

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta aplikovaných věd
Katedra informatiky a výpočetní techniky

Bakalářská práce

Generalizace budov a bloků budov pro Informační systém Státního mapového díla

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta aplikovaných věd
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr SVOBODA**
Osobní číslo: **A13B0058K**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informatika**
Název tématu: **Generalizace budov a bloků budov pro Informační systém
Státního mapového díla**
Zadávající katedra: **Katedra informatiky a výpočetní techniky**

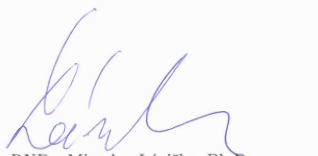
Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Prostudujte existující metody generalizace vhodné pro daná vstupní data.
2. Popište vývoj modelu ZABAGED.
3. Proveďte analýzu vstupních dat a popište, které atributy lze využít pro další generalizaci.
4. Navrhněte generalizační algoritmy vhodné pro daná vstupní data a implementujte je.
5. Otestujte hotové programové vybavení a zhodnoťte výsledky.


Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **doporuč. 30 s. původního textu**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:
dodá vedoucí bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce: **Prof. Dr. Ing. Ivana Kolingerová**
Katedra informatiky a výpočetní techniky

Datum zadání bakalářské práce: **10. října 2016**
Termín odevzdání bakalářské práce: **4. května 2017**


Doc. RNDr. Miroslav Lávička, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Přemysl Brada, MSc. PhD.
vedoucí katedry

V Plzni dne 13. října 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Plzni dne 24. dubna 2017

Petr Svoboda

Poděkování

Rád bych poděkoval prof. Dr. Ing. Ivaně Kolingerové za vedení práce, cenné rady a připomínky. Děkuji také Ing. Tomáši Bayerovi Ph.D. za ochotné zodpovězení mých dotazů. Dále bych rád poděkoval všem svým kolegům, kteří mi věnovali svůj čas.

Abstract

This bachelor thesis focuses on the issue of the automatic cartographic generalization of the area objects. The main goal is to find a suitable method of the building generalization for the needs of the Information System of the State Map Series.

Analysis of the input data is done as the first part of this work. On its basis, the proper generalization algorithms are chosen and the conditions of the generalization and implementation to the present system are determined. Next, generalization methods for the given topic are also summarized. The practical part of this work deals with creation of the application which implements the chosen algorithms. Part of the work describes experiments carried out on real data that led to an appropriate setting of generalization parameters. The obtained results are evaluated and ideas for further development of the created application are mentioned.

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku automatické kartografické generalizace plošných objektů. Hlavním cílem je nalezení vhodného postupu generalizace budov a bloků budov pro potřeby Informačního systému Státního mapového díla.

V první části práce je nejprve provedena analýza vstupních dat, na jejímž základě budou vybrány vhodné generalizační algoritmy, stanoveny podmínky generalizace a implementace do stávajícího systému. Dále jsou shrnuty existující metody generalizace vhodné pro dané téma. Praktická část práce se zabývá vytvořením aplikace implementující vybrané algoritmy. Jsou zde také popsány experimenty provedené na reálných datech vedoucí ke vhodnému nastavení generalizačních parametrů. V závěrečné části jsou zhodnoceny dosažené výsledky a zmíněny možnosti dalšího rozvoje vytvořené aplikace.

Obsah

1	Úvod	9
2	Analýza dat a systému	10
2.1	Zdrojová data	10
2.1.1	Budovy	10
2.1.2	Zpřesnění geometrie budov	11
2.1.3	Podmínky generalizace	11
2.2	Informační systém Státního mapového díla	13
2.2.1	Uložení dat	13
2.2.2	Správa dat	14
2.2.3	Aplikační programové vybavení	15
3	Generalizace	16
3.1	Kartografická generalizace	17
3.2	Generalizační operátory	18
3.2.1	Operátory pro jednotlivé plošné prvky	19
3.2.2	Operátory pro skupiny plošných prvků	20
4	Generalizace budov ISSMD	22
4.1	Podmínky implementace generalizace	22
4.2	Instalace aplikace	22
4.3	Prostředí pro běh aplikace	23
4.4	Použité generalizační operátory	24
4.4.1	Využití nástrojů ArcToolbox	24
4.4.2	Struktura aplikace	25
4.5	Kategorizace budov podle typu zástavby	25
4.6	Spojení budov	26
4.7	Zjednodušení geometrie budov	27
4.8	Odstranění konfliktů budov	27
4.9	Postprocessingové úlohy	29
4.9.1	Přichycení prvků na budovy	29
4.9.2	Úprava vrcholů přichycených prvků	29
4.9.3	Kopírování geometrie prvku do jeho reprezentace	31

