



## **Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek**

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.  
T-MAPY spol. s r.o.

ZDIBY 2016

**Autorský kolektiv:**

Ing. Radek Augustýn	- VÚGTK
Ing. Antonín Kočenda	- VÚGTK
Ing. Tomáš Vacek	- VÚGTK
Ing. Jaroslav Zemek, CSc.	- VÚGTK

**Oponenti:**

Ing. Luděk Ovčarik	- Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad, Dobruška
Ing. Alois Hofmann	- Univerzita obrany, Brno

„Projekt č. TB04CUZK001 „Výzkum a vývoj metod pro kartografickou generalizaci státního mapového díla středních měřítek“ je řešen s finanční podporou TA ČR“.

Tato metodika je jedním z výstupů projektu TB04CUZK001. Metodika byla certifikována Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním dne 8. prosince 2016 (čj. ČÚZK-14608/2016-22)

**T A**  
**Č R**

Program **Beta**

## Obsah

1.	Cíl metodiky .....	1
2.	Vlastní popis metodiky .....	2
2.1	Místo metodiky Nmet3 v systému dokumentace projektu TB04CUZK001 .....	2
2.1.1	Cíle a celkový rámec projektu TB04CUZK001 .....	2
2.1.2	Popis systému dokumentace projektu TB04CUZK001 .....	2
2.1.3	Schéma vazeb mezi dokumenty .....	2
2.2	Operátory kartografické generalizace.....	3
2.2.1	Obecná definice a členění operátorů .....	3
2.2.2	Základní typy operátorů kartografické generalizace .....	3
2.2.3	Seznam a definice operátorů, grafická schémata a ukázky v SMD.....	4
2.2.4	Zásady a pravidla použití operátorů pro řešení izolovaných situací.....	4
2.3	Segmentace .....	5
2.3.1	Segmentace pracovního prostoru .....	5
2.3.2	Segmentace průběhů kolidujících liniových a areálových prvků .....	5
2.3.3	Grafická schémata segmentace .....	7
2.4	Strukturální vzory .....	8
2.4.1	Obecná definice strukturálních vzorů .....	8
2.4.2	Vybrané základní typy strukturálních vzorů a jejich hlavní charakteristiky ...	8
2.5	Hlavní výpočetní nástroje pro algoritmizaci operátorů, segmentaci a vyhledávání strukturálních vzorů .....	14
2.5.1	Podpůrné funkce a nástroje .....	14
2.5.2	Algoritmy pro řešení generalizačních operátorů .....	15
2.6	Operátor Odsun .....	16
2.6.1	Definice .....	16
2.6.2	Typy odsunu.....	16
2.6.3	Druhy odsouvaných prvků .....	17
2.6.4	Algoritmizace Odsunu .....	18
2.6.5	Výsledky řešení řešení odsunů a jejich implementace.....	20
2.6.6	Schéma výběru vhodného algoritmu .....	21
2.6.7	Algoritmy použitelné pro odsuny při tvorbě SMD .....	21
2.6.8	Hodnocení nejznámějších publikovaných řešení.....	26
2.6.9	Doporučení k implementaci algoritmů odsunů .....	31
2.7	Ztotožnění průběhu .....	34
2.7.1	Definice a typy .....	34
2.7.2	Použitelné algoritmy .....	36
2.7.3	Řešení úlohy .....	36
2.7.4	Doporučení pro implementaci algoritmu .....	37
2.8	Testování funkčnosti.....	38
2.8.1	Sady testovacích dat.....	38
2.8.2	Scénáře testování.....	38
3.	Novost použitého postupu .....	39
4.	Uplatnění certifikované metodiky .....	40
4.1	Uplatnění certifikované metodiky v rámci projektu TB04CUZK001 .....	40
4.2	Další uplatnění metodiky .....	40

# Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

4.3	Uživatelé metodiky .....	40
5.	Ekonomické přínosy certifikované metodiky .....	42
6.	Seznam použité literatury .....	43
6.1	Seznam použité související literatury .....	43
6.2	Seznam publikací, které předcházely certifikované metodice .....	46
7.	Seznam použitých zkratk .....	47
8.	Závěr .....	48
9.	Přílohy .....	49
9.1	Seznam obrázků .....	49
9.2	Seznam tabulek .....	49

## 1. Cíl metodiky

---

Cílem metodiky je zmapovat vyčerpávajícím způsobem jednotlivé izolované a komplexní algoritmy potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek. Pro ověření těchto algoritmů vytvořit běžnými manuálními postupy nebo s využitím dostupných nástrojů GIS ověřovací datovou sadu. Tato data budou, v případné následné implementaci metodiky do ověřené technologie, sloužit k ověření funkčnosti implementací algoritmů a jejího souladu s touto metodikou.

Rozsah řešení je primárně stanoven na řešení automatizované generalizace při tvorbě Základních map České republiky měřítek 1 : 10 000 a 1 : 25 000 (ZM 10 a ZM 25): Navrhovaná řešení a však mají být dostatečně obecná, aby byla možná jejich snadné modifikace a následné uplatnění i pro tvorbu map dalších měřítek.

Tato metodika bude navazovat na výsledky řešení dalších úkolů, které jsou také součástí projektu TB04CUZK001 "Výzkum a vývoj metod pro kartografickou generalizaci státního mapového díla středních měřítek", zejména úkolu „Pravidla sestavení a uvolňování pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek“ jehož hlavním výsledkem je obdobná certifikovaná metodika Nmet2. Výsledky dosažené při řešení algoritmů pro generalizaci budou využity v navazujících úkolech, zejména v úkolech „Knihovna generalizačních algoritmů pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek-Software R1“ a „Popis procesního modelu automatizované technologie tvorby map - Certifikovaná metodika Nmet1“.

Důležitou součástí vypracované metodiky bude rešerše použitelných implementací algoritmů pro automatizovanou generalizaci a návrhy množiny algoritmů pro implementaci technologického ověřování.

## 2. Vlastní popis metodiky

### 2.1 Místo metodiky Nmet3 v systému dokumentace projektu TB04CUZK001

#### 2.1.1 Cíle a celkový rámec projektu TB04CUZK001

Cílem řešení je v maximální možné míře nahradit stávající asistovanou generalizací generalizací automatizovanou. Stávající produkční linka pro tvorbu topografických map tedy bude doplněna o generalizační modul, určený k automatizovanému řešení / vyřešení generalizace kartografického obsahu v měřítcích 1:10 000 a 1:25 000. Výsledný, generalizovaný kartografický model bude dále využit stávajícím způsobem k finalizaci jednotlivých produktů.

V prostředí stávající produkční linky SMD středních měřítek u uživatele metodiky si lze uvedený cíl představit tak, že vstupem pro generalizační modul budou data ZABAGED® v negeneralizovaném kartografickém modelu a výstupem budou data v generalizovaném kartografickém modelu, který bude určen pro symbolizaci a následné sestavení map měřítek 1:10 000 a 1:25 000. Dosažené výsledky projektu jako celku i jeho jednotlivých částí budou srovnávány s požadavky dle zadávací dokumentace a jejich upřesněním v předkládané nabídce. Pokud nebyla formulace požadavků v zadávací dokumentaci přesná či jednoznačná, pak se má za to, že upřesňující formulace v předkládané nabídce jsou pro účely hodnocení kvality řešení součástí zadání.

#### 2.1.2 Popis systému dokumentace projektu TB04CUZK001

Výsledky řešení celého projektu TB04CUZK001 budou uživatelům předány v následujících formách:

- Popis procesního modelu automatizované technologie tvorby map - Certifikovaná metodika Nmet1
- Pravidla sestavení a uvolňování pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek - Certifikovaná metodika Nmet2
- Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek - Certifikovaná metodika Nmet3
- Knihovna generalizačních algoritmů pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek - Software R1
- Knihovna programů pro řízení dílčích procesů automatizované tvorby topografických map – Software R2
- Komplexní řízení procesu tvorby státního mapového díla měřítek 1 : 10 000 a 1 : 25 000 - Ověřená technologie Z.

#### 2.1.3 Schéma vazeb mezi dokumenty

Dokumenty vytvářejí navzájem těsně provázaný systém, v němž jsou mezivýsledky prakticky všech úkolů navzájem sdíleny a navzájem se ovlivňují. Tomuto principu byl podřízen i harmonogram řešení jednotlivých problematik.

Nmet3 má bezprostřední a nejsilnější vazby na Nmet 2 a R1. Nmet3 je uživatelem poznatků a výsledků Nmet2, řešitelé výstupu Software R1 naopak využívají výsledky této Nmet3 k testům a poté bude dokončena uživatelská dokumentace.

Softwarová knihovna představující výsledek typu R1 obsahuje implementace vybraných generalizačních algoritmů stanovených certifikovanou metodikou Nmet3. Izolované a vybrané komplexní algoritmy budou ověřeny pomocí datových sad. Výsledkem bude volně použitelný software, který bude moci být využíván nejen v resortu ČÚZK, ale i v resortu Ministerstva obrany ČR a v dalších resortech produkujících kartografické produkty středních měřítek.

Vlastní komplexní proces generalizace bude implementován ověřenou technologií Z, která umožní jak generalizaci prvků podle pevně definovaných pravidel, tak také komplexní

generalizaci s využitím znalostní databáze vytvořené v rámci metodiky Nmet2. Technologický postup bude navržen tak, aby samostatně provedl generalizaci reprezentativní sady generalizačních situací vytvořených v rámci řešení certifikované metodiky Nmet 3.

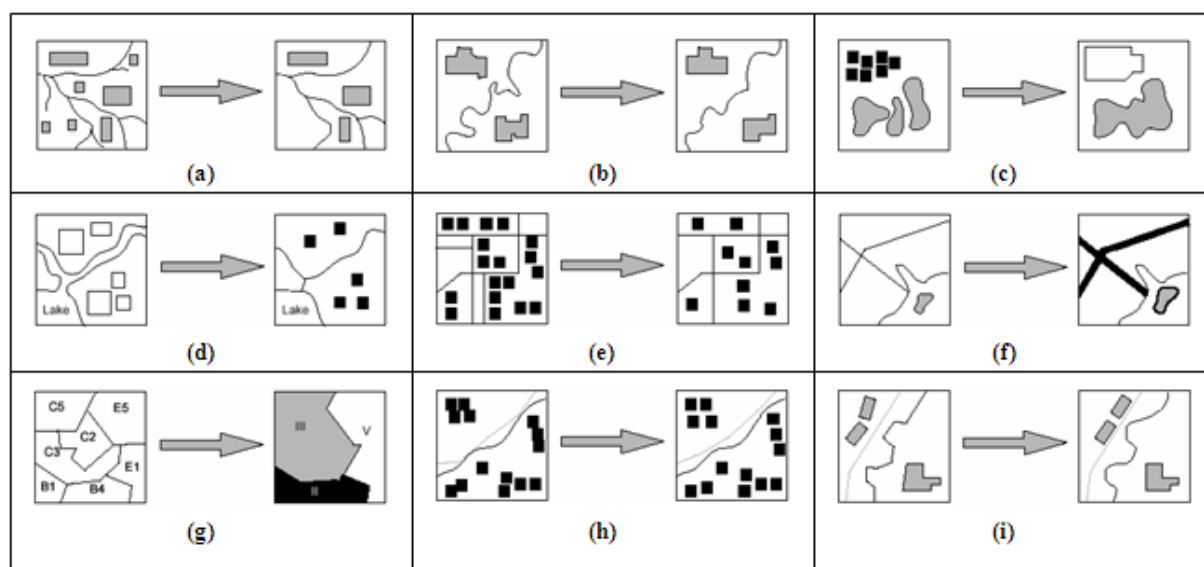
## 2.2 Operátory kartografické generalizace

V odborné literatuře existuje mnoho přístupů a návrhů operátorů, jejich definic a typologií. Většinou řešitelů procesů automatizované generalizace je akceptována skladba a definice operátorů, které byly navrženy a aplikovány v rámci evropského projektu „Automated Generalisation New Technology“ (dále jen AGENT) řešenému týmem složeným ze špičkových odborníků z předních evropských mapovacích institucí a univerzit. Výzkumný a vývojový projekt AGENT byl financován z Programu ESPRIT a řešení probíhalo v letech 1997 až 2000. Byla zveřejněna pouze část dokumentace k tomuto projektu. Přesto představuje i dnes platný a velmi cenný metodický materiál. Byl, spolu s dokumenty dalších, často na AGENT navazujících projektů, velmi inspirativní i pro zpracovatele Nmet3. Seznam hlavní použité odborné literatury je uveden v kapitole 6. Cíle projektu a specifikace SMD vyžadovaly kromě obecně přijímaných operátorů vydefinovat a detailně rozpracovat i vlastní operátory a vytvořit nově jejich originální typologii. Při jejich zpracování byl jako základ využíván „Katalog generalizačních operátorů“ vytvořený ve VÚGTK již v roce 2014.

### 2.2.1 Obecná definice a členění operátorů

Operátory jsou základním stavebním kamenem generalizace. Jedná se o činnosti, kterými řešíme jednotlivé generalizační situace. Například operátor Vylepšení může být proveden operací (postupem) ztotožnění lemovky lesa s okrajovou čarou náspu. To je poté v digitální podobě provedeno pomocí algoritmu ztotožnění, implementovaného například v knihovně WebGen. Operátor je tedy mechanismus transformace skupiny (0..n) kartografických objektů na jinou skupinu kartografických objektů (0..m). Operátorem může být i změna použitého symbolu nebo změna pravidel pro jejich použití – viz Symbolizace.

### 2.2.2 Základní typy operátorů kartografické generalizace



1. [Vypuštění](#)

2. [Zjednodušení](#)

3. [Agregace](#)

4. <a href="#">Kolaps</a>	5. <a href="#">Typizace</a>	6. <a href="#">Zvýraznění</a>
7. <a href="#">Klasifikace</a>	8. <a href="#">Odsun</a>	9. <a href="#">Vylepšení</a>
<a href="#">Symbolizace</a>		

Obrázek č. 1 Přehled základních typů generalizačních operátorů

Operátor Symbolizace je specifickým případem generalizačních operátorů, který nepatří mezi devět všeobecně uznávaných základních typů generalizačních operátorů. Jeho zvláštní charakter a zařazení mezi operátory vyplývá ze skutečnosti, že je používán v případě, že ke správnému zobrazení prvku, např. k výběru příslušné varianty smluvené značky, je přikročeno až na základě výsledků provedených prostorových analýz a zjištění vzájemných vztahů tohoto zpracovávaného prvku k okolním blízkým nebo k okolním sémanticky souvisejícím prvkům. Pro realizaci těchto prostorových analýz jsou používány v řadě případů stejné nebo obdobné algoritmy a výpočetní nástroje, jako pro řešení základních typů operátorů.

### 2.2.3 Seznam a definice operátorů, grafická schémata a ukázky v SMD

Definice, podrobné popisy a grafické ukázky stanovených generalizačních operátorů jsou detailně rozpracovány v příloze 2 „Seznam operátorů kartografické generalizace“. K ukázkám, sloužícím pro názornou ilustraci jednotlivých operátorů, byly použity vybrané situace s vyznačením relevantního místa.

### 2.2.4 Zásady a pravidla použití operátorů pro řešení izolovaných situací

Symbolizací dat datového modelu vzniknou různě složité kolizní situace. V převážné většině představují:

- překryty tzv. *footprintů* značek
- vzdálenosti těchto *footprintů* značek jsou menší, než je práh rozlišitelnosti platný pro tyto typy značek a specifikaci mapového produktu
- některé rozměry, popř. detaily, symbolizovaných prvků jsou pod hodnotou stanovenou jako práh zrakového vnímání
- v určité části mapy je výrazně vyšší koncentrace výskytu prvků než v ostatních částech mapy apod.

Všechny tyto skutečnosti by zapříčinily celkové snížení čitelnosti odvozované mapy a tím i její užité hodnoty. K prevenci uvedených problémů jsou na modelová data aplikovány generalizační operátory. Počet a pořadí realizace operátorů vyplývá ze složitosti kolizní situace, která je dána počtem a sémantickými typy zúčastněných prvků, jejich geometrickým typem a vzájemnými polohovými, topologickými a sémantickými (funkčními) vztahy. Vzhledem k počtu operátorů potřebných k řešení kolizních situací jsou tyto členěny na izolované a komplexní.

**Izolované situace** – jsou charakteristické relativně jednoduchými vztahy mezi zúčastněnými prvky, přičemž počet zúčastněných prvků je malý. K řešení postačí aplikovat zpravidla pouze jeden z generalizačních operátorů.

**Komplexní situace** – jak vyplývá z jejich názvu, jsou situace složité, s účastí většího počtu prvků různých typů (sémantických i geometrických), jejichž prostorové a topologické vztahy jsou poměrně komplikované. K jejich vyřešení je potřebné aplikovat větší počet generalizačních operátorů. Pořadí aplikování jednotlivých operátorů nelze vždy dopředu pevně stanovit a vyplývá až z provedených analýz vztahů mezi prvky. Posloupnost operátorů zvolený podle výsledků těchto analýz nemusí nutně vést k vyřešení nebo zlepšení kolizní situace a výpočetní postup je opakován s jinými vstupními parametry, s jinou posloupností těch samých operátorů nebo se sestavou



jiných operátorů. Více k této problematice viz N<sub>met</sub> 1 „Popis procesního modelu automatizované technologie tvorby map“.

