektu.

Výpočet rekurentním vzorcem jednoduchý, snadno se algoritmizuje.

Lze aplikovat i na uzavřené útvary.

73. Illustrate Four-Points Algorithm



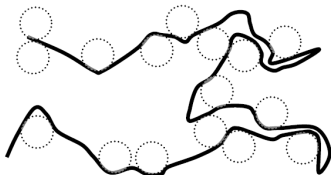
74. ε –Circle Rolling

Efektivní metoda, scale-driven generalization (Perkal 1966, Christensen 2000).

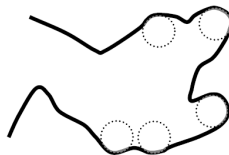
Odvalování kružnice o poloměru ε po obou stranách lomené čáry (připomíná α –shapes).

Odstranění nepodstatných detailů.

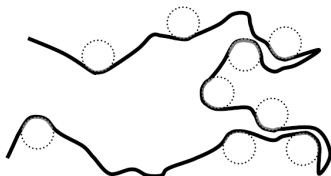
Vznik uzavřené oblasti, její aproximace skeletem.



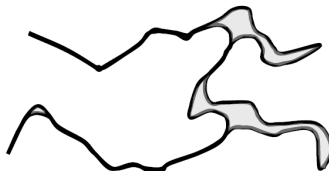
(a) Principle of Perkal ε -circle rolling



(b) Result from rolling along inside



(c) Result from rolling along outside



(d) Boundary zones by Perkal algorithm

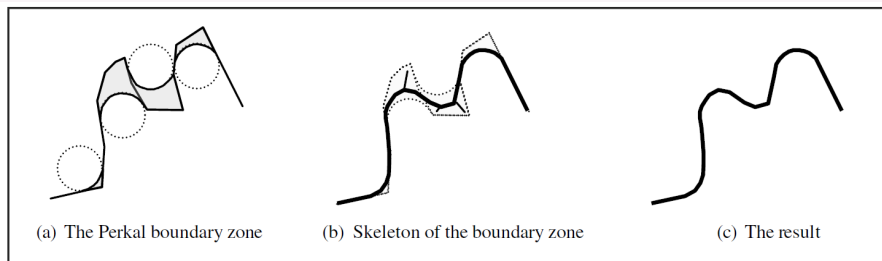
75. ε –Circle Rolling, výsledek

Velmi efektivní.

Poloměr ε lze stanovit z měřítka cílové mapy.

Volen dle délky nejmenšího viditelného prvku.

Kombinace simplification + smoothing.



Zhilin, 2007

77. Displacement

Operátor nejčastěji aplikován na bodové znaky + popis.

Tyto prvky se mohou protínat či být příliš blízko $\Rightarrow$ grafické slítí.

Cílem minimalizace grafických konfliktů.

Cíle Displacementu:

Vzájemný posun prvků bez změny jejich tvaru.

- minimalizace plochy překrytů bounding boxů,
- minimalizace délku přesunů,
- dodržení kartografických zásad popisu.

Zpravidla vede k multikriteriální optimalizaci, symbolický zápis

$$\phi = \frac{1}{2} (A^T A + r^T r) = \min.$$

Řada kartografických pravidel, forma constraints, složité analytické vyjádření.

Optimalizovaná funkce multimodální.

Alternativně využití energetických modelů (Force Models) či grafových algoritmů.

Geometrické řešení relativně snadné.

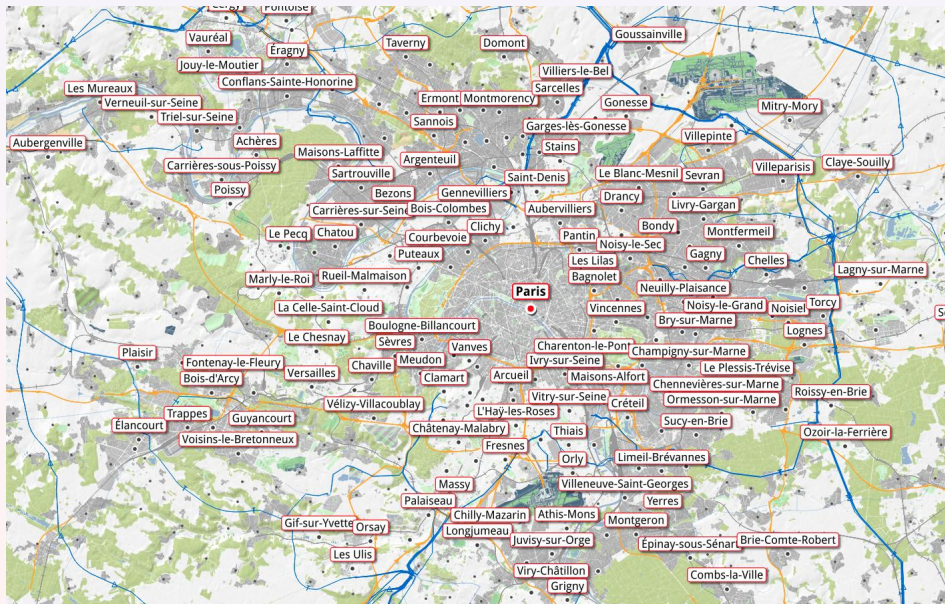
Kartograficky korektní řešení náročné: exaktní hodnocení fuzzy pravidel.

Typické použití:

Optimalizace umístění bodových znaků, popisů (uliční síť).

Pokud nelze umístit bez překrytů, následuje strukturální zjednodušení či eliminace.

78. Automatické umístování popisů



79. Automatické umístění popisů



80. Energetický model

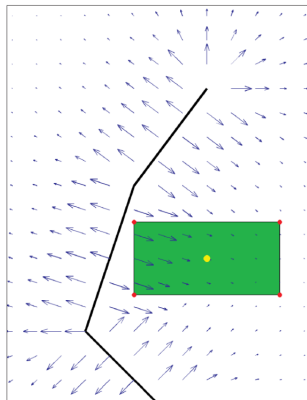
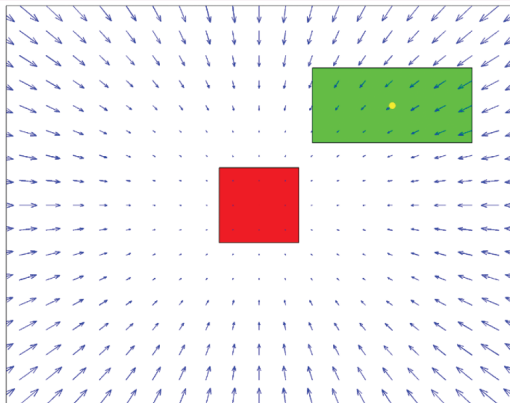
Force Directive model, simulace fyzikálních procesů, (Stadler et al, 2013).

Prvky x generují silové vektory ve směru tečny.

Síla f v bodě u bounding boxu popisu funkcí zvolené metriky d

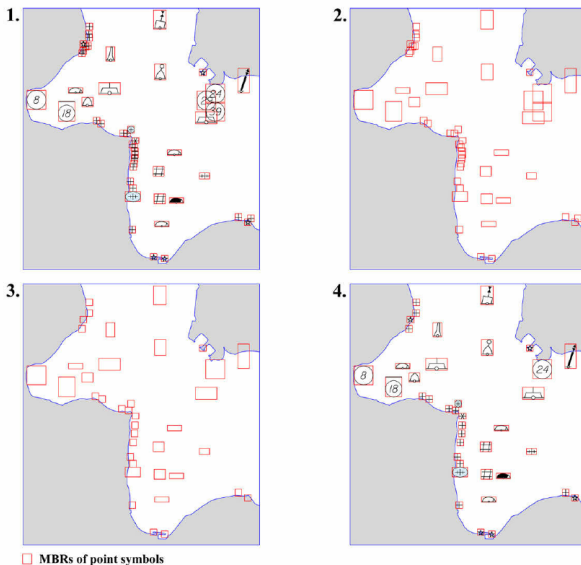
$$f = d \frac{x - u}{\|x - u\|}.$$

Iterační proces, snaha o dosažení rovnovážného stavu.



81. Grafické konflikty kartografických znaků

Podobný postup, minimalizace překrytů MBR.



82. Partial Modification

Operátor kombinuje dvě operace: Displacement + Modification (někdy nazýván Partial Displacement)

Komplexní generalizační operátor, obtížná algoritmizace. Používán při řešení grafických konfliktů v místech, kde posun nestačí.

Odsunutí jednoho prvku vede k jeho přiblížení k jinému (řetězení generalizačních událostí).

Nutno provést i tvarové korekce.

Optimalizace tvaru a vzájemné polohy prvků na mapě.

Použití u objektů, u kterých by došlo ke křížení/grafickému slití v cílovém měřítku.

V mapě používán velmi často.

Aplikován převážně na liniové a plošné znaky.

Typické příklady: souběh vodstva, železnice, silnice nebo komunikace přes míru + zástavba.

Řešení Partial Modification:

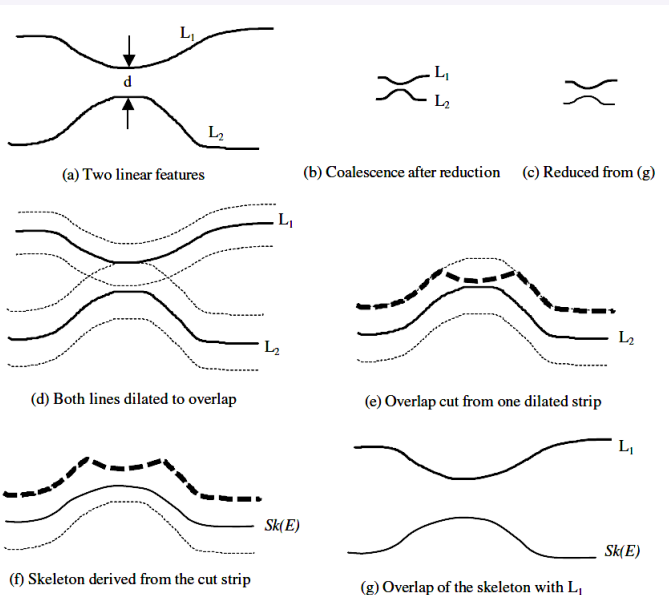
Kombinace několika kartografických pravidel + geometrické řešení.

Většinou značně komplikované, nutnost následných ručních zásahů.

Praktická realizace:

- *Topologická kostra*
Aplikace straight skeletonu + odsun.
- *Energetické modely*
Fyzikální modely, např. Force Models, Energetic Splines, Elastic Beams.

83. Partial Modification, topologická kostra



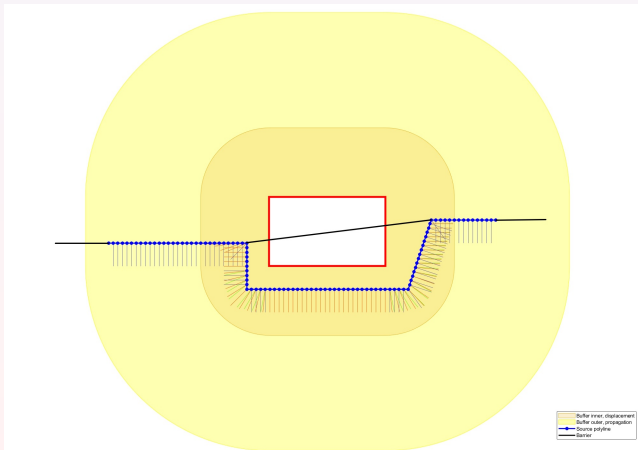
84. Propagace

Změna tvaru musí být postupná, jinak kartograficky nepřírozené.

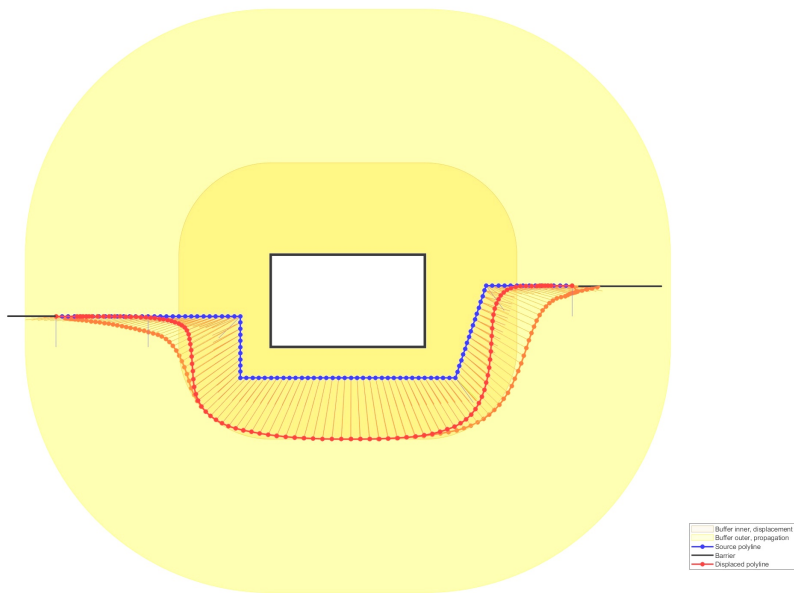
Plynulý náběh změny, tzv. postupná propagace.

Zpravidla řešeno dvojicí zón:

- Zóna přiblížení:
Dva objekty se dostanou blíže než zadaný threshold, odsunutí vně.
- Zóna propagace:
Oblast přechodu mezi původním a modifikovaný tvarem, plynulý náběh změny ("přechodnice").



85. Partial Modification, propagate



86. Force Model

Nejjednodušší energetický model.

Model prvek a překážka; prvek se pohybuje, překážka je pevná.

Snaha dosáhnout rovnovážného stavu.