O složitosti vybraných generalizačních situací svědčí výčet operátorů, potřebných k řešení kolizních situací, který je pro jednotlivé situace uveden v příloze č. 4.

## 2.3 Segmentace

Segmentace je významnou součástí celkové strategie generalizace. Jejím účelem je rozdělit pracovní prostor na relativně nezávislé menší části, které budou zpracovány jako určitý celek specifickým způsobem. Pro algoritmizaci řešení konkrétních generalizačních úloh je potřebné nejen pracovní prostor, ale i areálové a liniové prvky, členit dále do menších částí (segmentů, oblastí, úseků, částí...). Tento proces je obecně označován jako segmentace.

**Pracovní prostory** jsou definovány v celkové strategii generalizace a lze předpokládat, že budou vymezeny některým z následujících způsobů:

- rámem mapového listu Základních map 1:10 000 nebo 1:25 000
- kilometrovou sítí s rozestupem 10 x 10 km
- státními hranicemi a hranicemi administrativního členění apod.

V určitých případech je možné využívat i jejich kombinace nebo další výše neuvedené způsoby vymezení těchto pracovních prostorů.

### 2.3.1 Segmentace pracovního prostoru

K segmentaci pracovního prostoru na menší plošné útvary jsou používány liniové prvky, které tvoří kostru polohopisu, to znamená především, že mají vyšší požadavky na polohovou přesnost, větší význam a tedy celkově vyšší prioritu ve srovnání s okolními prvky. Při přechodu z datového modelu do mapy menšího měřítka nejsou z jejího obsahu vylučovány, jejich tvary (průběhy) jsou relativně stabilní, tj. vyznačují se polohovou stálostí - malou mírou deformovatelnosti, zevšeobecnění a zjednodušení tvarů. V kolizích s jinými prvky hrají tato zpravidla roli řídicího prvku.

Významnou roli při segmentaci pracovního prostoru hrají také areálové prvky, k jejichž symbolizaci jsou pro výplň používány jiné barvy, než jsou barvy jejich okolí. Jakékoliv změny průběhů hranic těchto areálových prvků, které jsou také liniemi vymezujícími tyto segmenty pracovního prostoru, se musí odrazit také v úpravě tvaru barevné výplně okolního areálu.

Pro základní segmentaci pracovního prostoru jsou používány:

- Liniové prvky:
- Komunikace: dálnice, silnice I, II, III třídy, polní a lesní cesta, železniční trať
- Vodstvo: vodní tok
- Sídla: obálka hranic intravilánu, průtah silnice sídlem, komunikace - pomocná, hranice porostu a užívání půdy
- Linie – hranice areálových prvků:
- Komunikace: kolejiště, průtah silnice sídlem
- Vodstvo: břehová čára
- Sídla: blok budov, účelový areál, ostatní plocha v sídlech
- Hranice porostu a užívání půdy

### 2.3.2 Segmentace průběhů kolidujících liniových a areálových prvků

Určitý způsob zpracování liniového prvku není vždy vhodný nebo optimální pro celý prvek, což vyžaduje jeho členění do menších částí. Důvodem odlišného zpracování určitých částí liniového prvku může být:

- sémantický vztah (změna typu prvku, změna klasifikace...)

## Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

- topologický vztah (výskyt prvku uvnitř jiného, společná hranice dvou areálů, stranový vztah ...)
- změna geometrického charakteru definiční linie (regulovaný vodní tok - meandry, rovný úsek silnice - serpentine...)
- strukturální vzor (blízkost prvků, podobnost průběhů částí prvků, vstup komunikace do intravilánu, zanedbání přerušení řady blízkých linií podobné orientace, shluk bodových prvků, shluk budov, seřazené domy podél komunikace...)

Segmenty areálových prvků jsou opět plochy – navzájem disjunktní a pokrývající celý původně segmentovaný areál.

Segmenty linií jsou jejich úseky vymezené hraničními body (začátkem a koncem). Bod vymežující úsek může být současně bodovým prvkem (stožár na počátku nebo konci elektrického vedení). U některých typů se bodový prvek nevyskytuje jako izolovaný, ale musí být součástí jiného liniového prvku (stožár elektrického vedení).

Vymežujícími body liniových segmentů - úseků jsou zpravidla:

- místa napojení a křížení jiných liniových prvků
- místa nejbližší k začátku a konci strukturálního vzoru nebo kolizí s jiným prvkem (silnice - násep, vodní tok - stromořadí apod.)
- místa změny klasifikace prvku na jiný prvek
- napojení s jiným prvkem (křižovatka, propustek, most apod.)

Segmentování linií se týká řídících i podřízených linií.

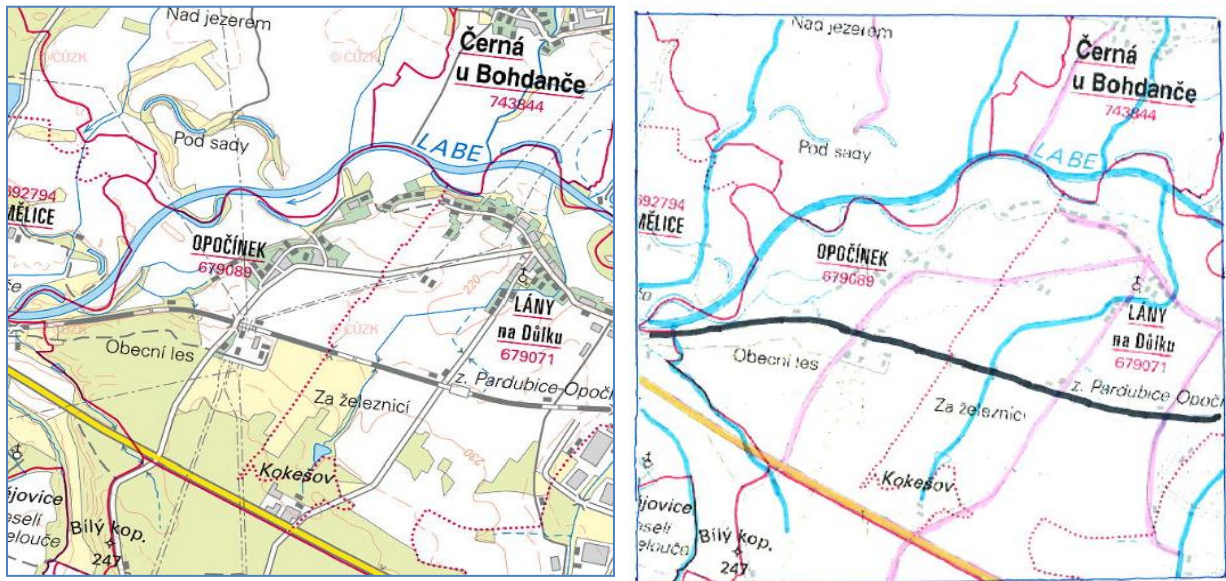
Segmentace linií se uskuteční na hraničních liniích vymežujících segment pracovního prostoru i uvnitř těchto segmentů (např. násypy po obou stranách hranice segmentu pracovního prostoru tvořené železniční budou řešeny ve dvou různých plošných segmentech, přičemž oba násypy jsou příčinou segmentace železnice).

Kolize mezi prvky strukturálního vzoru, které vznikají nadměrnou symbolizací prvků při tvorbě odvozené mapy, jsou řešeny komplexními postupy s respektováním ostatních prvků - účastníků strukturálního vzoru.

Způsoby zpracování prvků ve strukturálním vzoru a jejich vzájemných kolizí závisí na jejich postavení, které určuje význam a roli jako řídícího nebo podřízeného prvku, na výsledcích analýzy okolí prvků a na vztazích k ostatním účastníkům strukturálního vzoru (je v kolizi s řídícím prvkem, je v kolizi s řídícím prvkem další úrovně atd.)

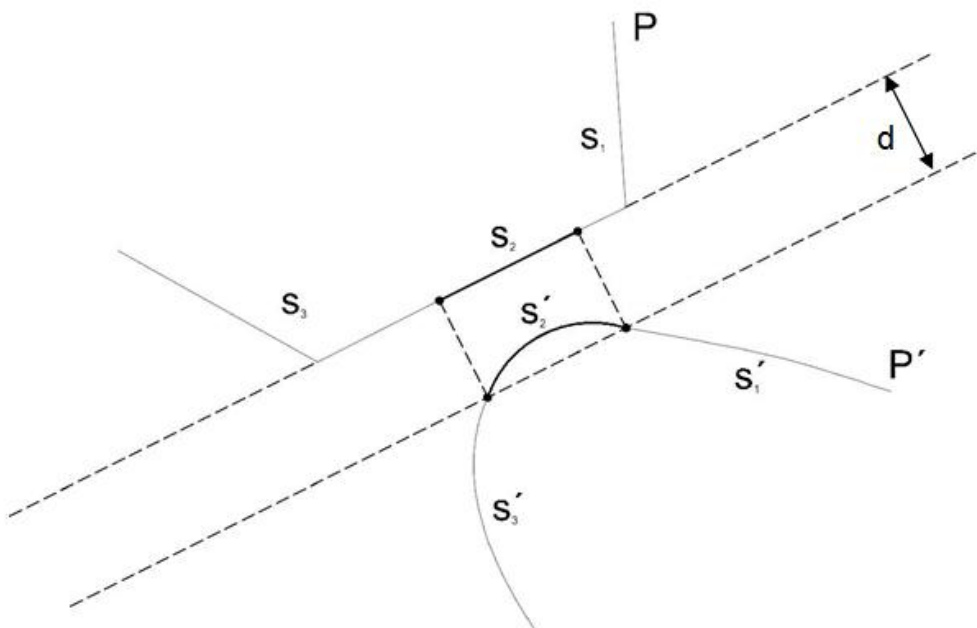
### 2.3.3 Grafická schémata segmentace

#### Ukázka segmentace pracovního prostoru



Obrázek č. 2 Schematické znázornění segmentace pracovního prostoru

#### Ukázka segmentace prvků v kolizi



Obrázek č. 3 Schematické znázornění segmentace prvků v kolizi

Vysvětlivky k obr. 3:

- [P] Areálový prvek s rolí řídícího prvku v kolizi
- [P'] Liniový prvek s rolí podřízeného prvku v kolizi
- [S<sub>i</sub>] Segment hranice areálového prvku
- [S<sub>i</sub>'] Segment liniového prvku
- [S<sub>2</sub>] Segment kolidující části hranice areálového řídícího prvku

[S2´] Segment kolidující části liniového podřízeného prvku

[d] Šířka kolizního okolí hranice řídicího areálového prvku

## 2.4 Strukturální vzory

### 2.4.1 Obecná definice strukturálních vzorů

**Strukturální vzor** – seskupení více prvků vyskytujících se nejčastěji v segmentu pracovního prostoru, přičemž účastníci seskupení mohou tvořit hranice tohoto segmentu. Je charakterizované specifickými sémantickými, geometrickými a topologickými vztahy a společně vytvářejí určitou komplexní strukturu, např. sítě (říční síť, síť komunikací), shluky (shluk bodových prvků, shluk malých areálů stojatého vodstva, shluk budov v sídelním bloku vymezeném komunikacemi) apod. Seskupení mohou být tvořena kombinacemi prvků stejných nebo různých geometrických typů (areálových, liniových, bodových), stejných nebo různých sémantických typů a tyto prvky se mohou účastnit ve strukturálním vzoru celými svými průběhy nebo jen jejich částmi.

Strukturální vzory, jako typická, často se opakující uspořádání prvků, umožňují vytvořit standardizovaná typová řešení jejich kartografického zpracování včetně generalizace.

Strukturální vzory jsou v datovém modelu vyhledávány pomocí prostorových a sémantických dotazů a na základě vyhodnocení souborů zjištěných příznaků a jejich hodnot. K těmto prostorovým analýzám, vyhledání příznaků a případně i jejich hodnot, slouží řada výpočetních nástrojů pro testování okolí prvků.

Kolize mezi prvky strukturálního vzoru, které vznikají nadměrnou symbolizací prvků při tvorbě odvozené mapy, jsou řešeny komplexními postupy s respektováním ostatních prvků - účastníků strukturálního vzoru.

Způsoby zpracování prvků ve strukturálním vzoru a jejich vzájemných kolizí závisí na jejich postavení, které určuje význam a roli jako řídicího nebo podřízeného prvku, na výsledcích analýzy okolí prvků a na vztazích k ostatním účastníkům strukturálního vzoru (je v kolizi s řídicím prvkem, je v kolizi s řídicím prvkem další úrovně,.....)

### 2.4.2 Vybrané základní typy strukturálních vzorů a jejich hlavní charakteristiky

Na základě podrobných analýz byly ve vybraných situacích identifikovány strukturální vzory odpovídající jejich obecné definici. Byly rozčleněny podle geometrických typů řídicích prvků, které jsou účastníky kolizí v jednotlivých situacích. Jejich přehled tvoří obsah přílohy č. 3. Je samozřejmé, že tato příloha obsahuje jen omezený vzorek strukturálních vzorů, které odpovídají prioritám řešených situací. Je samozřejmé, že se jejich spektrum i komplexnost budou rozšiřovat analyzováním dalších typů složitějších kolizních situací a tříd mapových prvků, které budou automatizovaně generalizovány. Tyto komplexnější strukturální vzory budou představovat složité sítě a shluky, např. říční síť, síť pozemních komunikací a železnic, bloky budov a průjezdy sídlem a další vyšší struktury, jejich řešení je nad rámec tohoto projektu.

Následující tabulka č. 1 obsahuje ukázkou návrhů řešení několika strukturálních vzorů bodových prvků.

Ukázka základních typů strukturálních vzorů s řídicími bodovými prvky

## Bodové prvky

	Strukturální vzor	Typické příznaky	Algoritmy pro vyhledání vzoru v datovém modelu 1:10 000	Příklad výskytu strukt. vzoru v generalizačních situacích
B_1	Blízké bodové prvky typu <i>Kostel</i> a <i>Trig. bod</i> leží uvnitř areálového prvku <i>Budova</i> druhu <i>Kostel</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sousedství bodových prvků <i>Kostel</i> a <i>Trig. bod</i></li> <li>Blízkost bodových prvků <i>Kostel</i> a <i>Trig. bod</i></li> <li>Výskyt bodových prvků <i>Kostel</i> a <i>Trig. bod</i> uvnitř areálu prvku <i>Budova</i> druhu <i>Kostel</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vyhledání bodového prvku typu <i>Trig. bod</i> ležícího uvnitř areálu prvku <i>Budova</i> druhu <i>Kostel</i></li> <li>Určení vzdálenosti mezi <i>Trig. bodem</i> a centroidem areálu prvku <i>Budova - Kostel</i></li> <li>Je-li hodnota vzdálenosti mezi bodovými prvky menší, než je práh stanovený v metodice Nmet2, je situace identifikována jako strukturální vzor B_1</li> </ul>	6
B_2	Prvek typu <i>Budova</i> v blízkosti linie sousedícího prvku <i>Komunikace</i> , který je prvním prvkem u hranice intravilánu a leží podél prvku <i>Průtah komunikace sídlem</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Blízkost hrany areálu <i>Budova</i> a liniového prvku <i>Průtah sídlem</i></li> <li>Blízkost hrany areálu <i>Budova</i> k sousedící hranici intravilánu</li> <li>Prázdný prostor mezi hranou <i>Budova</i> a hranicí intravilánu</li> <li>Výskyt areálu <i>Budova</i> uvnitř areálu intravilánu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Výpočet jednostranného bufferu kolem hranice liniového prvku <i>Průtah komunikace sídlem</i> směrem od <i>Průtahu</i> a jednostranného buferu kolem obálky hranic intravilánu směrem dovnitř areálu sídla. Šířka obou bufferů je stanovena v Nmet2.</li> <li>Výpočet průniku obou bufferů a vyhledání prvků typu <i>Budova</i>, které leží uvnitř tohoto průniku</li> <li>Výpočet vzdáleností prvků typu <i>Budova</i> od liniových prvků</li> </ul>	4

## Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

	Strukturální vzor	Typické příznaky	Algoritmy pro vyhledání vzoru v datovém modelu 1:10 000	Příklad výskytu strukt. vzoru v generalizačních situacích
			<p><i>Hranice intravilánu a Průtah sídlem.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Výběr prvku <i>Budova</i>, který je nejbližším sousedem <i>Hranice intravilánu</i> (tzn. mezi prvkem <i>Budova</i> a liniovými prvkem <i>Hranice intravilánu</i> nebo její obálkou se mohou vyskytnout pouze stanovené liniové prvky komunikace, vodstva a hranice porostů)</li> <li>Prvek <i>Budova</i>, který vyhovuje výběrovým kritériím, je představitelem strukturálního vzoru B_2</li> </ul>	
B_3	Prvek typu <i>Budova</i> v blízkosti linie <i>Komunikace</i> , jehož hrana s ní má v daném úseku stejnou orientaci	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orientace hrany prvku <i>Budova</i> je v dané toleranci stejná jako orientace přilehlý úseku prvku <i>Průtah komunikace sídlem</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Výpočet proximity grafu pro prvky typu budova a liniového prvku třídy <i>Komunikace</i></li> <li>Jsou li hodnoty vzdáleností počátečního a koncového bodu hrany prvku <i>Budova</i> od liniového prvku třídy <i>Komunikace</i> přibližně stejné (jejich rozdíl je menší než je hodnota stanovená v Nmet2), jsou orientace nejbližší hrany prvku <i>Budova</i> a nejbližšího úseku liniového prvku třídy <i>Komunikace</i></li> </ul>	17

## Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

	Strukturální vzor	Typické příznaky	Algoritmy pro vyhledání vzoru v datovém modelu 1:10 000	Příklad výskytu strukt. vzoru v generalizačních situacích
			s danou tolerancí stejné. Zúčastněný prvek typu <i>Budova</i> a souběžný prvek třídy <i>Komunikace</i> tvoří strukturální vzor B_3.	
B_4	Skupina blízkých prvků typu <i>Budova</i> , jejichž prostorové uspořádání a orientace hran sleduje obecnou hladkou křivku	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prvky <i>Budova</i> tvoří shluk areálových prvků</li> <li>• Nejkratší vzdálenosti mezi areály prvku <i>Budova</i> jsou téměř stejné</li> <li>• Orientace hran <i>Budov</i> jsou přibližně stejné</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Určení prvků typu <i>Budova</i> tvořících jejich jednotlivé shluky (parametr separace mezi shluky je odvozen z omezení specifikovaných v Nmet2)</li> <li>• Výpočet struktury Minimum Spanning Tree (MST) v jednotlivých shlucích prvků <i>Budova</i>, identifikace nejbližších sousedů a jejich nejbližších hran.</li> <li>• Výpočet délek hran a azimutů delších hran prvků typu <i>Budova</i> ležících na MST.</li> <li>• Výběr posloupností prvků typu <i>Budova</i> ležících na MST, jejichž delší hrany mají azimuty s danou tolerancí stejné (rozdíl azimutů je menší než je tolerance stanovená v Nmet2, nebo má tento rozdíl hodnotu <math>90^0 \pm</math> stanovená tolerance)</li> <li>• Aproximace posloupnosti začátků</li> </ul>	126

## Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

	Strukturální vzor	Typické příznaky	Algoritmy pro vyhledání vzoru v datovém modelu 1:10 000	Příklad výskytu strukt. vzoru v generalizačních situacích
			<p>a konců sousedních hran prvků typu <i>Budova</i> ve struktuře MST.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Segmentace aproximované křivky v singulárních bodech na úseky hladkých křivek</li> <li>Posloupnost těchto prvků typu <i>Budova</i> v segmentech aproximovaných hladkou křivkou představují strukturální vzor B_4</li> </ul>	
B_5	Skupina blízkých prvků typu <i>Budova</i> , jejichž prostorové uspořádání a orientace hran sledují linii prvku <i>Komunikace</i> nebo prvku <i>Hranice užívání půdy</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minimální vzdálenosti sousedních prvků <i>Budova</i> od linie <i>Komunikace</i> mají blízké hodnoty</li> <li>Orientace hran budov jsou přibližně stejné jako orientace sousedícího úseku komunikace tvořeného dvojicí jejich nejbližších definičních bodů</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Určení prvků typu <i>Budova</i> tvořících jejich jednotlivé shluky (parametr separace mezi shluky je odvozen z omezení specifikovaných v Nmet2)</li> <li>Výpočet struktury Minimum Spanning Tree v jednotlivých shlucích prvků <i>Budova</i>, identifikace nejbližších sousedů a jejich nejbližších hran.</li> <li>Výpočet délek hran a azimutů delších hran prvků typu <i>Budova</i> ležících na MST.</li> <li>Výběr posloupností prvků typu <i>Budova</i> ležících na MST, jejichž delší hrany mají azimuty s danou tolerancí stejné (rozdíl azimutů je menší než je tolerance</li> </ul>	122



## Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

	Strukturální vzor	Typické příznaky	Algoritmy pro vyhledání vzoru v datovém modelu 1:10 000	Příklad výskytu strukt. vzoru v generalizačních situacích
			<p>stanovená v Nmet2, nebo má tento rozdíl hodnotu <math>90^{\circ} \pm</math> stanovená tolerance)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Posloupnosti těchto prvků Typu <i>Budova</i> představují strukturální vzor B_5</li> </ul>	
B_6	Skupina bodových prvků téhož typu, jejichž prostorové uspořádání sleduje linii souběžnou s jinou linií	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minimální vzdálenosti sousedních prvků <i>Budova</i> od sousedícího liniového prvku mají blízké hodnoty</li> <li>Orientace hran prvků <i>Budova</i> jsou přibližně stejné jako orientace úseku liniového prvku tvořeného dvojicí jejich nejbližších definičních bodů</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Výpočet bufferu kolem liniového prvku (šířka bufferu závisí na typech zúčastněných prvků a je odvozena v Nmet2)</li> <li>Určení bodových prvků, které se nacházejí v bufferu</li> <li>Výpočet proximity grafu pro liniový prvek a bodové prvky v bufferu</li> <li>Stanovení posloupnosti bodových prvků, jejichž vzdálenosti od liniového prvku jsou přibližně stejné (rozdíl jejich hodnot je menší než je stanovená tolerance)</li> <li>Posloupnosti bodových prvků, které splňují uvedené podmínky, tvoří strukturální vzor B_6</li> </ul>	94

Tabulka č. 1 Ukázka ze „Seznamu strukturálních vzorů“

## 2.5 Hlavní výpočetní nástroje pro algoritmizaci operátorů, segmentaci a vyhledávání strukturálních vzorů

### 2.5.1 Podpůrné funkce a nástroje

Při řešení polohových vztahů mezi prvky je potřebné aplikovat četné podpůrné funkce a nástroje, které je možné členit z různých hledisek, např. podle řešeného tématu, podle geometrických typů zúčastněných prvků, nebo podle odvětví matematiky, které je podstatou řešení apod.

K těmto nástrojům patří úlohy z oblastí analytické geometrie ve 2D, analýz planárních grafů a analýz například:

- rozměrů a tvarové charakteristiky prvků
- vzdáleností mezi prvky a jejich symbolizacemi
- proxy graf
- orientace prvku
- inflexních bodů křivky
- bufferů kolem prvků
- skeletů areálů
- minimální omezující čtyřúhelník
- konvexní obálka kolem areálového prvku nebo kolem shluku prvků
- vyhledání nejbližších sousedů a vzdáleností k nim
- Voronoiova tessellace a Delaunayova triangulace
- Minimum Spanning Tree
- určení shluků prvků a mnoho dalších.

Tyto nástroje jsou k dispozici v mnoha implementacích, které se liší kvalitou a úrovní zpracování, použitými algoritmy, programovacími jazyky, licencí pro jejich užívání apod. Algoritmy řešení jsou popsány v četných informačních zdrojích, dostupných zejména z webových stránek zahraničních universit.

Rešerše a výběr softwarových řešení podpůrných úloh a nástrojů i vlastních algoritmů pro řešení operátorů generalizace byla zaměřena na ty produkty, jejichž matematický základ, použité vstupní parametry a vlivy jejich hodnot jsou detailně popsány, jsou dostupné ve spustitelné verzi a v ideálním případě na ty, které poskytují i zdrojový kód a jejichž využívání je bezplatné.

Odkazy na zdroje, které odpovídají výše uvedeným požadavkům a jsou proto odbornou veřejností nejčastěji používané, jsou uvedeny v následující tabulce č. 2.

Odkazy na webové stránky s algoritmy podpůrných výpočetních funkcí	
<a href="http://www.cgal.org/">http://www.cgal.org/</a>	(The Computational Geometry Algorithms Library)
<a href="http://www3.cs.stonybrook.edu/~algorithm/major_section/1.6.shtml">http://www3.cs.stonybrook.edu/~algorithm/major_section/1.6.shtml</a>	(Stony Brook Repository - skupina geometrických úloh)
<a href="http://geometryalgorithms.com/">http://geometryalgorithms.com/</a>	(Geometry Algorithms Home)
<a href="http://www3.cs.stonybrook.edu/~algorithm/major_section/1.4.shtml">http://www3.cs.stonybrook.edu/~algorithm/major_section/1.4.shtml</a>	(Stony Brook Repository - skupiny úloh s grafy)
<a href="http://www3.cs.stonybrook.edu/~algorithm/major_section/1.5.shtml">http://www3.cs.stonybrook.edu/~algorithm/major_section/1.5.shtml</a>	
<a href="http://quickgraph.codeplex.com/">http://quickgraph.codeplex.com/</a>	(QuickGraph, Graph Data Structures And Algorithms for .NET)
<a href="http://www.geom.uiuc.edu/software/cglist/medial.html">http://www.geom.uiuc.edu/software/cglist/medial.html</a>	

<a href="http://cs.smith.edu/~orourke/Welcome.html">http://cs.smith.edu/~orourke/Welcome.html</a>
<a href="http://www.netlib.org/">http://www.netlib.org/</a> (Netlib Repository)
<a href="http://www3.cs.stonybrook.edu/~algorithm/implement/boost/implement.shtml">http://www3.cs.stonybrook.edu/~algorithm/implement/boost/implement.shtml</a>
<a href="https://xlinux.nist.gov/dads//">https://xlinux.nist.gov/dads//</a>
<a href="http://mathworld.wolfram.com/topics/Geometry.html">http://mathworld.wolfram.com/topics/Geometry.html</a>

Tabulka č. 2 Odkazy na hlavní informační zdroje algoritmů podpůrných funkcí a jejich implementací

V příloze 5 jsou uvedeny ukázky z webových stránek nejlépe propracovaných knihoven těchto podpůrných funkcí CGAL - Computer Geometry Algorithms Library a Stony Brook Repository a GRASS, které jsou velmi bohatým zdrojem informací a použitelných implementací algoritmů v různých programovacích jazycích. Řešení popisovaná v knihovně Stony Brook Repository jsou opatřena i ratingem na základě hodnocení odbornou veřejností.

### 2.5.2 Algoritmy pro řešení generalizačních operátorů

Pro řešení a výběr algoritmů pro řešení vlastních generalizačních operátorů byla zvolena prakticky totožná výběrová kritéria. Lze nalézt velké množství dokumentů a článků popisujících bohatou škálu metod a postupů. Množství jejich implementací, dostupných včetně zdrojového kódu a zejména volně šiřitelných však není vysoké. Ucelená řešení, i některé moduly jsou dostupné na komerčním základě, přičemž pořizovací náklady jsou však značné. Určitou možností je využívání výsledků dosavadních evropských projektů. Téměř vždy je však podmínkou recipročně přispět k řešení v rámci rozvoje systému a knihoven funkcí.

Výsledkem řešení zaměřené na vyhledání algoritmů generalizačních operátorů a jejich implementace, které by byly vyhovovaly požadavkům a podmínkám projektu TB04CUZK001 jsou knihovny programů systémů ArcGIS, WebGen, GRASS a MapGen. Podrobné informace o uvedených systémech a knihovnách funkcí relevantních pro automatizovanou generalizaci SMD středních měřítek je třeba získat z příslušných webových stránek, které jsou uvedeny v následující tabulce. 3, v doporučené odborné literatuře - viz článek 6. Popisy vybraných funkcí a vstupních parametrů a odkazy na sady testovacích sad jsou uvedeny v příloze 5.

Odkazy na webové stránky s algoritmy generalizačních operátorů
<a href="http://grasswiki.osgeo.org/wiki/V.generalize_tutorial">http://grasswiki.osgeo.org/wiki/V.generalize_tutorial</a>
<a href="http://webgen.geo.uzh.ch/webgen/registry/">http://webgen.geo.uzh.ch/webgen/registry/</a> (Projekt Webgen)
ESRI Map Generalization in GIS: Practical Solutions with Workstation ArcInfo™ Software
<a href="http://sourceforge.net/projects/jump-pilot/files/OpenJUMP_plugins/">http://sourceforge.net/projects/jump-pilot/files/OpenJUMP_plugins/</a> (OpenJUMP Plugin repository - Map Generalisation Toolbox v. 1.1-20-Sept_2013)
<a href="http://web.natur.cuni.cz/~bayertom/software.html">http://web.natur.cuni.cz/~bayertom/software.html</a>

Tabulka č. 3 Odkazy na informační zdroje algoritmů generalizačních operátorů a jejich implementací

Z výsledků analýz vybraných situací - viz příloha č. 4, i ze zkušeností tvůrců SMD vyplývá, že řešení naprosté většiny kolizí bude založeno na aplikaci operátorů Odsun a Ztotožnění průběhu. Následující články tyto operátory podrobně popisují a jsou v nich navrženy algoritmy a vhodné postupy jejich řešení.

## 2.6 Operátor Odsun

Synonyma:	Přemístění
Anglické termíny:	displacement, shift to side

Z podrobné analýzy vybraných generalizačních situací a možností řešení zjištěných potenciálních kolizí prvků způsobených symbolizací jejich průběhů (geometrií) z datového modelu DATA 10, je možné učinit jednoznačný závěr o mimořádném postavení operátoru Odsun v procesu generalizace. Prvky jsou odsunovány také v případě, kdy sice nenastává polohová kolize, ale enormní nahuštění prvků na malém prostoru by výslednou mapu příliš graficky zatížilo a znepřehlednilo. Z přehledu jeho použití pro řešení vybraných situací – viz příloha č. 4 – vyplývá, že tento operátor je aplikován pro řešení kolizí buď jako jediný operátor – izolované řešení, nebo je součástí komplexního řešení, kdy je jedním z několika aplikovaných operátorů.

Mimořádný význam a četnost aplikování tohoto operátoru na řešení řady situací a kolizí rozhodly o tom, že bude prioritně detailně analyzován, provedena důkladná rešerše odborné literatury a podrobně popsáno i implementováno jeho algoritmické řešení.

Odsuny představují nejčtenější operaci pro zvýšení čitelnosti odvozované mapy. Jsou řešením kolizí vzniklých z nedostatku místa při zobrazování prvků z datového modelu do základní mapy menšího měřítka, vlivem symbolizace nad míru a také v důsledku aplikace některých dalších generalizačních operátorů, které změni průběhy zúčastněných prvků.

Kolize, jejichž řešení vyžaduje odsuny některých prvků, vznikají mezi všemi geometrickými typy prvků – bodovými, liniovými a areálovými. Podstata řešení je však společná, protože symbolizací geometrií bodových, liniových a areálových prvků vznikne více či méně složitý plošný útvar a algoritmické řešení odsunů spočívá vždy v odsunu areálu nebo areálů na základě analýz a výpočtů provedených pro obvodové hranice značek (tzv. *footprint*) prvků účastnících se kolize.

### 2.6.1 Definice

**Definice „Odsun“** - Detekování konfliktů mezi prvky a následné přesunutí méně důležitých prvků, nebo jejich částí, případně přizpůsobení tvarů nebo rozměrů prvků za účelem splnění dosažení určité meze viditelné vzdálenosti potřebné k rozlišení mezi prvky, nebo jiných kartografických parametrů.

### 2.6.2 Typy odsunu

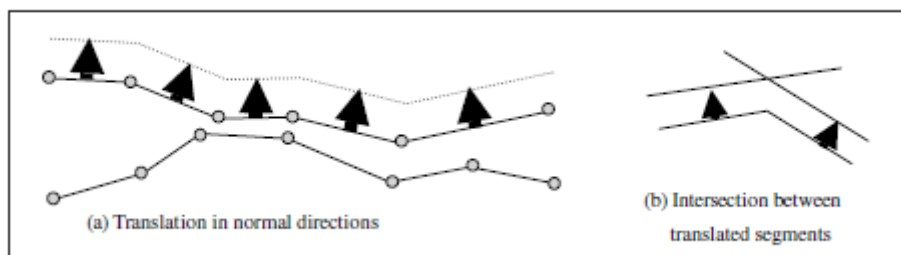
Řešení vzniklých, respektive předcházení vzniku kolizí, spočívá v jednodušším případě v okamžitém přímém odsunu – translaci některého celého nebo obou celých kolidujících prvků. V případě odsunu velkých areálových prvků a delších liniových prvků však je řešení složitější, protože není nutné, a často ani žádoucí, odsouvat celé prvky, ale jen jejich části, které se účastní kolize. Tento druh odsunu částí prvků, na něž jsou zpravidla kladeny nižšími požadavky na polohovou přesnost, je nazýván deformací. Je jí změněn v určité části průběh liniového nebo areálového prvku. Podle toho, zda je potřebné a možné prvky odsouvat celé nebo jen jejich části, jsou rozděleny na rigidní a na deformovatelné.

#### Translace

**Translace** spočívá v odsunu všech definičních bodů prvku stejným směrem o stejnou vzdálenost a tento operátor je aplikován zpravidla na bodové a kratší liniové prvky nebo na menší areálové prvky.