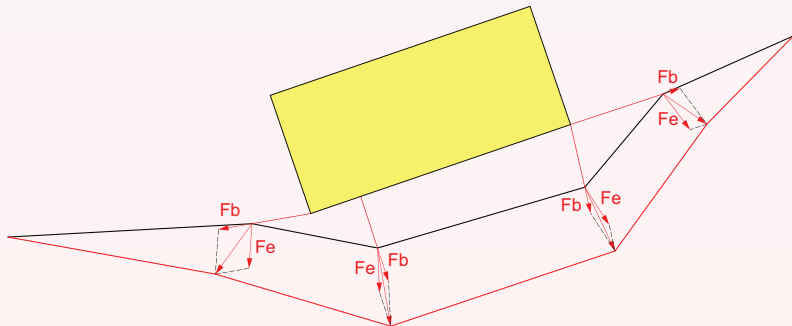
Velikost a směr posunu dány vektorovým součtem působení prvku F_e a překážky F_b .

$$F = F_e + F_b,$$

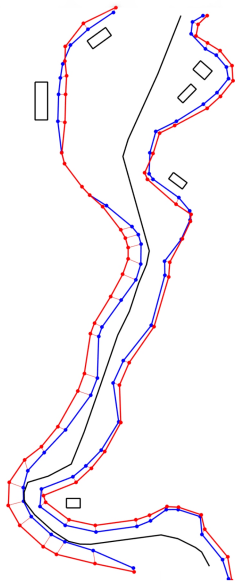
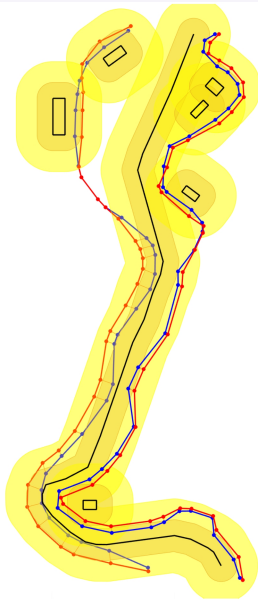
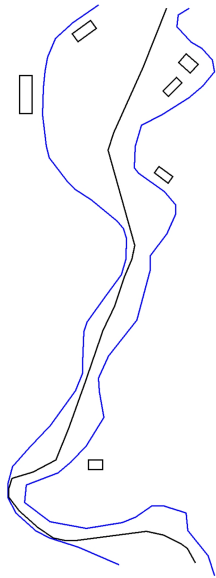
Ve vrcholu L má F_e směr normály, popř. bisektoru.

F_b směr k nejbližšímu prvku či výslednice ke k nejbližším prvkům.

Velikost síly klesá lineárně či kvadraticky se vzdáleností.



87. Ukázka Force Model



88. Energetic splines

Snakes (Kaas, 1988), nejčastější varianta Partial Modification.

Složitější modely, vzájemné modifikace více prvků současně.

Energetický spline, parametrická rovnice

$$v(s) = (x(s), y(s)),$$

odvozen z podmínky minimalizace celkové energie

$$E(s) = \int_0^1 E_i(s) ds + \int_0^1 E_e(s) ds.$$

Inner energy E_i :

Ovlivňuje odchylku od původní linie, napětí (Tension) a tuhost (Stiffness)

$$E_i(s) = \frac{1}{2} \left(\alpha(s) \|v(s)\|^2 + \beta(s) \left\| \frac{dv(s)}{ds} \right\|^2 + \gamma(s) \left\| \frac{d^2 v(s)}{ds^2} \right\|^2 \right),$$

kde α, β, γ konstanty.

Outer energy E_o :

Deformace daná vnějšími silami, energetická funkce volitelná uživatelem.

Velikost funkcí vzdálenosti d_i vrcholu v_i k nejbližšímu bodu bariéry.

Různá energetická schémata

$$E_e = \begin{cases} \frac{d_i}{d_{min}} & d_i < d_{min}, \\ 0, & d_i \geq d_{min}, \end{cases} \quad E_e = \begin{cases} \frac{(d_{min}-d_i)d_i}{d_i} & d_i < d_{min}, \\ 0, & d_i \geq d_{min}, \end{cases}$$

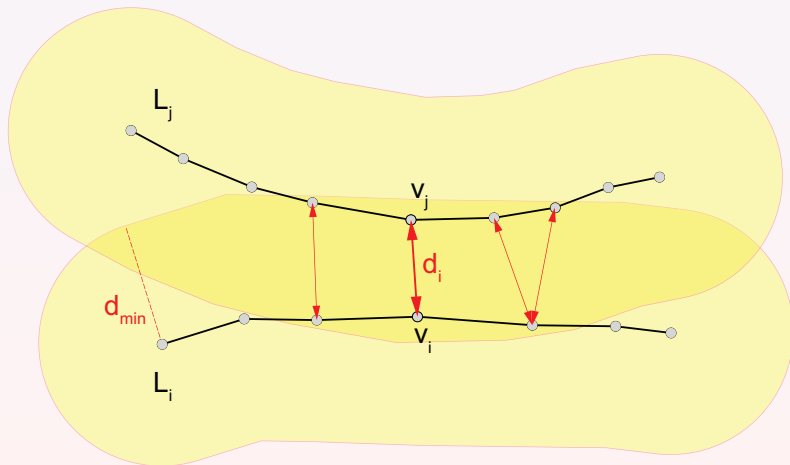
d_{min} minimální vzdálenost prvku od bariéry.

89. Outer Energy

Nalezení nejbližších bodů na obou prvcích.

Modifikace tvaru tak, aby se prvek držel uvnitř bufferu.

Napětí a tuhost ovlivní jeho "hladkost", nevznikají nepřírozené lomy.



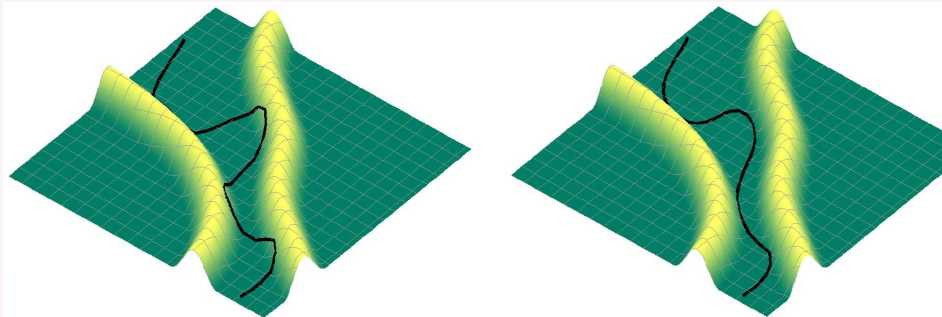
81. Vliv Outer Energy

Vnější energie formuje tvar splinu.

Nemůže dojít k nepřírozené deformaci $\Rightarrow$ vnitřní energie.

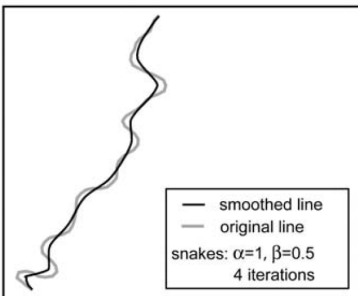
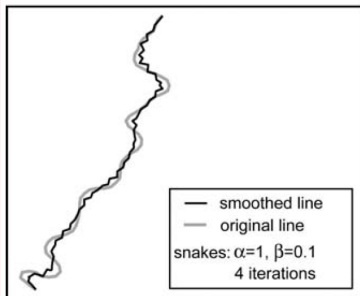
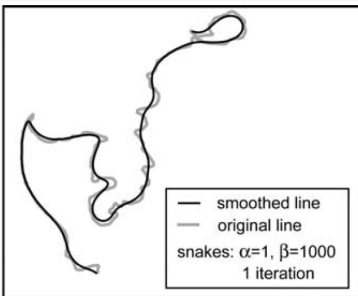
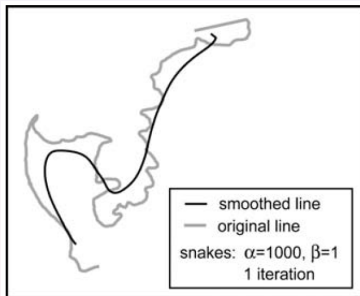
Spline zaujímá pozice v nižších energetických úrovních.

Posun a modifikace tvaru blíže středu koridoru.



Výsledná změna tvaru “kompromisem” mezi vnitřní a vnější energií.

90. Vliv parametrů β, γ



91. Princip metody

Diskretizace problému, iterační řešení.

Posuny vrcholů v i -té iteraci

$$\Delta x_{(i)} = (A + \lambda I)^{-1} (\lambda \Delta x_{(i-1)} - E_{e,x}),$$

$$\Delta y_{(i)} = (A + \lambda I)^{-1} (\lambda \Delta y_{(i-1)} - E_{e,y}),$$

kde

$$A = \begin{bmatrix} a & b & c & \cdots & c & b \\ b & a & b & \cdots & 0 & c \\ c & b & a & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ c & 0 & 0 & \cdots & a & b \\ b & c & 0 & \cdots & b & a \end{bmatrix},$$

a

$$a = \alpha + \frac{2\beta}{h^2} + \frac{6\gamma}{h^4}, \quad b = -\frac{\beta}{h^2} - \frac{4\gamma}{h^4}, \quad c = \frac{\gamma}{h^4}.$$

A se v průběhu výpočtu nemění (singulární), inverzi možno předpočítat.

+ Komplexní model (více prvků i bariér).

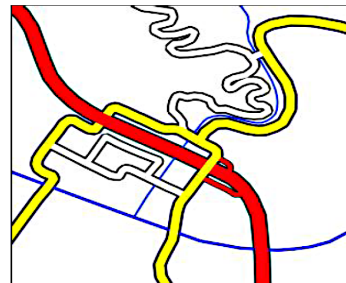
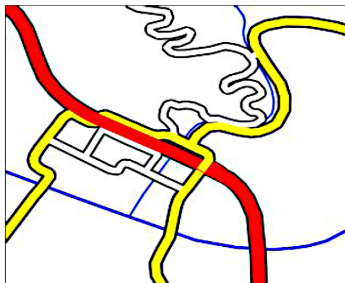
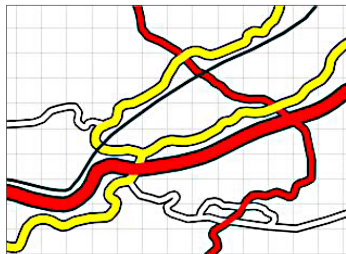
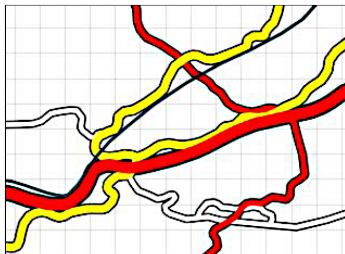
+ Robustní fyzikální zdůvodnění.

+ Kartograficky kvalitní výsledky.

- Možná oscilace splinu.

- Pomalá konvergence, řádově stovky iterací.

92. Partial Modification, ukázka



93. Displacement, energetic splines, ukázka



94. Typifikace

Redukce množství prvků tak, aby byla zachována struktura vzoru.

Provádí se při přechodu z měřítka 1:10 000 -> 1:25 000.

Pro měřítka 1:50 000 a menší používána agregace.

Často aplikována na plošné prvky, typicky zástavba.

Komplexní metoda, obtížně automatizovatelná, fuzzy pravidla.

Zahrnují geometrické, geografické i další vlastnosti.

Mnoho různých strategií.

V rámci předzpracování předběžná analýza struktury budov.

Poté aplikována typifikace.

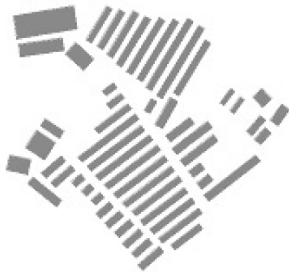
Přehled základních kartografických pravidel:

- 1 Význam budovy dán velikostí, polohou a využitím.
- 2 Plošně rozsáhlé budovy zachovány, malé nemusejí být.
- 3 Objekty tvořící orientačně významné prvky zachovány (křižovatky, ohyby).
- 4 Zachování vzájemné orientace budov + orientace vzhledem k uliční čáře.
- 5 Plošně rozsáhlé objekty zachovány, malé nemusejí.
- 6 Hustota rozložení budov v původní i generalizované mapě přibližně stejná.
- 7 Zachování původního vzoru.
- 8 Zachování rozestupů mezi objekty.

Geometrické parametry:

Minimální velikost budovy, vzdálenost mezi sousedními, vzájemná orientace, hustota zástavby, měřítko cílové mapy.

95. Typification vs Agregation



(a) to 1:25,000 scale, by typification



(b) to 1:50,000, by typification
and aggregation



(c) to 1:100,000, by aggregation



(d) to 1:250,000, by aggregation

96. Nalezení budov vhodných k typifikaci

Detekce prostorově sousedících budov.

Na takové objekty bude následně aplikována typifikace.

Proximity Graphs.

Využití pro detekci prostorově sousedících budov.

Objekty, které jsou dostatečně blízko, jsou spojeny hranou.

Varianty PG: Gabriel, Relative Neighborhood, Sphere of Influence, Delaunay, MST...

PG lze rozšířit i na 2D objekty: VD, generátory tvořeny budovami.

Princip konstrukce:

Vytvoření Constrained Delaunay Triangulation, hrany obrysy budov.

Odstranění hran uvnitř budov.