Deformace

**Deformace** je aplikována na velké nebo dlouhé prvky a je při ní odsouván každý definiční bod jiným směrem a o jinou vzdálenost. Původní polohu si uchovávají většinou tzv. kritické body – začátky a konce prvku nebo jeho úseků, inflexní a singulární body apod. Výpočtem jsou vytvořeny nové definiční body odsunutého prvku, které vzniknou jako průsečíky rovnoběžek s původními úseky odsouvaného prvku. Vzdálenost mezi rovnoběžkami je ovlivněna možností vzniku následných kolizí. Je logicky požadavkem tuto vzdálenost minimalizovat a tím minimalizovat změny tvaru linie nebo plochy. Současně je nezbytné, aby byla zvolena taková velikost odsunů a takový postup, aby zajistily plynulou návaznost na okolní části prvku. Také průběhy nezúčastněných částí prvků je nutné modifikovat tak, aby plynule navazovaly na odsunutou část prvku a nedošlo k výraznému zkreslení tvaru plošného prvku a charakteru liniového prvku



Obrázek č. 4 Princip odsouvání definičních bodů linie

Pozn.: Obrázek č. 4 byl převzat z publikace autorů Zhilin Li a kol. "Algorithmic Foundation of Multi-Scale Spatial Representation", kde je podrobně popsán i matematický aparát a vlastní algoritmus postupu

**2.6.3 Druhy odsouvaných prvků**

Role prvku v řešení kolize uplatněním operátoru odsun vyplývá z jeho sémantického významu a ze vzájemných funkčních a prostorových vztahů mezi účastníky dané kolize. Tyto vztahy jsou velmi variabilní, jsou výsledkem analýz prvků v kolizi i jejich okolí. Význam jednotlivých kategorií prvků tvořících obsah základních map středních měřítek je určen ve specifikacích jednotlivých mapových děl. Detailní hierarchii všech typů prvků však stanovit nelze. Princip algoritmizace odsunů spočívá v zařazení prvků do druhů a stanovení číselných hodnot jejich charakteristik, které jsou použitelné jako parametry výpočtů.

Do kolizí vstupují a jsou odsouvány následující druhy prvků:

- Deformovatelný liniový prvek koliduje s jiným deformovatelným liniovým prvkem
- Rigidní liniový prvek odsouvá bodový prvek
- Rigidní bodový prvek odsouvá deformovatelnou linii
- Skupina rigidních bodových prvků je ve vzájemné kolizi.

Obdobné kombinace druhů prvků kolidují i v případě propagace odsunů do okolí. Jejich řešení je ovlivněno velikostí disponibilního volného prostoru. Klíčovou otázkou je, zda bude dosaženo kompletního vyřešení původního konfliktu nebo vzniknou nové následné kolize s prvky v okolí. Pro jejich řešení jsou voleny principiálně dva přístupy:

- iterativní postupné řešení odsunů s vyhodnocením úspěšnosti každého iteračního kroku
- komplexní řešení všech problémů v jednom výpočetním procesu. Toto komplexní řešení však nese riziko neúspěšného řešení a nutnosti složitý proces opakovat s jinými vstupními parametry.

## Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

Při řešení je nutné zachovávat pořadí odsouvaných prvků, přičemž je však možné některé méně významné prvky z odvozené mapy úplně vyloučit. To se týká například stromořadí a terénních stupňů podél liniových prvků třídy komunikací.

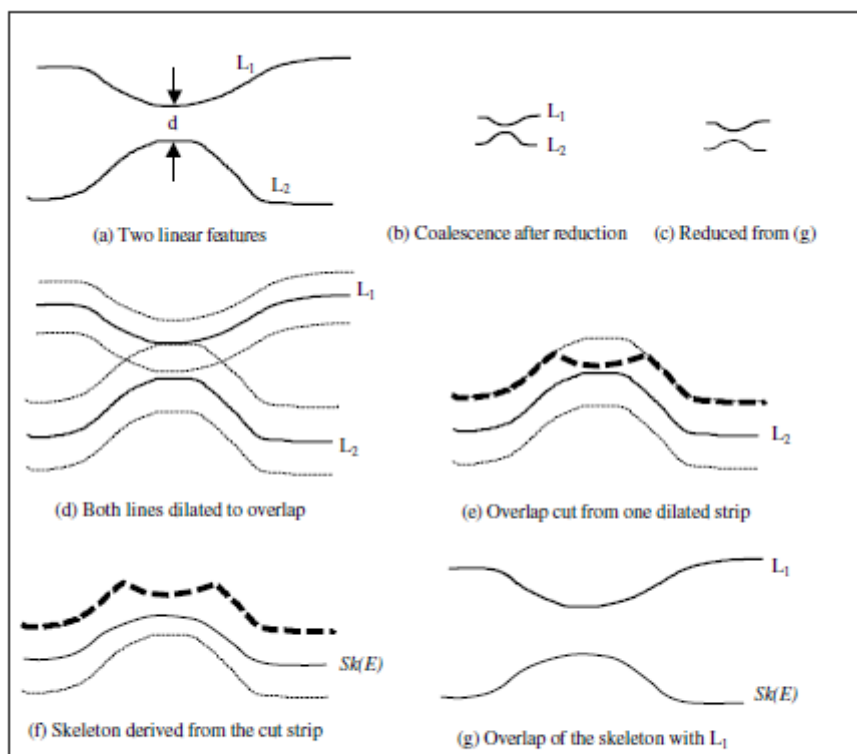
### 2.6.4 Algoritmizace Odsunu

Při algoritmizaci řešení je velmi důležité stanovit a zajistit:

- Zóny konfliktů v okolí kolidujících prvků, které závisí na konkrétním typu prvku a na jeho pozadí
- Konvergenci v propagaci odsunů (každý iterativní krok musí zlepšovat kolizi a okolní situaci mezi prvky až do dosažení stanoveného limitu)
- Výběr, správné a účinné pořadí odsunů (hierarchizace prvků pro odsun), přičemž lze méně významné prvky ze zpracování místo odsouvání odstranit a odsun některých prvků omezit nebo zcela vyloučit
- Algoritmy pro řešení odsunů do volného prostoru nebo do prostoru vymezeného hranicemi, které vyžádají translaci nebo deformaci blízkých prvků

#### Principy řešení odsunů

Názorný příklad jednoho z možných a účinných postupů při řešení odsunů liniových prvků je obsahem následujícího obrázku č. 5:



**FIGURE 11.8** Principle of partial modification of a curved line (Reprinted from Li and Si 1996. With permission.).

Obrázek č. 5 Princip dílčí změny tvaru křivky

Pozn.: Obrázek č. 5 byl převzat z publikace autorů Zhilin Li a kol. "Algorithmic Foundation of Multi-Scale Spatial Representation", kde je podrobně popsán i matematický aparát a vlastní algoritmus postupu.

Zóny kolem prvků

Řešení převážné většiny kolizí je založeno na zjištění prvků v okolí zpracovávaného, a na analýzách povahy tohoto vztahu blízkosti. K těmto analýzám jsou využívány různé nástroje, především Delaunayova triangulace, kterou jsou zjištěny nejbližší sousedící prvky. Tyto prvky však nemusí být nejbližšími sousedy v geometrickém smyslu a naopak, i velmi blízké prvky nemusí být sousedy, pokud mezi ním a zpracovávaným prvkem leží jiný blízký prvek. Z blízkého okolí prvku je nutné brát zvláštní zřetel na tu jeho část, která přiléhá nejbližší k prvkům a v níž vyskytující se prvky vstupují do kolizí se zpracovávaným prvkem. Tato okolní plocha se nazývá kolizní. Využitelnost blízkého okolí k odsunu prvku je hodnocena různými metodami a analýzami přičemž výsledky tohoto vyhodnocení jsou zpravidla vyjadřovány jako grafická vrstva (např. červené plochy – sem nelze odsunout, žluté plochy – sem lze odsunout prvky s podmínkami, zelené rastry – sem lze prvky odsunout. Jiný způsob, tzv. „displacement mountains” – v němž je vhodnost místa pro odsun prvku vyjádřena obdobným způsobem, jako se vyjadřuje terénní reliéf apod.).

Pro stanovení hodnot odsunu jsou určující dvě hodnoty: *práh vnímání tvaru grafického prvku* a *práh rozlišitelnosti dvou prvků*. Podrobně je tato problematika rozpracována v dokumentaci Nmet2.

Scénáře odsunů

V následujícím schématu jsou znázorněny základní scénáře pro řešení odsunů:

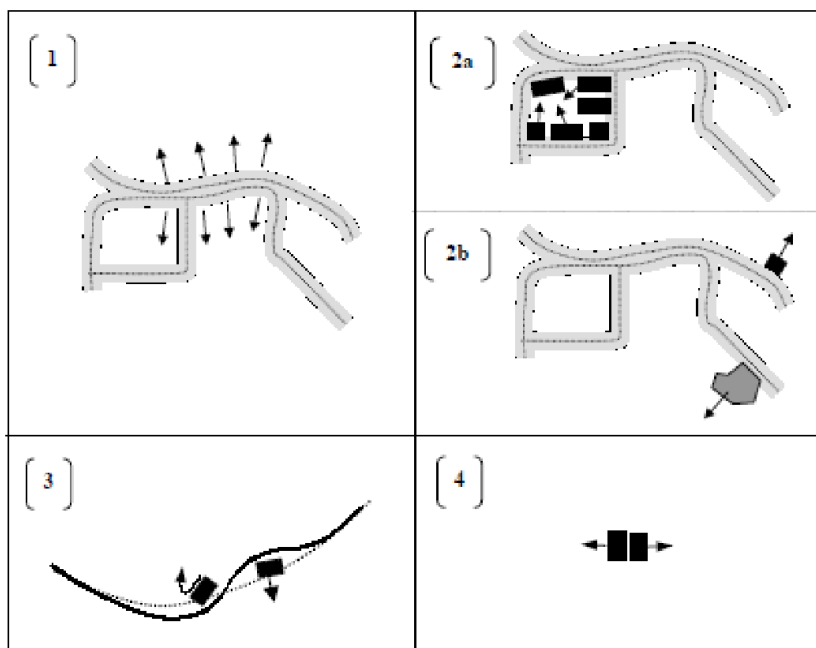


Figure 2. Displacement Scenarios

Obrázek č. 6 Scénáře odsunů

Pozn.: Obrázek č. 6 byl převzat z publikované dokumentace k projektu AGENT D D2 „Selection of Basic Algorithms”

Vysvětlivky k obrázku č. 6:

- [1] Širší symboly silnic způsobují kolizi liniových prvků. Po jejich odsunu musí být upraveny i okolní prvky.
- [2] Řešení odsunů závisí na velikosti a tvaru volného prostoru, které určí, zda bude vyžadována [2a] nebo nebude vyžadována [2b] deformace prvků v tomto okolí.
- [3] Vliv jiného operátoru generalizace: změny průběhu linie vlivem jiného operátoru –

Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

zjednodušení linie - vyžádá odsuny a úpravy blízkých prvků (je třeba zachovat stranový vztah a orientaci budovy v blízkosti modifikované (zjednodušené) linie). Směr a délka odsunu blízkých prvků v okolí zjednodušeného liniového prvku se mohou výrazně lišit (lze stanovit pro jednotlivé typy prvků indexy, např. Index odolnosti proti odsunům, index tuhosti apod.).

- [4] Volný prostor mezi prvky se výrazně zmenšil pouze vlivem přechodu na menší měřítko, aniž byly změněny symboly nebo průběhy prvků.

## 2.6.5 Výsledky rešerše řešení odsunů a jejich implementace

### Základní literatura

- [1] Energy Minimization Methods for Feature Displacement in Map Generalization; Matthias Bader, 2001
- [2] Displacement Methods based on Field Analysis; Tinghua Ai, Peter van Oosterom, 2002
- [3] Voronoi-based k-order neighbour relations for spatial analysis, Jun Chena, Renliang Zhaoa, Zhilin Li, 2004
- [4] Building displacement over a ductile truss; Matthias Bader, Mathieu Barrault & Robert Weibel, 2007
- [5] Generaliation based on least squares adjustment, Monika Sester, 2000
- [6] The Constraint Method for Solving Spatial Conflicts in Cartographic Generalization; Lars E. Harrie, 2013
- [7] Displacement of Building Cluster Using Field Analysis Method; AI Tinghua, 2003
- [8] Solving Space Conflicts in Map Generalization: Using a Finite Element Method, Peter Højholt, 2013
- [9] A Combined Approach to Cartographic Displacement for Buildings Based on Skeleton and Improved Elastic Beam Algorithm; Yuangang Liu, Qingsheng Guo, Yageng Sun, Xiaoya Ma, 2014

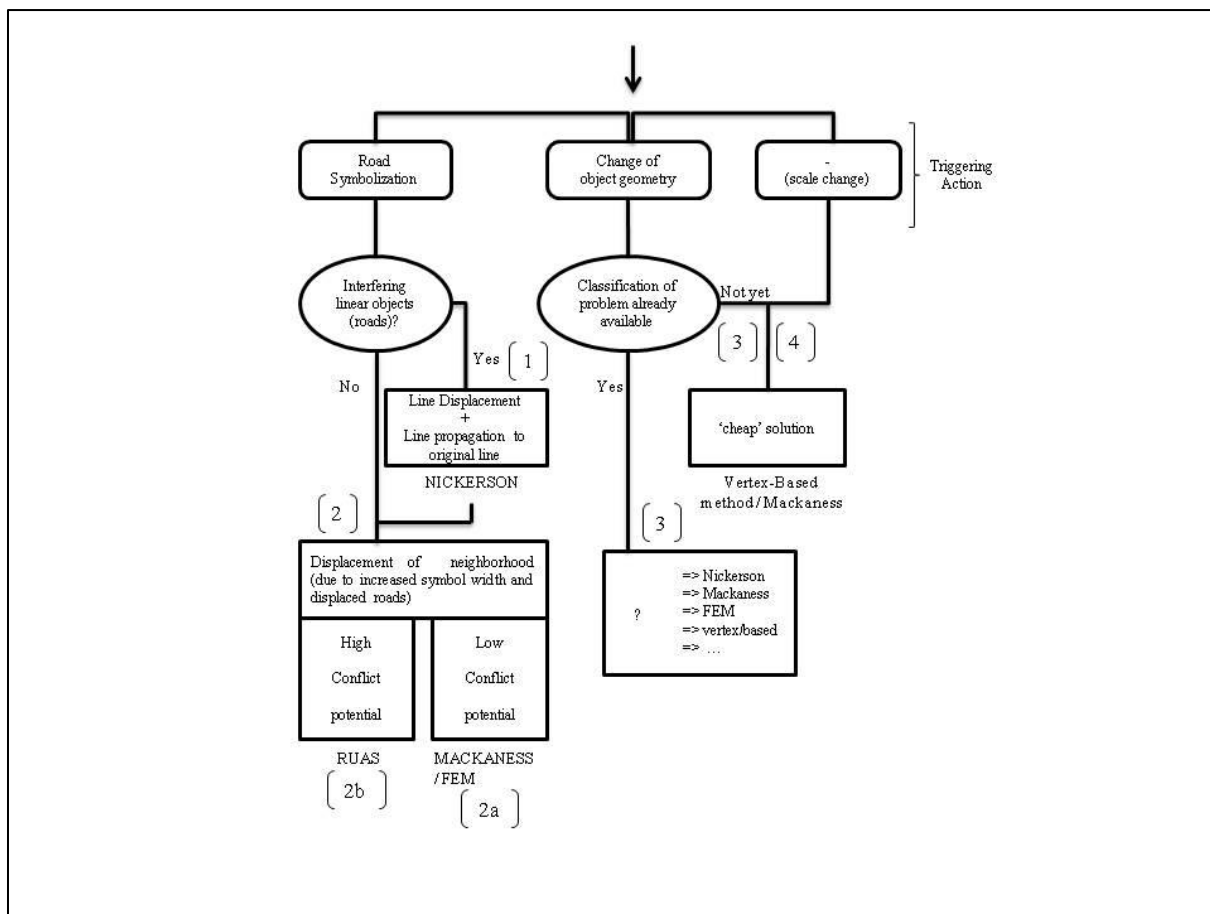
Popsané metody a dosavadní přístupy k řešení odsunů prvků

- Metoda nejmenších čtverců – Harrie, Sarjakoski, Kilpelainen, Sester
- Metoda konečných prvků (FEM) - Højholt
- Radiální metoda (Mackaness) – ve shluku prvků jsou všechny prvky odsunuty směrem od jejich středu, přičemž jsou zachovány charakteristické rysy jejich prostorového rozdělení. Je stanovena hranice možných odsunů.
- Inkrementální odsuny – postupné zvětšování délky odsunu a zhodnocení mezivýsledků po každém iteračním kroku až je dosaženo uspokojivého výsledku nebo délka odsunu dosáhla stanoveného maxima a nedošlo k uspokojivému řešení
- Holistický přístup – jedním výpočtem systému rovnic jsou vypočtena všechny omezení a optimalizace řešení. Jako omezení jsou v rovnicích pro každý prvek zařazeny jeho tuhost, odolnost vůči odsunům, požadovaný minimální odstup od dalších prvků apod.
- Silový model - analogie vyrovnání silových vektorů (vyjádření velikosti síly a jejího směru potřebné pro odsun každého prvku a vzájemné vyrovnání vektorů sil všech zúčastněných prvků – nalezení rovnováhy sil).