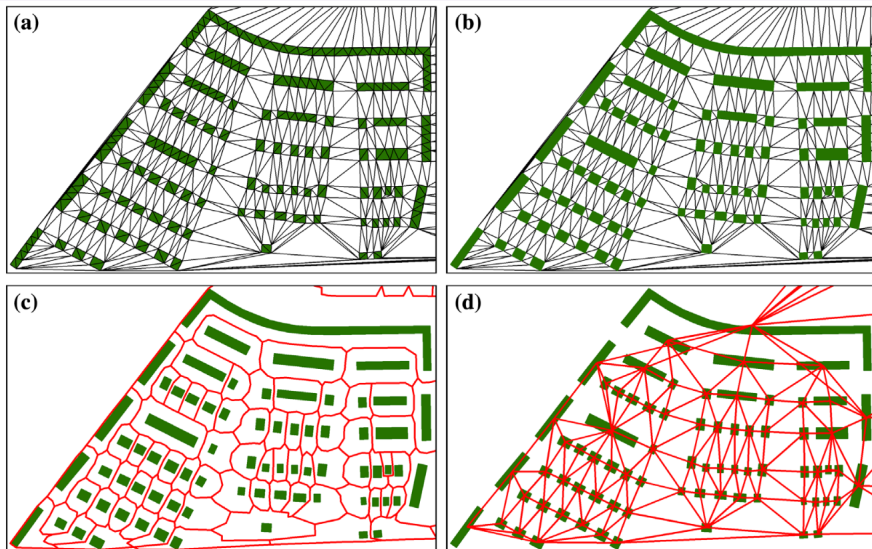
Konstrukce Delaunay (Chordal) Axis.

Vytvořené buňky aproximací VD s plošnými generátory.

Dva generátory jsou blízké právě když jejich buňky sousedí.

Vytvoření grafu sousedících budov.

97. Proximity Graph



98. Prořezání grafu

Cílem vytvoření podgrafu, hrany spojují objekty vhodné k typifikaci.

Předpokladem lineární vzor: skupina typifikovaných objektů leží na přímce.

Odstranění nevhodných hran na základě geometrických parametrů.

Myšlenka: typifikované objekty mají podobnou velikost a orientaci. **Area Ratio:**

Spojujeme objekty s podobnou plochou

$$\delta_A = \frac{|A_1 - A_2|}{A_1 + A_2}.$$

Pokud $\delta_A > \bar{\delta}_A$, hrana odstraněna.

Facing Ratio:

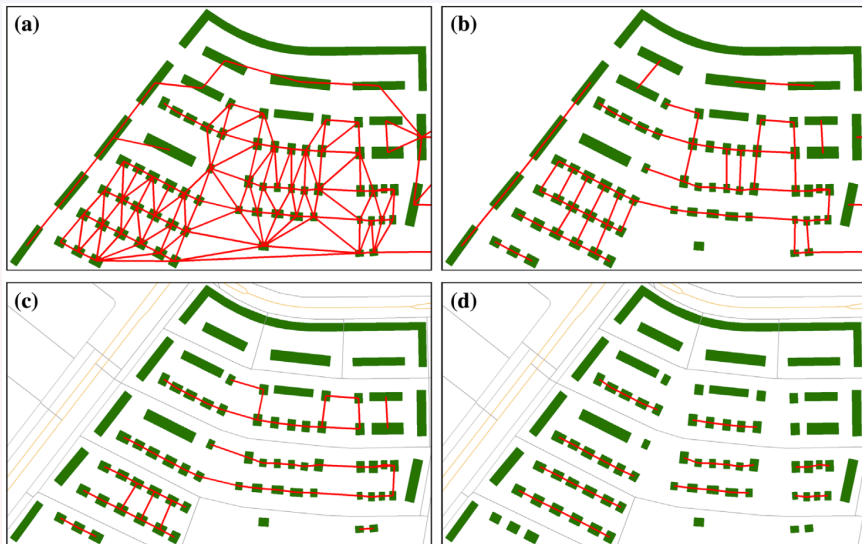
Spojujeme objekty s podobnou orientací

$$\delta_F = |\sigma_2 - \sigma_1|.$$

Pokud $\delta_F > \bar{\delta}_F$, hrana odstraněna.

Následně odstranění hran protínající uliční síť a příliš krátkých hran.

99. Prořezávání grafu, ukázka



100. Vlastní typifikace

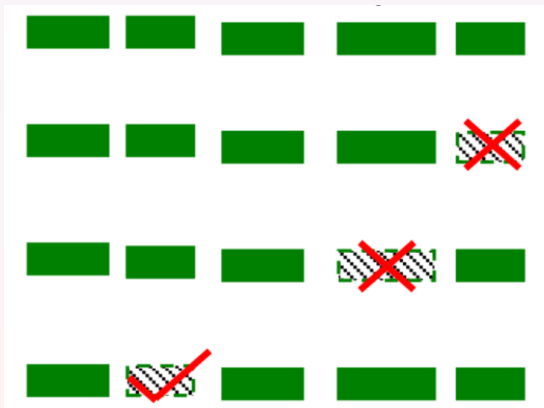
Komplexní operace zahrnující několik generalizačních operátorů.

Nejčastěji Elimination + Exagggregation + Displacement $\Rightarrow$ Generalizační schéma.

Elimination.

Použitá geometrická pravidla:

- 1 Nelze odstranit první a poslední budovu shluku.
- 2 Odstraňujeme dle priority (např. plocha budovy).
- 3 Snaha minimalizovat vliv této operace na mapovou kresbu.



101. Exagregation

Zvětšení okolních objektů, aby se zaplnila mezera po odstraněném prvku.

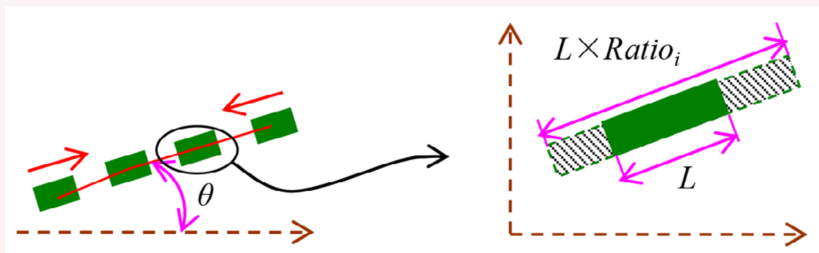
Použitá geometrická pravidla:

- 1 Obrys generalizovaného lineárního bloku se nesmí změnit.
- 2 Celková plocha typifikovaných objektů se nezmění.
Alternativně využití Black and White Ratio (BWR)

$$BWR = \frac{A_{zast}}{A_{nezast}}.$$

Nemění se poměr zastavěné/nezastavěné plochy.

- 3 Exagregace budovy pouze ve směru lineárního vzoru.



Exagregace zpravidla vede k požadavku na Displacement.

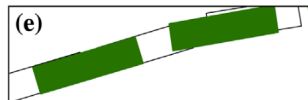
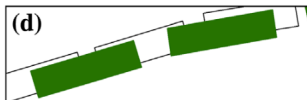
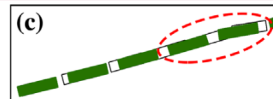
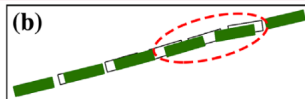
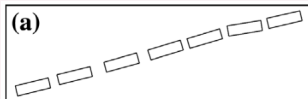
102. Displacement

Operátor je aplikován z níže uvedených důvodů:

- Zaplnění mezery po odstraněné budově.
- Oprava rozestupů budov po exagraci.

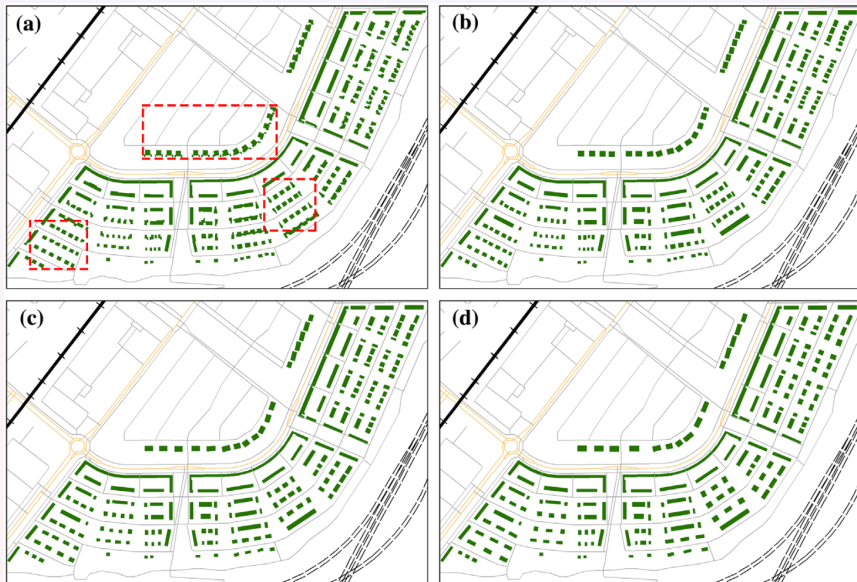
Použitá geometrická pravidla:

- 1 Obrys generalizovaného bloku se nesmí změnit.
- 2 Poloha první a poslední budovy v bloku se nemění.
- 3 Rozestup všech vnitřních budov v bloku stejný.



Gong & Wu, 2018.

103. Ukázka typifikace I.



104. Ukázka typifikace II.

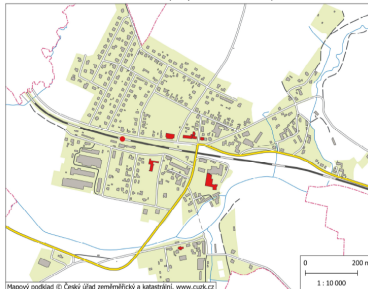
Rodinná zástavba + průmyslové objekty.

Mapový podklad © Český úřad zeměměřický
a katastrální, www.cuzk.cz

Příloha 3h: Okrouhlice (okr. Havlíčkův Brod)

Legenda pro jednotlivé mapy je uvedena v Příloze 3.
Zdroj dot. ZABAGED (2019) a DATA 50 (2019).

Původní situace (vstupní měřítko 1 : 10 000)



Výsledek typifikace A (cílové měřítko 1 : 25 000)



Výsledek typifikace A (cil. m. 1 : 25 000)

Nastavení parametry: 20, 1, 15;
548,0; 16,0; 0,50; 0,29; 5,0; 2

Výsledek typifikace B (cil. m. 1 : 25 000)

Nastavení parametry: 20, 1, 15;
548,0; 16,0; 0,70; 0,40; 5,0; 2

Výsledek typifikace C (cil. m. 1 : 50 000)

Nastavení parametry: 20, 1, 15;
548,0; 16,0; 0,50; 0,29; 5,0; 2

Výsledek typifikace D (cil. m. 1 : 50 000)

Nastavení parametry: 20, 1, 15;
548,0; 16,0; 0,70; 0,40; 5,0; 2

Výsledek typifikace – ZM50



105. Ukázka typifikace III.

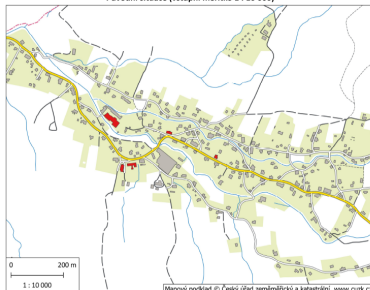
Sídlo vesnického typu.

Mapový podklad © Český úřad zeměměřický
a katastrální, www.cuzk.cz

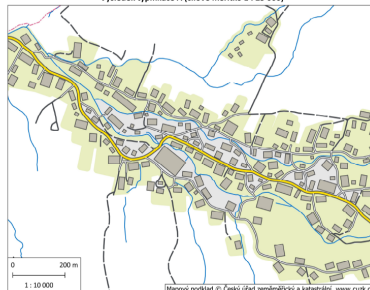
Příloha 3d: Bílý Potok (okr. Liberec)

Legenda pro jednotlivé mapy je uvedena v Příloze 3.
Zdroj dat: ZABAGED (2019) a DATA 50 (2019).

Původní situace (vstupní měřítko 1 : 10 000)



Výsledek typifikace A (cílové měřítko 1 : 25 000)



Výsledek typifikace A (cil. m. 1 : 25 000)

Nastavené parametry: 20, 1, 15;
303,0; 16,0; 0,50; 0,29; 5,0; 2



Výsledek typifikace B (cil. m. 1 : 25 000)

Nastavené parametry: 20, 1, 15;
303,0; 16,0; 0,70; 0,40; 5,0; 2



Výsledek typifikace C (cil. m. 1 : 50 000)

Nastavené parametry: 20, 1, 15;
303,0; 16,0; 0,50; 0,29; 5,0; 2



Výsledek typifikace D (cil. m. 1 : 50 000)

Nastavené parametry: 20, 1, 15;
303,0; 16,0; 0,70; 0,40; 5,0; 2



Výsledek typifikace - ZM50



106. Collapse

Změna prostorové dimenze prvku.

V měřítku mapy nelze zobrazit plošným kartografickým znakem.

Nejčastější varianty:

- $2D \Rightarrow 1D$ (*Area to Line*)
Plošný znak na bodový, typické pro sídla.
- $2D \Rightarrow 0D$ (*Area To Point*):
Plošný znak na liniový, typické pro vodstvo.

Full vs Partial Collapse:

- *Collapse*
Operace aplikována na celý prvek.
Nejčastěji používaná varianta.
- *Partial Collapse*
Operace aplikována pouze na část prvku.
Důvody: geometrické, semantické.
Typické pro vodstvo, vodní tok -> přehrada (širší).

107. Collapse: 2D $\Rightarrow$ 0D

Prvky, které nelze v cílovém měřítku zobrazit plošným znakem.

Typickým příkladem sídla, přechod od plošné k bodové reprezentaci.

Náhrada bodovým prvkem.

Zpravidla umístěn v těžišti (centroidu) generalizovaného prvku.