### 2.6.6 Schéma výběru vhodného algoritmu

Algoritmy uvedené v tomto schématu byly vybrány a doporučeny v rámci řešení projektu AGENT, kdy byla provedena mimořádně rozsáhlá rešerše, testování funkcí, analýzy výhod a nedostatků. Na jejich základě byly vypracovány návrhy výběru a užití pro specifické situace, které jsou platné i pro stávající etapu vývoje problematiky generalizace SMD.



Obrázek č. 7 Schéma výběru optimálního algoritmu pro odsuny

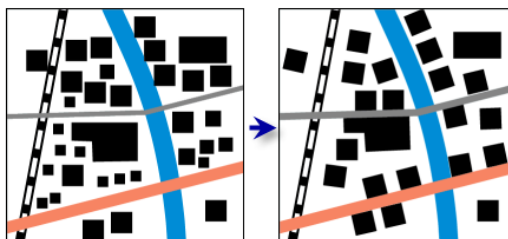
Pozn.: Obrázek č. 7 byl převzat z publikované dokumentace k projektu AGENT D D2 „Selection of Basic Algorithms“

### 2.6.7 Algoritmy použitelné pro odsuny při tvorbě SMD

Dlouhodobé a intenzivní výzkumné a vývojové úsilí o algoritmizaci generalizačních operátorů dospělo již do stádia jejich komerčních implementací. S ohledem na technologická omezení řešení projektu byla jejich rešerše orientována zejména na produkty ArcGIS, výsledky projektu WebGen řešeného pod vedením TU Dresden a volně dostupné algoritmy a programové nástroje z projektu MapGen.

#### Nástroje systému ArcGIS

Použitelné algoritmy jsou dostupné především přímo v software ArcGIS 10, zejména v jeho knihovně Graphic Conflicts Toolset. Velmi pokročilá, patřičně zjednodušená, je funkce Resolve Buildings Conflicts, která se zabývá řešením operátorů odsun a typizace prvků typu *Budova* v sídlech, ale je použitelná i na jiné areálové a liniové prvky



Obrázek č. 8 Prvky typu Budova před a po zpracování nástrojem ArcGIS - Resolve Building Conflicts

Vybrané funkce z Graphic Conflict Toolset

Řešení potenciálních kolizí mezi prvky je umožněno aplikací především následující funkcí a nástrojů pro kartografickou generalizaci z nové verze ArcGIS 10:

- *Resolve Building Conflicts* – řeší konflikty prvků Budova s ohledem na další liniové prvky a definovaná omezení pro odvozovanou mapu (např. vyjádření areálových prvků, kterými prochází liniový prvek Komunikace apod.)
- *Resolve Road Conflicts* – nástroj slouží pro odsunutí silnic nacházejících se blízko u sebe
- *Propagate Displacement* – silnice odsunuté nástrojem *Resolve Road Conflicts* mohou zasáhnout do okolních mapových značek. Tento nástroj nově vzniklé konflikty vyhodnotí a provede buď jejich odsunutí, nebo změnu tvaru prvku.

Knihovna WebGEN

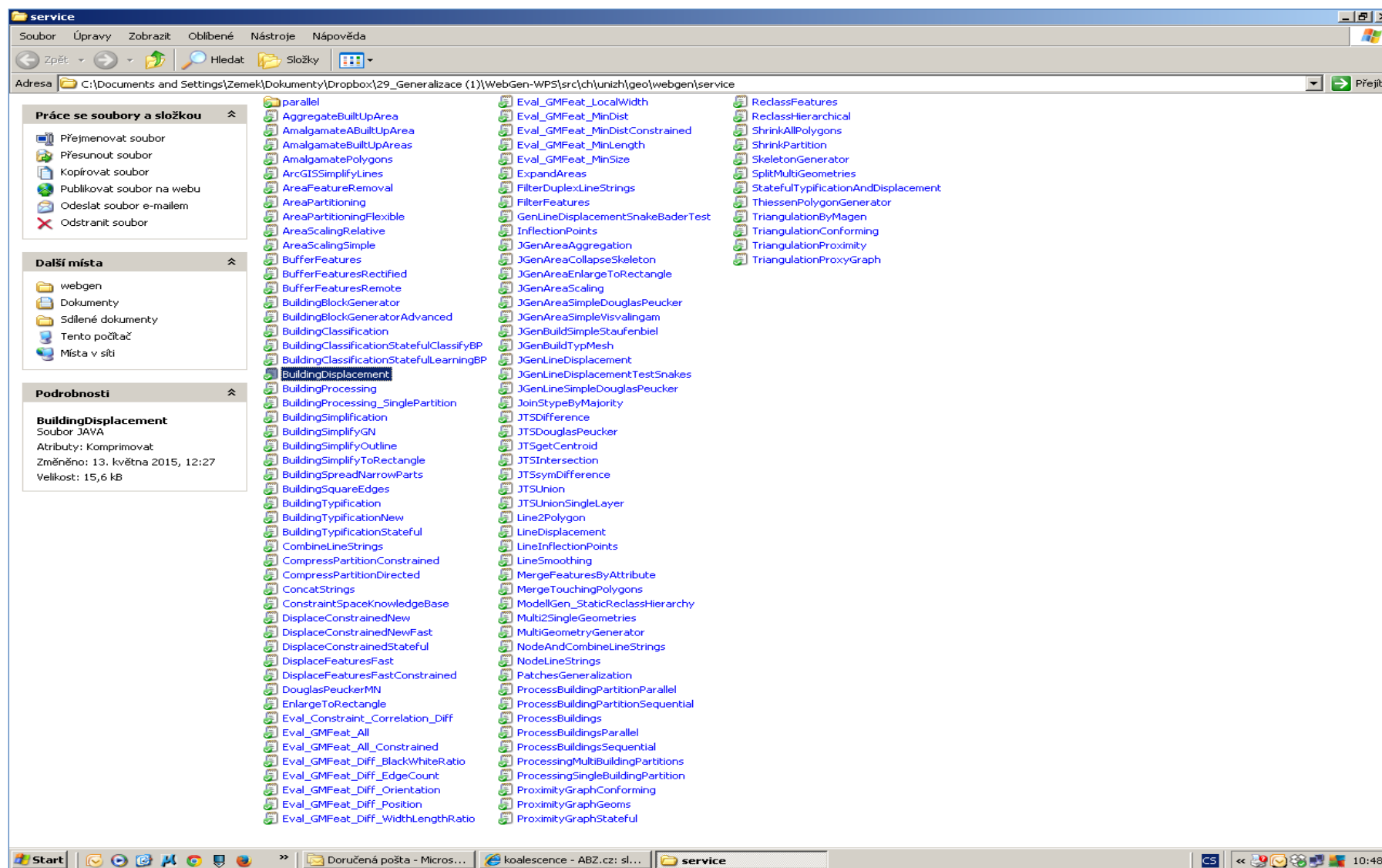
Také v knihovně WebGen je implementováno velké množství algoritmů pro řešení odsunů. Úplný přehled disponibilních funkcí poskytovaných formou webových služeb WPS je uveden v následujícím článku č. 2.6.7.2.1. Pro řešení, popř. snížení míry kolize odsunem prvků, budou využívány nejčastěji následující funkce, již naprogramované v jazyce Java a dostupné na základě souhlasu autorů z Technické univerzity v Drážďanech a z University v Curichu:

- BuildingDisplacement
- DisplaceConstrainedNew
- DisplaceConstrainedNewFast
- DisplaceConstrainedStateful
- DisplaceFeatureFast
- DisplaceFeatureFastConstrained
- GenLineDisplacementSnakeBader
- JGenLineDisplacement
- JGenLineDisplacementSnakes
- LineDisplacement
- StatefulTypificationAndDisplacement a další

Volitelně mohou být jako vstupní parametry pro výpočty těchto funkcí zadány „constraints“.

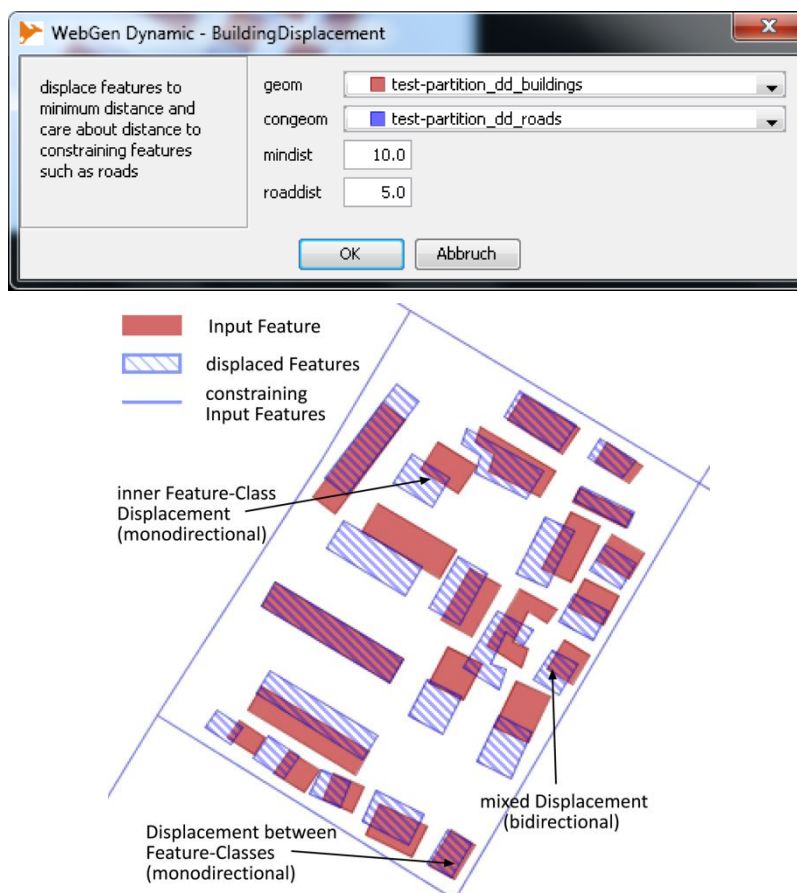
Využívat knihovnu funkcí WebGen je však poměrně dosti náročné. Předpokládá to rozsáhlé teoretické znalosti a pochopení celé komplexní problematiky generalizace a naprogramovaných nástrojů a funkcí, včetně detailního systematického ověření vlivů vstupních parametrů, potřebných pro výběr a spuštění vhodné metody řešení konkrétní kolizní situace.

## Přehled služeb WebGen



BuildingDisplacement

**Popis:** Odsune prvky, které jsou příliš blízko sebe a prvky blízko dalších omezujících prvků (např. budova – budova, budova – silnice). Výpočet odsunu probíhá iterativně na základě tvorby „proximity-grafu“ a je ukončen, jakmile je dosaženo hodnot minimálních vzdáleností mezi prvky (<mindist>, <roaddist>), nebo když je změna hodnoty vzdálenosti mezi prvky v další iteraci menší, než je stanovený práh, aby bylo zabráněno nekonečné výpočetní smyčce. Algoritmus ovlivní pouze polohy prvků. Tvary a velikosti prvků zůstanou zachovány. V případě, že přes areálové prvky probíhá liniový prvek, jsou tyto areálové prvky odsunuty na stranu jejich větších částí.



Obrázek č. 9 Ukázka služby WPS WebGen Dynamic – BuildingDisplacement

**Vstup:**

- geom (Polygon, LineString, Point, GeometryCollection bez prvků typu multi-part), průběhy budou odsunuty.
- congeom (Polygon, LineString, GeometryCollection bez prvků geometrického typu multi-part a bodových prvků), Vrstva geometrií omezujících prvků.
- <mindist> uvedená v mapových jednotkách. Minimální vzdálenost mezi prvky geom.
- <roaddist> uvedená v mapových jednotkách. Minimální vzdálenost prvků mezi geom a congeom.

**Výstup:** Nová vrstva obsahující odsunuté průběhy prvků z geom. Atributy budou zachovány.

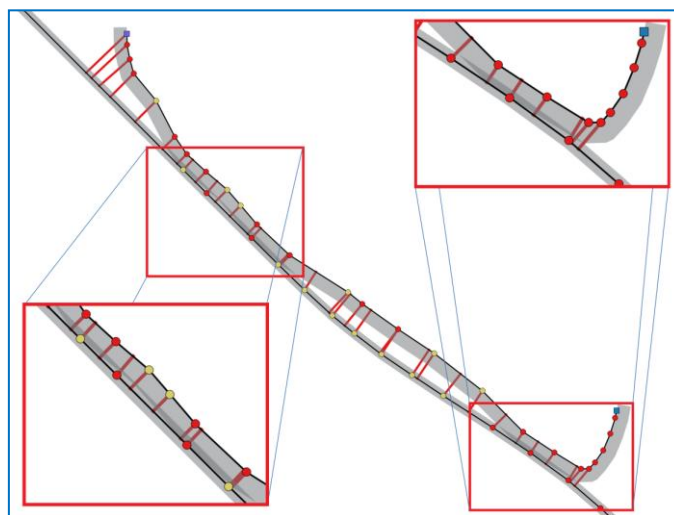
**Poznámka:** Hlavním účelem této služby je odsun budov k vyřešení problémů blízkých prvků (budova-budova, budova-silnice) vzniklých v souvislosti se změnou měřítka, aby

## Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

byla zajištěna jejich čitelnost. Touto službou je však možné řešit konflikty i mezi jinými blízkými průběhy prvků. Počet vnitřních iteračních cyklů je nastaven na pětinašobek počtu prvků nebo maximálně na 400 cyklů. S počtem prvků vstupujících do výpočtu však velmi rychle narůstají doby výpočtů. Proto lze před nasazením této služby zvolit nejprve rozčlenění dat na menší části (viz *BuildingProcessing-Service*).

### Proximity graf

Základem algoritmů pro výpočet odsunů je tzv. proximity graf určující vztahy nejbližšího sousedství a jehož výpočet poskytuje hodnoty nejkratších vzdáleností mezi prvky. Podstata proximity grafu je zřejmá z následujícího obrázku č. 10.



Obrázek č. 10 Princip konstrukce proximity grafu

### OpenJump Plugin Toolset – Map Generalisation Toolbox

K často užívaným knihovným funkcím pro kartografickou generalizaci patří knihovny JUMP core a JTS, které obsahují množství geometrických funkcí naprogramovaných v jazyce Java a jsou dostupné v rámci MapGen Open Source License. Obsahují výpočetní nástroje Map Generalization Toolbox vyvinuté a odzkoušené v rámci projektu MapGen, které jsou řešením klíčových algoritmů generalizace, zejména pro generalizaci prvku *Budova*, které jsou ale použitelné i pro ostatní typy prvků. K nejčastěji využívaným ověřeným funkcím patří: - Rozšíření úzkých částí areálových prvků, - Ortogonalizace hran areálových prvků, - Úprava hran areálového prvku do tvaru čtverce nebo obdélníku, - Odstranění podměrečných areálů, - Zjednodušení tvaru areálu odstraněním některých definičních bodů, - Změna délky areálového prvku, - Zhlazení linií, - Spojení areálů a další. Pro řešení kolizí linií je významný zejména nástroj „Odsun linií“ uvedený v následujícím článku.

### Odsun linií v Map Generalisation Toolbox

PLUGINS> GENERALIZATION>SCALE DEPENDENT ALGORITHMS>LINES> DISPLACE SELECTED LINES

K zajištění čitelnosti mapy a viditelné odlišení průběhů liniových prvků tento algoritmus od sebe odsouvá linie, jejichž symbolizace by způsobily kolizi. Toto opatření je užitečné zejména pro liniové prvky komunikací a často je spojováno s jejich zjednodušením a zhlazením.

Vlastní algoritmus spočívá v několika krocích:

- Segmentace dlouhých linií o velkém počtu definičních bodů na kratší úseky
- Zpracování linie pouze po určitém omezeném počtu úseků
- V omezené míře odsun i kritických bodů původní linie

## Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

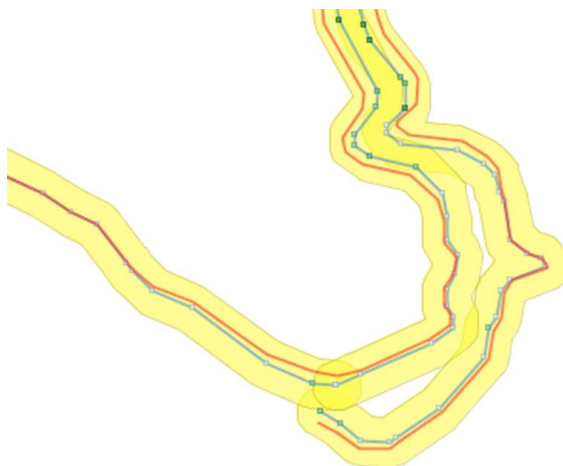
Algoritmus je založen na tzv. „Snakes technique“, kterou upřednostňuje řada významných výzkumných pracovníků z oblasti kartografické generalizace (Steiniger, Burkhardt, Meier, Bader a další).