Region $P = \{p_i\}_{i=1}^n$, kde $p_i = [x_i, y_i]$.

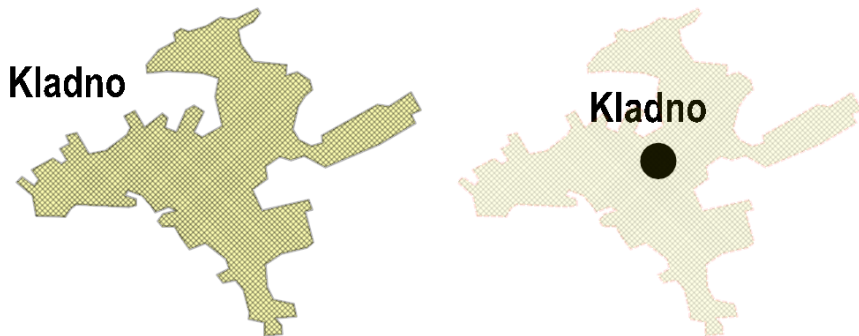
Souřadnice centroidu $C = [x_c, y_c]$ regionu

$$x_c = \frac{1}{6A} \sum_{i=1}^n (y_i x_{i+1} - x_i y_{i+1})(x_i + x_{i+1}),$$

$$y_c = \frac{1}{6A} \sum_{i=1}^n (y_i x_{i+1} - x_i y_{i+1})(y_i + y_{i+1}).$$

Není shodný s těžištěm bodové množiny (tj. aritmetickým průměrem).

108. Collapse: $2D \Rightarrow 0D$, ukázka



109. Collapse: 2D $\Rightarrow$ 1D

Použití u protáhlých a úzkých prvků, které nelze zobrazit v měřítku generalizované mapy plošným znakem.

Využití zejména u vodstva: vodní toky i vodní plochy.

Některé prvky nelze v cílové mapě zobrazit břehovkou.

Nalezení liniové reprezentace.

Náhrada prvku lomenou čarou s vhodnými parametry.

Využití skeletonu, nejčastěji Straight Skeleton, Linear Axis.

Linear axis méně citlivá k reflexním vrcholům.

Vhodnější v oblastech meandrů (jde více “středem”)

Princip algoritmu:

Konstrukce skeletonu vstupní oblasti.

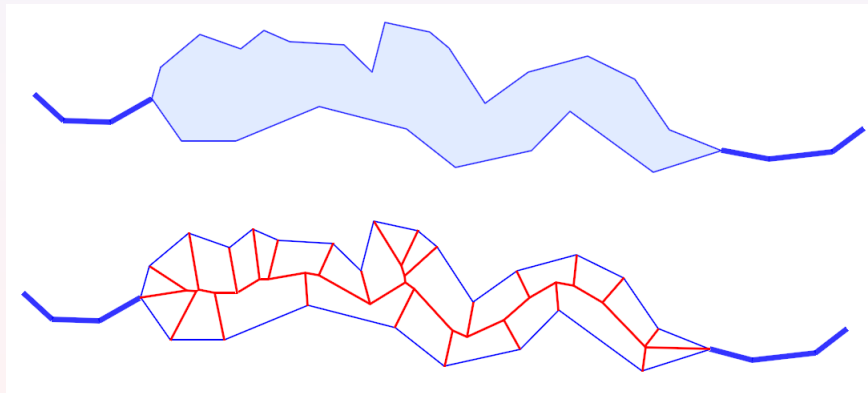
Konverze do grafové reprezentace: strom.

Nalezení optimální cesty grafem, využití BFS.

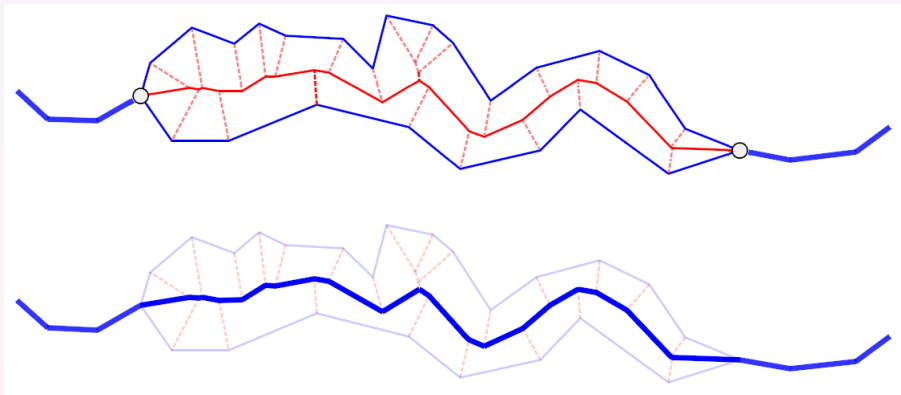
Tvarově velmi dobrá aproximace původního prvku.

Problematická místa: ostrovy, meandry, kombinace dalších operátorů.

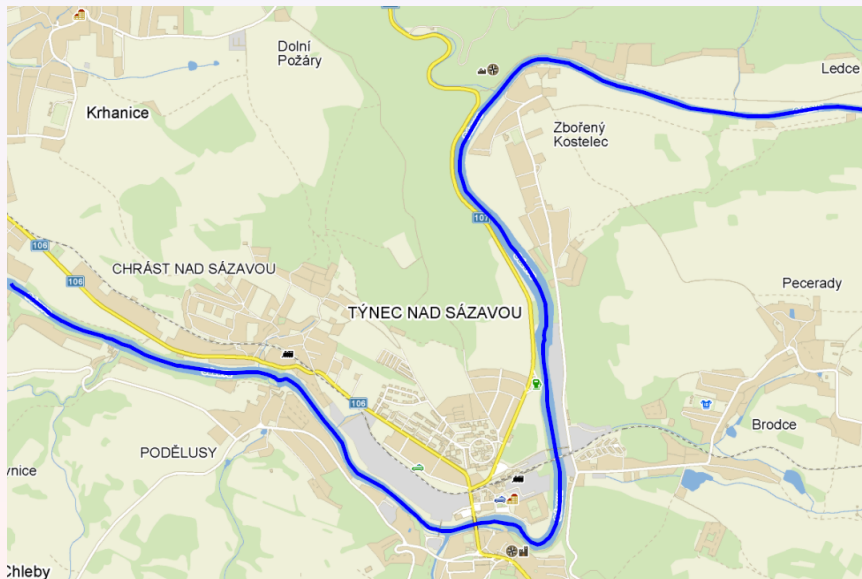
110. Collapse: $2D \Rightarrow 1D$, Straight skeleton



111. Collapse 2D $\Rightarrow$ 1D, BFS



112. Collapse: $2D \Rightarrow 1D$, řeka Sázava

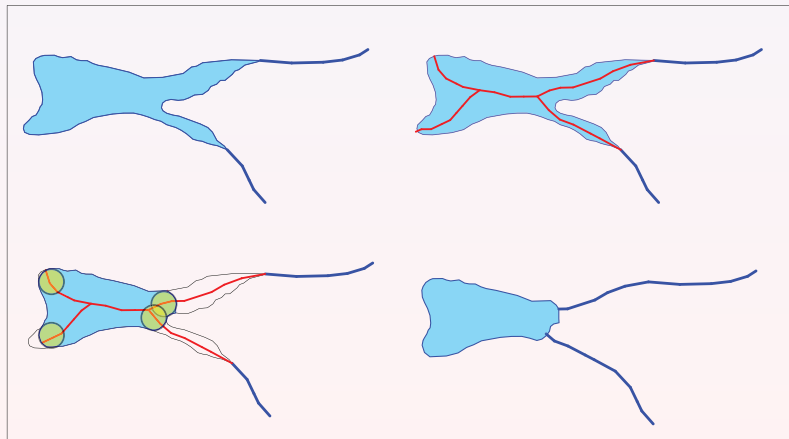


113. Partial Collapse

Vzniká u plošných prvků, které mění svoji šířku.

Obtížné správně napojit generalizovanou část na původní prvek.

Využití skeletonu a ε -Rolling Circle.



114. Merge

Kombinace dvou blízkých/sousedících plošných objektů.

Od určitého měřítka mapy nelze takové objekty zobrazovat samostatně.

Alternativně splňující/nesplňují zadanou podmínku.

Pravidla pro Merging:

Geometrická i semantická, provádíme k objektu:

- s největší plochou,
- s největší délkou společné hranice,
- s největším významem.

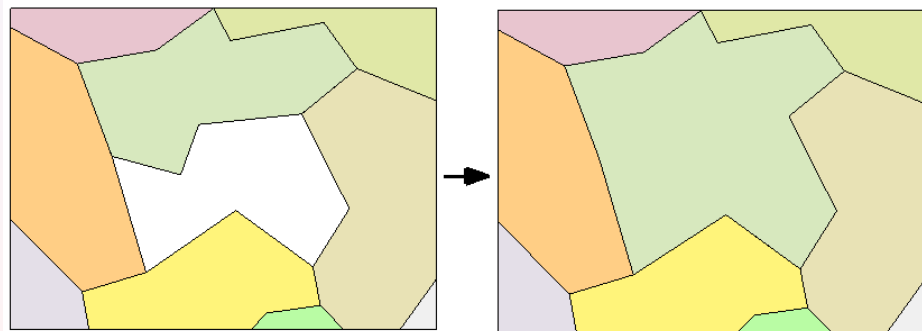
Oblast spojena s incidující: operace UNION.

+ Snadná implementace.

- Nevýhodou přílišná dominance sjednocené oblasti vůči okolí.
- Z kartografického hlediska nevypadá přirozeně.

Zpravidla preferujeme Dissolving.

115. Merging, ukázka



116. Dissolve

Alternativa k Merge, generalizovaná oblast rozpuštěna.

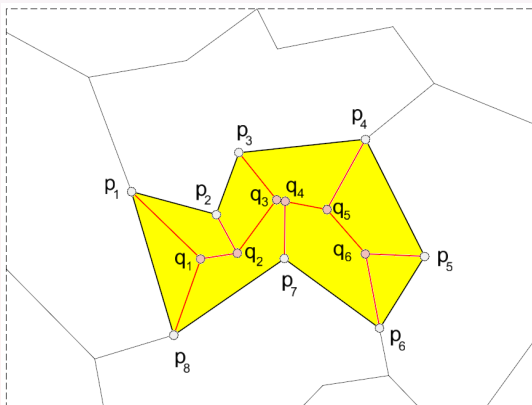
Její plocha rozdělena mezi sousední oblasti.

Jakým způsobem vést dělicí hranice, aby:

- přibližně vystihovaly tvar generalizované oblasti,
- byla zaručena topologická korektnost?

Využití topologické kostry, nejčastěji Straight Skeleton.

Dělicí hranice jdou po hranách skeletonu.



117. Princip Dissolve

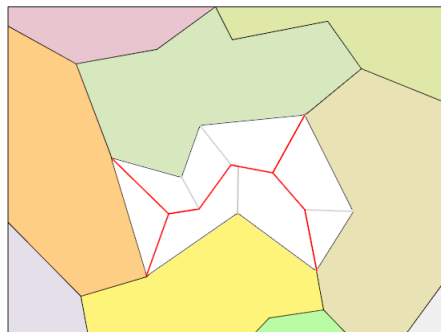
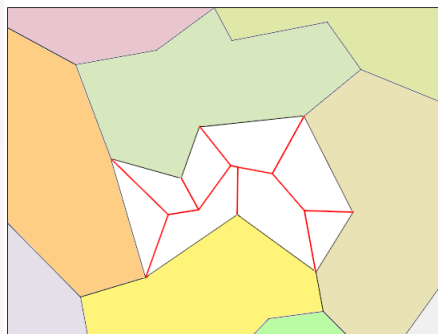
Generalizovaná oblast má m uzlových bodů označených. Postup:

- 1 *Vygenerování skeletu:*
Graf, lze reprezentovat binárním stromem.
- 2 *Nalezení dělicích hranic:*
Nejkratší cesty stromem mezi uzlovými body.
- 3 *Rozdělení původní oblasti:*
Použity nové dělicí hranice, vznik nových podoblastí.
- 4 *Merge:*
Applikace Merge na všechny nové podoblasti.
Sloučeny se svými sousedy.

- + Dissolve dosahuje lepších výsledků než agregace
- + Nedochozí k nadměrné dominanci generalizované oblasti vzhledem k ostatním.
- Nelze použít vždy, generalizovaná oblast nesmí ležet na okraji.
- Postupy poměrně náročné na implementaci.
- Pro určité konfigurace bodů méně vhodný tvar skeletu.

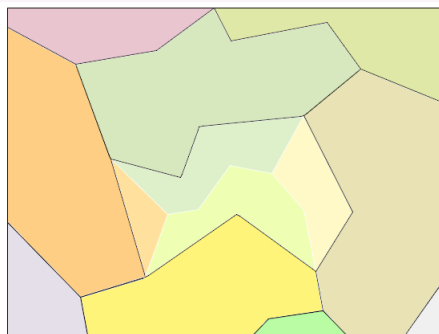
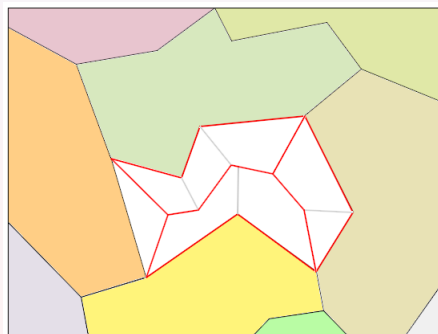
118. Dissolve, 1/3

Konstrukce skeletonu a nalezení nejkratších cest.



119. Dissolve, 2/3

Rozdělení původní oblasti.



120. Dissolve, 3/3

Aplikace operátoru Merge.