Vstup:

- výběr linií
- měřítko odvozené mapy pro výpočet hodnoty odsunu podle prahu separace
- šířka budoucí liniové značky
- počet přípustných iteračních cyklů

Výstup:

- vrstva s odsunutými liniovými prvky
- vrstva s buffery kolem liniových prvků, přičemž šířky bufferů jsou dány součty šířky značky a prahu separace
- měřítko odvozené mapy pro výpočet minimální hodnoty odsunu
- šířka budoucí liniové značky
- počet přípustných iteračních cyklů



Obrázek č. 11 Odsun linií v Map Generalisation Toolbox

Pozn.: modře: původní linie s definičními body, červeně: odsunuté linie, žluté plochy: buffer minimální vzdálenosti mezi liniemi

### 2.6.8 Hodnocení nejznámějších publikovaných řešení

Nejvýznamnější příčinou odsunů prvků je používání symbolů liniových prvků třídy Komunikace. Patří k sémanticky nejvýznamnějším prvkům obsahu mapy a tvoří jeho kostru. Tyto prvky budou proto používány i k segmentaci pracovního prostoru pro generalizaci a je logické, že na řešení jejich odsunů a na jejich vliv na propagaci odsunů na okolní blízké prvky bude soustředěna hlavní pozornost i vývoj algoritmických řešení.

Pro další postup - výběr a otestování dosažených a disponibilních výsledků, teoretických ale zejména konkrétních implementací, stanovení optimálních vstupních parametrů pro jejich aplikace při generalizaci SMD - ZM10 a ZM25 budou využívány výsledky analýz a hodnocení provedených v rámci projektu AGENT pro všechny základní operátory.

Ukázka přehledné tabulky z dokumentu DD 2 "State of the Art and Selection of Basic Algorithms" pro operátor Odsun je obsahem následující tabulky. Kromě čerpání z tohoto dokumentu řešeného v rámci AGENT ESPRIT/L TR 24 939 budou využity i četné dokumenty prac. Skupiny ICA pro kartografickou generalizaci a zejména návrhy řešení ve výše uvedené publikaci od Zhilin Li a kol.

Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

Algoritmus, metoda	Popis	Vyhodnocení, poznámky a doporučení
Odsun od významné linie (Michel, 1997) Focus line displacement	Významné liniové prvky (zpravidla dlouhé přímé úseky silnic) jsou identifikovány a použity pro odsuny jako ukotvení ( <i>focus lines</i> ). Odsuny jsou realizovány po kolmicích k těmto významným liniovým prvkům. Vyvolaný odsun probíhá nelineárně až k nulové hodnotě vzdálenosti, která se zkracuje směrem k rámu mapy.	Je k dispozici pouze vágní popis. Hodnocení není možné.
Proporcionální radiální zvětšení (Mackaness, 1994) Proportional radial enlargement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detekujte shluk bodů;</li> <li>• Určete střed shluku;</li> <li>• Posuňte všechny body směrem od středu shluku o vzdálenost <math>d</math> tak, aby byla tato vzdálenost <math>d</math> proporcionální k původní vzdálenosti tohoto bodu od středu shluku;</li> <li>• Pokud algoritmus vygeneruje topologické chyby (některé body leží na jiné straně liniového prvku), polohu středu je třeba změnit.</li> </ul> <p>[k výpočtu jsou potřebné parametry pro identifikaci shluků, definování středu shluku a středu pro odsunování]</p>	Vhodné pouze pro bodové prvky. Předpokládá, že odsun je realizován v radiálních směrech od jednoho středu odsunu (těžiště).
Odsun založený na odpudivých silách (Bader, 1997) Displacement based on repelling forces	<p>Vypočtete buffery kolem areálových prvků a jejich výsledků protínání. Průniky bufferů tvoří mnohoúhelníkové areály (<i>overlay-polygons</i>).</p> <p>Vytvořte triangulaci těchto mnohoúhelníkových areálů a vypočtete jejich skelety. Pro každý trojúhelník vypočtete odpudivou sílu, jejíž velikost je proporcionální k ploše trojúhelníka a jejíž směr je kolmý ke skeletu;</p> <p>Pro všechny body mnohoúhelníků, které tvoří překryty, vypočtete ze všech odpudivých sil z předchozího kroku výsledný vektor odsunu.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Není zcela snadné nalézt vhodný model pro výpočet výsledného odsunu. Pro každou situaci je potřebné určit správně fungující vstupní parametry.</li> <li>• Lze srovnat s podobným přístupem použitým Fritschem (1997).</li> </ul>



Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

Algoritmus, metoda	Popis	Vyhodnocení, doporučení, poznámky a
	[K výpočtu jsou potřebné parametry: velikost bufferu a model pro výpočet konečného odsunu bodů areálových prvků z vektorů na skelet.]	
Müllerův odsun (Müller, 1990) (Müller displacement)	Odsun používající empirický model odsunu kolizních prvků (bodový prvek – bodový prvek bodový prvek – liniový prvek). [K výpočtu jsou potřebné parametry: jeden parametr pro definování minimální vzdálenosti mezi dvěma bodovými prvky a druhý parametr pro definování okolí k vyhledávání dalších blízkých kolizních bodových prvků ( <i>propagace</i> )]	Výsledkem algoritmu mohou být následné kolize a vznik nových typů prostorových překážek. Tím se proces může změnit v nekonečný cyklus (Müller, 1990). Viz také Mackeness and Fisher (1987).
Lichtnerův odsun (Lichtner, 1979) Lichtner displacement	Rovnice pro výpočet vektoru odsunu po kolmici k přímému liniovému prvku.	Tato metoda odsunu je použita v produkčním systému automatizované generalizace CHANGE. Je použitelná pro bodové a liniové prvky a tvoří základ řešení Nickersona a Freemana (1986).
Nickersonův odsun (Nickerson, 1988) Nickerson and Freeman, 1986) Nickerson	Algoritmus používající několik poměrně složitějších kroků: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vyřízení odsunu koncového uzlu liniového prvku (end-node);</li> <li>• Detekce kolidujících liniových prvků;</li> <li>• Stanovení pořadí kolidujících liniových prvků (výpočet priorit na základě sdílených uzlů hran, vzdáleností od uzlů a zejména relativních směrů (orientací hran)</li> <li>• Řešení kolize: nejdříve vypočítat jeden vektor odsunu, poté s využitím trojúhelníkového filtru vypočítat konečné vektory;</li> <li>• Propagace odsunu uzlů;</li> </ul>	Zdokonalená Lichtnerova metoda (1979). Byla implementována v systému Plage.
LSL – Odsun (LSL 1998) LSL-	Algoritmus představuje cyklus probíhající po všech bodech, přičemž pro každý jsou vykonány následující kroky:	Tentýž algoritmus je používán pro odsun liniových i areálových prvků. Liniový prvek je zpracován jako sada bodů (zvláštními případy jsou



Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

Algoritmus, metoda	Popis	Vyhodnocení, poznámky a doporučení
Displacement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vyhledání všech bodů, které ovlivní odsun. (Pro linie velmi blízké aktuálně zpracovávanému bodu je to nejbližší bod na linii)</li> <li>Výpočet výsledného účinku odsunu, který je odvozen výpočtem z minimální vzdálenosti separace prvků a z váhy vzdálenosti přiřazené podle vzájemného poměru priorit zúčastněných prvků.</li> <li>Resetování, kterým je sada vektorů odsunu vyjadřující celkový rozsah odsunu. Tento odsun je však omezen pro každou osu nejdelší složkou jednotlivých vektorů odsunu podél této osy.</li> </ul> <p>[K výpočtu jsou potřebné parametry: třídy prvků ovlivněné odsunem; priority prvků (pro odvození rozsah odsunu); minimální vzdálenost mezi prvky (práh separace prvků)]</p>	<p>koncové body definiční linie). Areály jsou zpracovány jako sada linií.</p> <p>Z toho důvodu se algoritmus nepokouší o odsun linií nebo areálových prvků proti sobě navzájem.</p>
<p>Odsun založený na metodě konečných prvků</p> <p>(Højholt, 1998)</p> <p>Displacement using the FEM</p>	<p>Tento holistický přístup předpokládá simultánní řešení konfliktů v celé části mapy. Je postupováno v následujících krocích:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Delaunayova triangulace areálu;</li> <li>Přidělení indexu tuhosti (<i>stiffnesses</i>) a podmínek hraničním trojúhelníkům na základě požadavků řešení (např. zákaz změnit tvar prvku typu <i>Budova</i>);</li> <li>Řešení problému odsunu metodou konečných prvků (<i>the Finite Element Method</i>).</li> </ul>	<p>Tato metoda má velký potenciál využití pro projekt AGENT, protože je založená na užitečné segmentaci při odsunech pro úroveň Meso agent.).</p>
<p>Odsun založený na konceptu hadího</p>	<p>Metoda odsunu liniových prvků je založena na podobnosti s hadím pohybem (<i>snakes</i>).</p> <p><i>Snakes</i> jsou popsány a</p>	<p>Je vyhrazena pro řešení konfliktů mezi dvojicí (nebo skupinou) liniových prvků.</p>

Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

Algoritmus, metoda	Popis	Vyhodnocení, doporučení	poznámky	a
pohybu (Burghardt and Meier, 1997) Displacement using the snakes concept	používány v počítačové vizualizaci pro identifikaci obrysů vzorků založené na principu minimalizace přitažlivé energie. Princip odsun linie je k tomu opačný. Problém proto může být také řešen s použitím funkcí minimalizujících energii, přičemž jsou vzata v úvahu polohová (geometrická) a sémantická omezení a podmínky.			

Tabulka č. 4 Přehled, popisy a zhodnocení využitelnosti dostupných vyvinutých algoritmů

Pozn.: Tabulka č. 4 byla převzata z dokumentace k projektu AGENT - D D2 „Selection of Basic Algorithms- Appendix“)

### 2.6.9 Doporučení k implementaci algoritmů odsunů

- Při odsunování prvků je nutné zvažovat vnější hrany (tzv. footprinty) smluvených značek závazných pro státní mapové dílo středních měřítek. S ohledem na specifický charakter značek bodových prvků bude potřebné připravit a realizovat úlohu jejich odsunů vlastním programovým vybavením vyvinutým v rámci řešení projektu.
- Odsuny liniových prvků se zachováním jejich tvaru (translace) v izolovaných situacích či takových, kde je možné vícenásobné kolize řešit postupně po jednotlivých kolizích<sup>1</sup>, je možné řešit výběrem z velkého množství dostupných algoritmů. Jako vhodný přístup se jeví metoda silového modelu („*force model*“) popsaná např. v Displacement based on repelling forces [Bader, 1997], která je otevřená řešení izolovaných i komplexních problémů<sup>2</sup> a pro konfiguraci různých typů objektů. Tento algoritmus je dostupný i jako programový kód v jazyce Java.
- Kresba některých liniových prvků mapy s dlouhými rovnými úseky, např. elektrického vedení nebo produktovodu, v závislosti na účelu mapy nemusí vyžadovat vysokou polohovou přesnost zákresu lomových bodů. V těchto případech je odsunován pouze dotčený lomový bod a jsou upraveny navazující úseky liniového vedení.
- Při odsunu části průběhu liniového prvku nebo hranice areálového prvku, které mají charakter obecné křivky, je zpravidla důležité zachovat v maximální možné míře tvar a polohu geometrie prvku. V klasické tvorbě se kartograf snaží zejména nezměnit polohu krajních bodů kolizních úseků a inflexních bodů linie, tedy bodů křivky, kde se mění směr její křivosti. Poté se snaží minimalizovat změny průběhu mezi nimi. Problematickou záležitostí není detekce kolize ani identifikace zúčastněných prvků, ale zejména vhodná propagace odsunu prvků mimo konfliktní zónu. Klasická způsob propagovat, pokud je to možné, odsun pouze do nejbližších inflexních bodů, je částečně dán technickými omezeními práce kartografa. V digitální generalizaci naopak můžeme zvažovat proporcionální rozdělení změny tvaru průběhu celého prvku.
- Pro řešení odsunů a typizaci městské zástavby je vhodné využít novou funkci systému ArcGIS označovanou jako FINDCONFLICTS. V budoucnu, při plánovaném přesnějším definování obrysů prvků typu *Budova* v rámci zpřesňování produktu ZABAGED®, však bude potřebné provázat tuto funkci s operátorem Zjednodušení.
- V rámci provedených analýz bylo navrženo několik úprav stávajících značkových klíčů pro ZM10 a ZM25 a doplnění informací do datového modelu DATA 10. Jde většinou o zjednodušení značky a rozšíření atributů u některých typů prvku, které dílčím způsobem upraví provedení nebo pravidla použití značky avšak podstatně zjednoduší algoritmy pro vyřešení nebo zmírnění kolizí i jejich implementaci. Prakticky všechny návrhy jsou ze strany tvůrců SMD považovány za opodstatněné a přínosné a budou předány odpovědným orgánům s doporučením k jejich schválení.
- Na základě rešerší a vyhodnocení dosaženého stavu řešení, dostupnosti implementace a její účinnosti je navrhováno na testovacích datech pro dané situace ověřit detailně vedle uvedených funkcí ArcGIS a WebGen také zejména následující algoritmy pro řešení odsunů:

<sup>1</sup> Sekvenční přístup

<sup>2</sup> Optimalizovaný přístup

Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

Autor:	Vhodnost implementace
Nickerson	Pro kolize dvou linií, linie a rigidních prvků
Ruasová	Pro kolize rigidních prvků v místech s vysokým potenciálem kolizí
Mackaness	Pro odsuny definičních bodů u ostatních kombinací kolidujících prvků (vyžaduje úpravy)

Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

Postavení generalizačního operátoru „Odsun“ v typologii generalizačních operátorů  
(převzato z projektu AGENT - dokumentu D D2)

Attribute transformation	Classification	Thematic Selection	Select a subset of feature classes that are relevant to an application.			
		Thematic Aggregation	Changing thematic resolution (moves along a classification hierarchy)			
Spatial transformation	Individual objects	Simplification	Weeding	A representation of the original line using a subset of its initial coordinates, retaining those points which are considered to be most representative of the line.		
			Unrestricted Simplification	A simplified representation of the original line is computed. Instead of using a subset of initial coordinates, the new line may choose any point of the space and may even consist of more points.		
		Collapse	The decomposition of features of n dimensions in features of n-1 or even n-2 dimensions.			
		Enhancement	Enhancement with regard to geometric constraints	Enlargement	Constant enlargement in all directions (scaling).	
				Exaggeration	Exaggerate important parts = Enlargement with change of shape.	
			Enhancement with regard to semantic constraints	Smoothing	Change the geometry of an object to improve the aesthetic quality.	
				Fractalization		
				Rectification/ Squaring	Rectify the geometry of objects which are expected to have a rectangular shape.	
	Individual objects or Set of objects	Selection / Elimination	Selection	Select the most important objects from a cluster/network to represent the original feature.		
			Elimination	Eliminate unimportant objects from the map.		
		Displacement	Move objects to solve conflicts between objects that are too close or to keep important neighbourhood relations e.g.: If a bend is moved through filtering, a road next to the building has to be moved also.			
	Set of objects	Aggregation	Join features to 1 object	Amalgamation	Fusion	Aggregation of two connected objects of the same nature.
					Merge	Join disjoint objects
			Join feature to several objects	Combine	Combine a set of objects to one object of higher dimensionality.	
				Typification	An initial set of objects is transformed into a new (generalized) group. It is not clear after the transformation which original object(s) created a new one; the new objects are merely placeholders. The initial group might be built of disjoint objects (such as buildings) or be created through segmentation of one single object (such as road segments). The former type is called structuration, the latter one schematisation.	

Obrázek č. 12 Typologie generalizačních operátorů v projektu AGENT

Pozn.: Obrázek č. 12 byl převzat z dokumentace k projektu AGENT - D D2 „Selection of Basic Algorithms“

## 2.7 Ztotožnění průběhu

Synonyma:	paralelizace, slícování, přichycení, splynutí
Anglicky:	Parallelization, linear alignment, conflation, edgematching, coalescence

### 2.7.1 Definice a typy

**Definice „Ztotožnění průběhu“** - ztotožnění průběhu je jednou z metod jak zlepšit čitelnost mapy, často zároveň vede ke snížení jejího grafického zaplnění. V menších měřítcích se kresby obou prvků k sobě přibližují natolik, že drobné oscilace v jejich průběhu jsou patrné, nepřinášejí přidanou či důležitou informaci a působí rušivě.

Ke ztotožnění průběhů kartograf přistupuje u prvků, které mají ve své části podobný průběh. Je typické u prvků, jejichž kresba není v terénu přesně ohraničena, případně nejsou z hlediska účelu mapy jejich tvar a polohová přesnost podstatné. Typickým příkladem prvků, na které je uplatňována, jsou liniové prvky mikroreliefu.

Při realizaci rozlišujeme prvek hlavní, respektive vodící a prvek závislý. Průběh vodícího prvku zůstává nezměněn, naopak průběh prvku závislého je mu přizpůsoben.

Z grafického hlediska rozlišujeme čtyři typy ztotožnění:

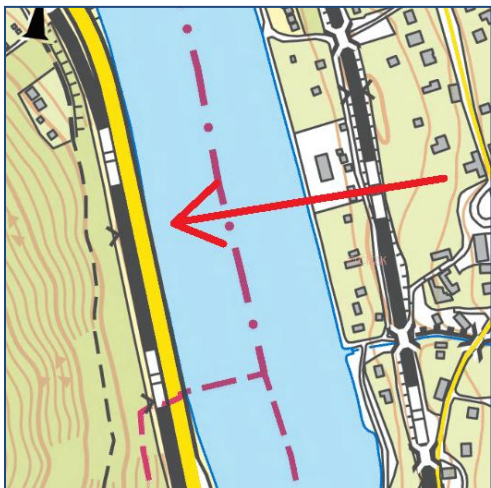
- ztotožnění průběhu linie
- ztotožnění průběhu hrany kresby
- ztotožnění průběhu linie na dotyk
- ztotožnění průběhu linie s rozstupem



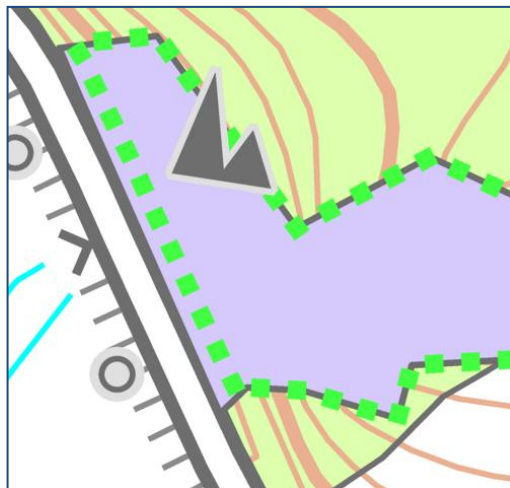
Ztotožnění průběhu linie



Ztotožnění průběhu hrany kresby



Ztotožnění průběhu linie na dotyk  
(není provedeno - nečistá kresba)



Ztotožnění průběhu linie s rozestupem

Obrázek č. 13 Ukázky typů ztotožnění průběhu

#### Ztotožnění průběhu linie

Ke ztotožnění průběhu linie prvků dochází u liniových kreseb ve stejné barvě ve stejné tloušťce.

Na našem příkladu vidíme ztotožnění průběhu kresby hrany terénního reliéfu s průběhem kresby okraje druhu využití půdy.

Ve výsledné kresbě dojde k tomu, že první a poslední vrchol kresby hrany terénního reliéfu bude přichycen na osu kresby okraje druhu využití půdy. V ostatním průběhu převezme přímo vrcholy jeho kresby.

Ve složitějších variantách ztotožnění již nedochází k přebírání průběhu geometrie, ale ke ztotožnění průběhu o určitou vzdálenost - offset. Jednotlivé varianty se potom liší pouze způsobem stanovení tohoto offsetu.

#### Ztotožnění průběhu hrany kresby

Ke ztotožnění průběhu hrany kresby dochází u liniových prvků kresby ve stejné barvě, které jsou součástí složitějšího symbolu, kde splynutí linie není na závadu čitelnosti závislého prvku. Tloušťka čáry závislého prvku musí být menší nebo stejná jako tloušťka čáry hrany hlavního prvku.

Hodnotu offsetu vypočteme podle jednoduchého vztahu:

$$\text{Offset} = (\text{MasterWidth} - \text{SlaveWidth}) / 2$$

kde *MasterWidth* značí maximální šířku kresby vodícího elementu a *SlaveWidth* tloušťku čáry kresby závislého elementu.

#### Ztotožnění průběhu linie na dotyk

Ke ztotožnění průběhu linie na dotyk kresby dochází u dvou kreseb v různé barvě, kde jsou barvy od sebe v dané síle čáry a při použití symbolu výrazně odlišitelné.

Hodnotu offsetu vypočteme podle vztahu:

$$\text{Offset} = (\text{MasterWidth} + \text{SlaveWidth}) / 2$$

kde *MasterWidth* značí maximální šířku kresby vodícího elementu a *SlaveWidth* tloušťku čáry kresby závislého elementu.

Ztotožnění průběhu linie s rozestupem

Ke ztotožnění průběhu linie s rozestupem dochází u dvou kreseb v různé barvě, kde nejsou barvy od sebe v dané síle čáry a při použití symbolu výrazně odlišitelné.

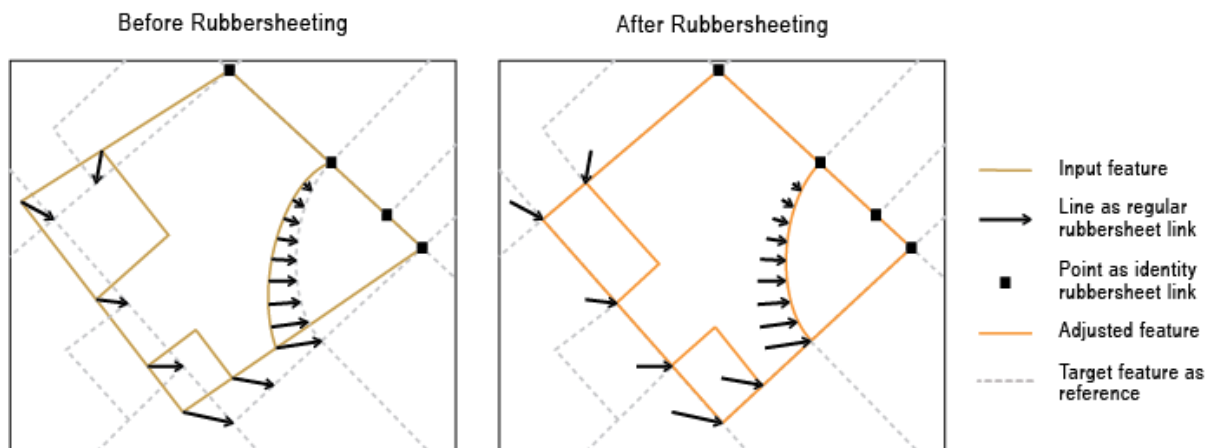
Hodnotu offsetu vypočteme podle vztahu:

$$\text{Offset} = \text{Treshold} + (\text{MasterWidth} + \text{SlaveWidth})/2$$

kde *MasterWidth* značí maximální šířku kresby vodícího elementu, *SlaveWidth* tloušťku čáry kresby závislého elementu a *Treshold* hodnotu rozestupu mezi kresbami.

**2.7.2 Použitelné algoritmy**

Z dostupných knihoven je oblast ztotožnění průběhu částečně řešena na platformě ESRI ArcGIS. Je zde dostupná poměrně pokročilá funkcionality pro ztotožnění průběhu, určená pro začištění vektorových dat velkého měřítka. Je schopna precizně ztotožnit průběh kresby tam, kde závislý element vede v celém svém průběhu podél elementu hlavního. Detaily řešení jsou patrné z obrázku a je možné je beze zbytku využít ve vlastním řešení. Funkcionality je interaktivně umístěna do sady nástrojů Conflation Toolbox a je dostupná v prostředí ArcPy.

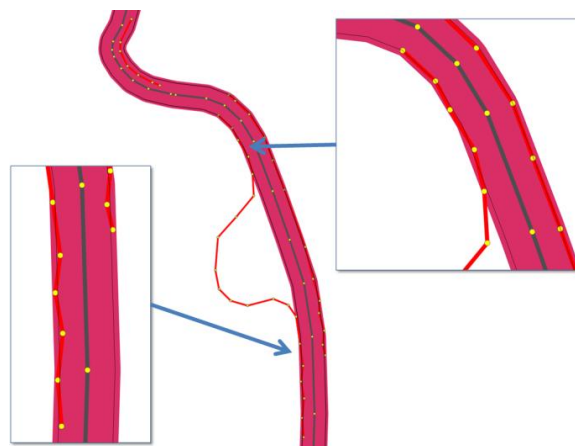


Obrázek č. 14 Znáznornění funkcionality pro ztotožnění v software ArcGIS

Dále je dostupná funkcionality pro výpočet tzv. Hausdorfovy vzdálenosti, která umožňuje vyčíslit míru podobnosti dvou geometrií. Blíže viz například dokumentace PostGIS.

**2.7.3 Řešení úlohy**

Ztotožnění průběhu kreseb je potřeba řešit v kontextu celého prvku a zejména vzít v úvahu zachování tvaru kresby.



Obrázek č. 15 Ztotožnění části průběhu prvku

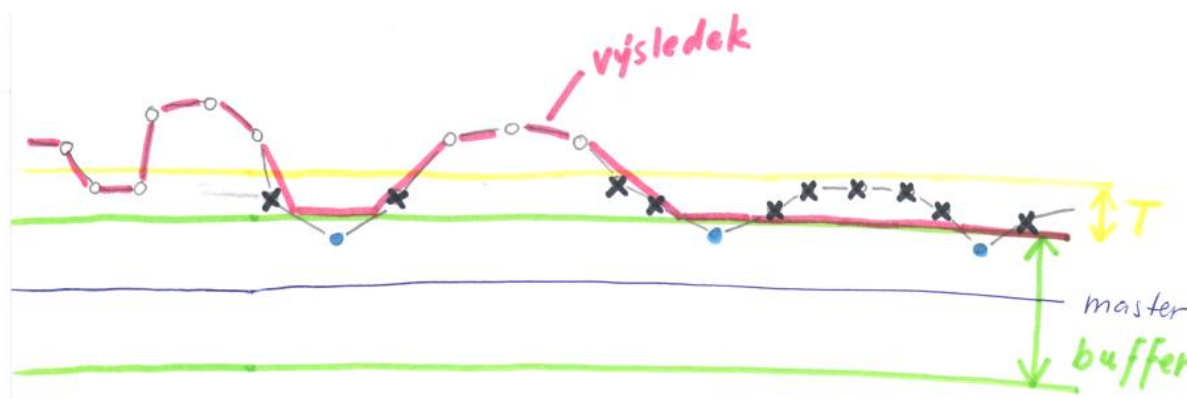


## Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

Tento typ úloh se obvykle řeší stanovením dvou prahových hodnot. Vodící objekt je znázorněn modře, závislý objekt znázorňují šedé hrany a jeho vrcholy - šedá kolečka. Kresba objektu je částečně ve vzdálenosti menší než zelená zóna (buffer). Dále definujeme, co je pro nás ještě rušivá odchylka a co už ne, což je znázorněno žlutou vzdáleností T.

### Popis algoritmu řešení

- Modré body závislého objektu uvnitř zelené zóny se odsunou nebo smažou vždy a nahradí částí okraje zóny.
- Totéž je aplikováno i na další body závislého objektu, které splňují podmínku, že leží ve žluté zóně a zároveň mezi nimi a nějakým modrým bodem není žádný bod mimo žlutou zónu. Tyto vertexy jsou na obrázku č. 16 označené černým křížkem.
- Na ukázce vlevo jsou body ve žluté zóně, které křížkem označeny nejsou – s těmi se nic dělat nebude, protože nesplňují druhou část podmínky.
- Úseky s modrými body a s body označenými černým křížkem jsou nahrazeny příslušnou částí okraje zóny. Tím je vyřešeno vše, co je blíže vodícímu prvku než je stanovená hodnota a zároveň jsou vyřešeny i malé oscilace, tj. oscilace menší než hodnota T na druhou stranu kresby.
- Vertexy, které jsou ve větší vzdálenosti, než je stanovená hodnota, zůstanou v původní poloze.
- Výsledek řešení je znázorněn růžovou linií.



Obrázek č. 16 Znázornění řešení úlohy ztotožnění průběhu linie

### 2.7.4 Doporučení pro implementaci algoritmu

Princip tohoto řešení je velmi často aplikován v různých implementacích. Pro potřeby tvorby SMD a kompatibility implementace s technologickým systémem využívaným tvůrcem SMD je navrhováno, aby byla jako základ řešení využita funkce funkce od Arc DATA, která bude za účasti specialistů ArcDATA modifikována v rámci řešení úkolu „Knihovna generalizačních algoritmů pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek- Software R1“.

## 2.8 Testování funkčnosti

### 2.8.1 Sady testovacích dat

K ověření správného fungování získaných nebo vlastními prostředky vyvinutých implementací algoritmů pro řešení kolizních situací a pro testování a výběr optimálních hodnot vstupních parametrů pro tyto funkce byly vytvořeny sady testovacích georeferencovaných dat. Byly převzaty z aktualizovaných bází dat ZABAGED<sup>®</sup> a uspořádány do souborů pro jednotlivé vybrané situace. Data byla zpracována podle výsledků analýz jednotlivých vybraných situací a v rozsahu odpovídajícím vyznačené kolizní situaci. Sady testovacích dat jsou uloženy a zpřístupněny spolu s dalšími dokumenty a výsledky na portále projektu [http://www.vugtk.cz/TB04CUZK001/03\\_CartographicSituations/web/](http://www.vugtk.cz/TB04CUZK001/03_CartographicSituations/web/)

### 2.8.2 Scénáře testování

Scénáře testů funkcionalit a určování vlivů vstupních parametrů pro výpočet na kvalitu výsledků jsou předmětem přílohy č. 6 „Testovací datové sady“.

### 3. Novost použitého postupu

Stávající technologie tvorby Státního mapového díla středních měřítek ČR je kombinací automatizovaných a klasických „manuálních“ postupů s podporou výpočetních funkcí a nástrojů vyvinutých v rámci projektu IS SMD „Informační systém státního mapového díla ČR“. Jeho řešitelem byla firma T-MAPY spol. s r.o. - jeden z účastníků tohoto projektu TB04CUZK001. Přes nesporný vysoký přínos projektu IS SMD pro tvorbu map středních měřítek, zejména ZM 10 a ZM 25, jeho cílem nebylo řešení automatizované generalizace, respektive bylo řešení jen některých základních funkcí generalizačního charakteru. V zavedené a používané technologii tvorby SMD zůstává stále velké množství operací a činností, které musí provádět kartograf – operátor manuálně. Tyto činnosti jsou sice podporovány nástroji systému ArcGIS, jsou však pracné, stále se opakující (jsou stereotypní), a jejich manuální zpracování se negativně projevuje v kvalitě výsledných map i v celkových nákladech na jejich výrobu. Výsledky jsou navíc zatíženy subjektivními přístupy operátora k řešení individuálních kolizních situací, což vyžaduje poměrně rozsáhlý systém kontrol kvality a následné odstraňování zjištěných nedostatků.

Z kritického vyhodnocení současné situace u výrobce SMD středních měřítek vznikla naléhavá potřeba nového výzkumného a vývojového úkolu pro řešení a následnou implementaci automatizované generalizace jejich tvorby. Touto problematikou se zabývá odborná veřejnost již poměrně dlouhou dobu. V zahraničí vznikla dlouhá řada studií a odborných publikací k této problematice a v poslední době jsou již vyvinuty a jsou komerčně dostupné ucelené technologické systémy pro automatizovanou tvorbu map. Jejich ceny však prakticky vylučují úvahy o možnostech akvizice kteréhokoliv z těchto systémů pro tvorbu SMD v ČR. Jejich uzpůsobení pro tvorbu map středních měřítek podle specifikací SMD by představovaly další navýšení nákladů na jejich pořízení.

I v ČR vznikla do současné doby řada aktuálních studií a odborných prací k problematice automatizované generalizace. Jedná se však téměř vždy o aktivity akademického sektoru a publikované výsledky mají většinou charakter rozpracování dílčích problémů – jednotlivých operátorů, vybraných konkrétních dostupných algoritmů a jejich implementace apod. Komplexní řešení automatizované generalizace, s ambicí jeho implementace a zakomponování do stávající technologie tvorby SMD představuje první, v našich podmínkách dosud neřešený výzkumný úkol, jehož součástí je i tato metodika. Metodika představuje nové ucelené řešení problematiky a obsahuje nové, dosud nerealizované analýzy modelových situací v SMD, zejména vzniklých symbolizací dat z DATA 10 do ZM 10 a ZM 25. Navrhuje originální sestavu a typologii základních operátorů generalizace, strukturálních vzorů vyskytujících se ve vybraných typických situacích, včetně jejich podrobných charakteristik. Na základě výsledků rozsáhlé rešerše světové odborné literatury a specifikací pro SMD podrobně analyzuje a doporučuje vhodné algoritmy a postupy pro řešení kolizí identifikovaných ve vybraných situacích.

## 4. Uplatnění certifikované metodiky

Tato metodika bude užívána primárně v rámci řešitelského týmu pro řešení navazujících problémů a úkolů – viz čl. 2.3. Bude však mít široké uplatnění i jako metodický materiál mimo projekt TB04CUZK001, zejména při pokračování výzkumu a vývoje problematiky automatizované generalizace SMD.

### 4.1 Uplatnění certifikované metodiky v rámci projektu TB04CUZK001

- Vypracovaný katalog generalizačních situací vymezuje rozsah kolizních situací, které budou předmětem řešení v rámci projektu TB04CUZK001. Kromě generalizačních situací katalog obsahuje také situace, které mají charakter pravidel zobrazování. Řešení těchto situací většinou představují výběr varianty symbolizace řešeného prvku, k němuž je zpravidla potřebné provést výpočetní prostorové analýzy a vztahy prvků v jeho okolí. Tyto situace se při tvorbě SMD také velmi často vyskytují a zatěžují práci operátora. Jejich vyřešení nad rámec projektu bude záviset na náročnosti a disponibilních kapacitách řešitelů.
- Seznamy operátorů a jejich typologie budou použity jako základní pojmový aparát při popisu řešení situací, strukturálních vzorů a pro algoritmizace a návrhy postupu řešení kolizí.
- Vytvořené sady testovacích dat budou použity pro testování funkčnosti vybraných algoritmů, jejichž implementování je doporučováno. V rámci těchto testování bude určen vliv parametrů vstupujících do výpočtu a výběr jejich hodnot pro individuální situace.
- Výsledky provedených rešerší budou studijním a informačním podkladem pro řešitele ostatních úkolů v rámci tohoto projektu TB04CUZK001.

### 4.2 Další uplatnění metodiky

- Metodika definuje základní pojmy, přístupy a postupy řešení hlavních procesů při výběru algoritmů pro jejich implementaci při tvorbě ZM 10 a ZM 25 z datového modelu DATA 10. Přístupy a metody jsou obecné, aby bylo možné jejich doplnění i pro tvorbu dalších měřítek, zejména ZM 50.
- Všechny okruhy problému řešených v této metodice budou předmětem dalšího pokračování a prohlubování výzkumu a vývoje a postupného zavádění nových poznatků do praxe při tvorbě SMD.
- Výsledky odborných rešerší s uvedením nejvýznamnějších odborných publikací a webových portálů s implementacemi algoritmů budou sloužit jako zdroj informací a studijní materiály pro přednášející a studenty z akademické sféry. Systematické vzdělávání v oblasti automatizované generalizace je nutným předpokladem rozvoje této aktuální a perspektivní odborné oblasti.
- Na základě analýz vybraných situací a možností algoritmizace jejich řešení vznikly návrhy úprav obsahu produktu ZABAGED® a značkových klíčů pro SMD. Podstatou těchto návrhů je doplnění datového modelu o další atributy prvků a zjednodušení symbolizace.

### 4.3 Uživatelé metodiky

Metodika je primárně určena členům řešitelského týmu projektu TB04CUZK001. Řešitelé a programátoři ji v rámci řešení úkolů „Knihovna generalizačních algoritmů pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek- Software R1“ a „Knihovna programů pro řízení dílčích procesů automatizované tvorby topografických map – Software R2“ využijí jako návody nebo podpůrný dokument pro detailní přípravu

## Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

algoritmů automatizované generalizace, jejich podrobné otestování a validaci ověřené technologie Z jako jejich implementace.

Jejími uživateli však mohou být i další pracovní skupiny, zabývající se automatizovanou generalizací při tvorbě SMD středních měřítek, včetně vojenských topografických map.

Pro obecné použití je metodika doplněna citacemi a odkazy na jednotlivé URL adresy, které jsou platné k datu vydání metodiky. Výsledky rešerše a uvedené odkazy mohou být využity v akademické sféře pro přípravu studijních programů na universitách zabývajících se problematikou zpracování geoprostorových informací a automatizované tvorby map.

## 5. Ekonomické přínosy certifikované metodiky

Vyjádřit ekonomické přínosy této Nmet3 konkrétními finančními údaji není možné. Metodika je součástí komplexního řešení, které bude v rámci implementace zakomponováno do stávající technologické linky pro automatizovanou tvorbu SMD v kartografickém odboru ZÚ Praha v Sedlčanech. Výsledky výzkumu a vývoje uvedené v této Nmet3 budou sloužit ostatním členům řešitelského týmu projektu TB04CUZK001 jako podklad pro jejich práci, bude metodickým návodem jak postupovat v případě budoucího rozšiřování řešené problematiky automatizované generalizace SMD a může být využívána i ke studijním účelům v rámci přípravy specialistů.

Případný ekonomický přínos při zefektivnění tvorby SMD bude možné vyhodnotit až po zavedení celé ověřené technologie „Komplexní řízení procesu tvorby státního mapového díla měřítek 1 : 10 000 a 1 : 25 000 - Ověřená technologie Z“ do provozní praxe. I tak bude velmi obtížné získat konkrétní ekonomické údaje.

Přínosy Nmet3 jsou tedy neekonomické povahy, jsou však jednoznačné a nesporné. Její hodnota spočívá v tom, že Nmet3 spolu s ostatními navazujícími dokumenty vytvořenými v rámci projektu TB04CUZK001 představuje první ucelený a podrobný popis klíčových problémů spojených s generalizací SMD, poskytuje definice, analýzy a návrhy jejich řešení. Forma těchto výsledků umožňuje jejich další postupné doplňování a zpřesňování samotnými jejími uživateli.

## 6. Seznam použité literatury

### 6.1 Seznam použité související literatury

Součástí řešení této Nmet3 bylo provedení rozsáhlé rešerše, zhodnocení a výběr odborné literatury vhodné a potřebné pro řešitele projektu i uživatele metodiky. Problematice algoritmů pro potřeby kartografické generalizace je již dlouhodobě věnována značná pozornost v odborných kruzích. Bylo vypracováno a je odborné veřejnosti dostupné mnoho studií a tematicky zaměřených knih, sborníků a prezentací z odborných konferencí a seminářů. O významu problematiky svědčí i ta skutečnost, že v rámci Mezinárodní kartografické asociace byla vytvořena a je velmi aktivní pracovní skupina ICA WG Generalisation. Rovněž mnoho publikovaných výsledků společně řešených evropských i zámořských projektů a iniciativ universit umožňuje důsledné seznámení s tématem.

Do Nmet3 byly převzaty poznatky, obrázky a tabulky z cizojazyčných zdrojů. Výběr hlavních informačních zdrojů je včetně internetových odkazů uveden v následující tabulce č. 5. Rozsáhlejší seznam související odborné literatury je uveden na příloženém CD.

Po dohovoru se zástupci ZÚ Sedlčany, kteří budou významnými uživateli této Nmet3, byly ponechány texty v obrázcích a tabulkách, popisy algoritmů a názvy zdrojů informací v původním jazyce, aby laickým překladem nedocházelo ke ztrátě významných informací.

č.	Autor - signatura	Název dokumentu	Pozn.
1	ESPRIT / LTR 24 939 AGENT	D C4 Specification of measures on MESO level & organisations	Výsledná dokumentace projektu AGENT
2		D A1 Generalisation Modelling using an agent paradigm	
3		D C1 Selection of Basic Measures	
4		D M7 Technological Implementation Plan	
5		D A2 Constraints Analysis	
6		D D3 Strategic Algorithms Using Organisations	
7		D D2 Selection of Basic Algorithms	
8	Zhilin Li a kol.	Algorithmic Foundation of Multi-Scale Spatial Representation	Publikace
9	Neun M.	Data Enrichment for Adaptive Map generalization Using Web services	Disertační práce
10	Jabeur, Nafaá,	A multi-agent system for on-the-fly web map generation and spatial conflict resolution	Teze habilitační práce
11	Mackaness W., Ruas A. Sarjakoski L.	Generalisation of the Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications	Publikace ICA
12		ESRI White Book	

Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

č.	Autor - signatura	Název dokumentu	Pozn.
13	Burghardt D., Neun M. a další	ICA Tutorial on Generalisation and Multiple Representation Lecture 1 : Introduction and Overview Lecture 2: Generalisation operators Lecture 3 : Approaches to modelling the generalisation process Lecture 4 : Constraints: in requirement analysis and evaluation Lecture 5 : Relation modelling and MRDB Lecture 6 : Multi-agents within automated generalisation	
14	Bader M.	Energy Minimization Methods for Feature Displacement in Map Generalization	Disertační práce
15	Tinghua A. van Oostem P.	Displacement Methods based on Field Analysis	
16	Chen J., Zhilin L., Renliang Z.	Voronoi-based k-order neighbour relations for spatial analysis,	
17	Bader M., Barrault M., Weibel R.	Building displacement over ductile truss	
18	Sister M.	Generalization based on least squares adjustment	
19	Harrie L.	The Constraint Method for Solving Spatial Conflicts in Cartographic Generalization	
20	Tinghua A.	Displacement of Building Cluster Using Field Analysis Method	
21	Neun M., Burghardt D., Weibel R.	Automated processing for map generalization using web services	
22	Foerster T., Morales J., Stoter J.	A Classification of Generalisation Operators Formalised in OCL	
23	Hojholt P.	Solving Space Conflicts in Map Generalisation: Using a Finite Element Method	
24	--	Automation of Map Generalization - The Cutting-Edge Technology	ESRI White Paper Series
25	T-MAPY, spol. s r.o.	Provozní a uživatelská dokumentace k IS SMD	
26	Neun M., Steiniger S.	Modelling Cartographic Relations for	WebGen



Algoritmy generalizace potřebné pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek

č.	Autor - signatura	Název dokumentu	Pozn.
		Categorical Maps	
27	Neun M., Burghardt D., Weibel R.	Web service approaches for providing enriched data structures to generalisation operators	
28	Neun M.	Generalization Web Services	
29	Neun M., Weibel R., Burghardt D.	Data Enrichment for Adaptive Generalisation	
30	Burghardt D., Neun M. Weibel R.	Generalization Services on the Web – A Classification and an Initial Prototype Implementation	
31	Neun M., Burghardt D., Weibel R.	Automated Processing for Map Generalization with Modular Operator Services	
32	Burghardt D., Neun M.	Automated sequencing of generalisation services based on collaborative filtering	
33	Edwardes A., Burghardt D., Neun M.	Experiments in Building and Open Generalisation System	
34	Neun M., Burghardt D. Weibel R.	Web service approaches for providing enriched data structures to generalisation operators	
35	Neun M., Weibel R., Burghardt D.	Data Enrichment for Adaptive Generalisation	
36	Neun M., Burghardt D.	Web Services for an Open Generalisation Research Platform	
37	Neun M., Steiniger S.	Modelling Cartographic Relations for Categorical Maps	
38	Skiena S.	The Algorithm Design Manual	
39	O'Rourke J.	Computational Geometry in C	
40	Shekhar S., Xiong H.	Encyclopedia of GIS	

Tabulka č. 5 Seznam použité literatury

## 6.2 Seznam publikací, které předcházely certifikované metodice

Před zpracováním této metodiky nebyl v České republice publikován žádný obdobný dokument, který by takto uceleně a podrobně rozebíral problematiku automatizované generalizace Státního mapového díla ČR středních měřítek od konceptuální analýzy datového modelu, přes definování operátorů kartografické generalizace, sběr a rozbor principů a metod jejich algoritmizace a jejich implementací dostupných zejména jako volně šiřitelné programy.

Zpracovatelé metodiky se danou problematikou zabývali již před zahájením řešení projektu TB04CUZK001, výsledky jejich předchozích projektů a prací byly do značné míry využívány.

K těmto hlavním dokumentům patří zejména:

- Dokumentace k projektu „Informační systém Státního mapového díla ČR“ řešeného firmou T-MAPY spol. s r. o.
- Katalog operátorů generalizace – zpracovaný VÚGTK, v. v. i

V rámci projektu TB04CUZK001 jsou tyto předchozí výsledky chráněny jako tzv. Background Intellectual Property Rights (BIPR).

## 7. Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
AGENT	Projekt „Automated Generalisation New Technology“ řešený v rámci programu ESPRIT/LTR 24 939
ArcGIS	Geografický systém firmy Esri
BIPR	Background Intellectual Property Rights
DATA 10	Datový model IS SMD
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GRASS	Knihovna programových řešení generalizačních algoritmů
JTS	Java Tool Set
SMD	Státní mapové dílo České republiky
VÚGTK	Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i
WebGen	Projekt Webové služby pro automatizovanou generalizaci
ZABAGED <sup>®</sup>	Základní báze geografických dat <sup>3</sup>
ZM 10	Základní mapa České republiky v měřítku 1 : 10 000
ZM 25	Základní mapa České republiky v měřítku 1 : 25 000
ZÚ	Zeměměřičský ústav Praha - kartografický odbor v Sedlčanech

---

3

[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(wkmd02puuv1j3yikznbsht0o\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady\\_zabaged&side=zabaged&menu=24](http://geoportal.cuzk.cz/(S(wkmd02puuv1j3yikznbsht0o))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&menu=24)

## 8. Závěr

Účelem této metodiky nebylo vyhledání a vyhodnocení, ani vypracování návrhů optimální algoritmizace všech možných situací a operátorů pro automatizovanou tvorbu SMD středních měřítek. Nebylo ani reálné definovat úplné spektrum strukturálních vzorů, které se v datovém modelu ZABAGED® a následně i v ZM 10 a ZM 25 mohou vyskytovat. Metodika představuje pilotní řešení jedné z problematik, které jsou vzájemně provázanými součástmi rozsáhlého projektu TB4CUZK001. Jejím úkolem je popsat základní přístupy a metody, jak postupovat při řešení algoritmizace a být výchozím podkladem pro budoucí rozšiřování automatizace o další složitější mapové prvky, při odvozování map SMD dalších menších měřítek a k automatizaci řešení generalizace dalších komplexnějších situací a struktur. Metodika řeší obecné postupy, které konkrétně specifikuje na situace a kolize nejvíce zatěžující tvůrce SMD. Automatizací řešení vybraných, relativně jednodušších a velmi často se opakujících kolizních situací dojde k urychlení a k zefektivnění celého procesu tvorby ZM 10 a ZM 25, ke zvýšení jejich kvality, odstranění chyb a nehomogenit v mapách, způsobených vlivem subjektivních přístupů operátorů a řadě dalších pozitiv. S ohledem na odbornou náročnost této, u nás dosud neprobádané oblasti, bylo nutné na konkrétních případech vysvětlit i některé odborné pojmy užívané v zahraniční odborné literatuře.

Součástí metodiky byla i rozsáhlá rešerše problematiky modelování a algoritmizace automatizované generalizace, vyhledání a vyhodnocení dostupných programových řešení a jejich implementací. Navržené postupy a algoritmy budou v rámci navazujícího úkolu „Knihovna generalizačních algoritmů pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek- Software R1“ naprogramovány, popřípadě získány z dostupných a ověřených zdrojů. Fungování vyvinutých nebo získaných programů a webových služeb a výběr hodnot vstupních parametrů potřebných k jejich výpočtům budou ověřeny na sadách testovacích dat vytvořených v rámci řešení této Nmet3. Výsledky výpočetního zpracování testovacích sad budou porovnány s ideálním provedením klasickým způsobem a tak bude Knihovna generalizačních algoritmů pro generalizaci státního mapového díla středních měřítek- Software R1 validována.

Tato metodika, včetně všech jejích příloh a pracovních podkladů i výsledky odborných diskusí v řešitelském týmu a sady testovacích dat jsou, stejně jako u ostatních úkolů řešených v rámci projektu TB04CUZK001 přístupné na portále projektu [http://www.vugtk.cz/TB04CUZK001/03\\_CartographicSituations/web/](http://www.vugtk.cz/TB04CUZK001/03_CartographicSituations/web/)

## 9. Přílohy

---

1	Katalog vybraných generalizačních situací
2	Seznam operátorů kartografické generalizace
3	Seznam strukturálních vzorů
4	Přehled výsledků analýz vybraných generalizačních situací
5	Implementace algoritmů vhodných pro kartografickou generalizaci SMD
6	Testovací datové sady
7	CD s digitální verzí metodiky

### 9.1 Seznam obrázků

Obr. 1	Přehled základních typů generalizačních operátorů
Obr. 2	Schematické znázornění segmentace pracovního prostoru
Obr. 3	Schematické znázornění segmentace prvků v kolizi
Obr. 4	Princip odsouvání definičních bodů linie
Obr. 5	Princip dílčí změny tvaru křivky
Obr. 6	Scénáře odsunů
Obr. 7	Schéma výběru optimálního algoritmu pro odsuny
Obr. 8	Prvky typu <i>Budova</i> před a po zpracování nástrojem ArcGIS - <i>Resolve Building Conflicts</i>
Obr. 9	Ukázka služby WPS WebGen Dynamic – <i>BuildingDisplacement</i>
Obr. 10	Princip konstrukce proximity grafu
Obr. 11	Odsun linií v Map Generalisation Toolbox
Obr. 12	Typologie generalizačních operátorů v projektu AGENT
Obr. 13	Ukázky typů ztotožnění průběhu
Obr. 14	Znázornění funkcionality pro ztotožnění v software ArcGIS
Obr. 15	Ztotožnění části průběhu prvku
Obr. 16	Znázornění řešení úlohy ztotožnění průběhu linie

### 9.2 Seznam tabulek

Tabulka 1	Ukázka ze „Seznamu strukturálních vzorů“ – příloha 3
Tabulka 2	Odkazy na hlavní informační zdroje algoritmů podpůrných funkcí a jejich implementací
Tabulka 3	Odkazy na informační zdroje algoritmů generalizačních operátorů a jejich implementací
Tabulka 4	Přehled, popisy a zhodnocení využitelnosti dostupných algoritmů
Tabulka 5	Seznam použité literatury