5	Experimenty a výsledky	32
5.1	Testovací data	32
5.2	Rozlišení typu zástavby	33
5.3	Spojení budov	34
5.4	Zjednodušení geometrie budov	36
5.5	Odstranění konfliktů budov	37
5.6	Postprocessingové úlohy	39
5.6.1	Přichycení prvků na budovy	39
5.6.2	Úprava vrcholů přichycených prvků	39
5.6.3	Kopírování geometrie prvku do jeho reprezentace	42
5.6.4	Závěrečná úprava mapového dokumentu	42
5.7	Výsledky provedených experimentů	42
6	Závěr	45
	Literatura	45
	Přílohy	49
A	Seznam použitých zkratk	49
B	Katalogový list budov ZABAGED®	50
C	Druh budovy	52
D	Graf procesu generalizace	54
E	Generalizace území Pardubic	55
F	Generalizace území Opavy	57
G	Generalizace území Bohumína	59
H	Generalizace území Karviné	61
I	Obsah příloženého DVD	63

1 Úvod

Mapa Země je zjednodušeně řečeno zmenšené a zevšeobecněné znázornění zemského povrchu. Již při jejím vzniku je potřeba uplatnit řadu generalizačních (zjednodušujících) metod, jejichž výběr a parametry jsou dány především měřítkem a účelem mapy [6].

V posledních desetiletích dochází v kartografii s rozvojem výpočetní techniky k přechodu od ruční generalizace k její automatizaci. Důvodem je především snížení finančních nákladů spojených se správou a aktualizací kartografických databází sloužících jako zdroj pro generování mapových produktů a standardizace generalizačních procesů. Dalším nezanedbatelným důvodem je zrychlení procesu tvorby map a jejich zpřesnění.

Automatická kartografická generalizace je aktuálním tématem řešeným na mnoha pracovištích v celém světě. Přestože je již známa řada dílčích generalizačních algoritmů, je její úplné zvládnutí složitým úkolem. Jedním z důvodů je obtížná algoritmizovatelnost kartografických pravidel, kde často nehraje roli pouze geometrické řešení, ale i celková kompozice a estetický dojem. Dalším důvodem je komplexnost problému, protože při generalizaci jednoho prvku je potřeba zohlednit i vzájemné prostorové vztahy k dalším prvkům.

Potřeba automatické kartografické generalizace se stává aktuální také pro tvorbu Státního mapového díla České republiky. V předchozích letech byly vybudovány báze zdrojových dat a vytvořeny technologie tvorby map z těchto databází a nyní se začínají realizovat kroky, které mají umožnit rychlé odvozování map v různých měřítkách.

Tato práce má za cíl přehledně zmapovat současné algoritmy především v oblasti generalizace plošných objektů se zaměřením na budovy. Dále navrhnout nejvhodnější proces generalizace budov a bloků budov s ohledem na potřeby Informačního systému Státního mapového díla, implementovat jej a prakticky ověřit na vzorcích dat.

2 Analýza dat a systému

V následující kapitole je stručně popsán zdroj dat a datový model budov včetně jeho stručného vývoje. Pro návrh generalizačních algoritmů jsou vyhodnoceny atributové a geometrické podmínky. Dále je s ohledem na cíle této práce popsán Informační systém Státního mapového díla, pro který bude generalizace prováděna, a podmínky implementace do tohoto systému.

2.1 Zdrojová data

Obsah Základních map ČR, které jsou v Informačním systému Státního mapového díla, dále jen ISSMD, vytvářeny, je tvořen především daty Základní báze geografických dat České republiky, dále jen ZABAGED[®]. ZABAGED[®] je digitální geografický model území České republiky, který je spravován Zeměměřickým úřadem. Jak je uvedeno v [33], má databáze charakter geografického informačního systému integrujícího 2D prostorovou složku vektorové grafiky s topologickými relacemi objektů a složku atributovou. Obsah ZABAGED[®] tvoří 116 základních typů geografických objektů členěných do osmi tematických kategorií a více než 350 typů popisných atributů.

Prvotní naplňování databáze ZABAGED probíhalo v letech 1995 - 2000 [32] vektorizací objektů Základní mapy 1 : 10 000. Prvky intravilánu (zastavěné plochy sídel) byly naplňovány v letech 2001 - 2005. V následujících letech probíhala a stále probíhá aktualizace a zpřesňování dat z dostupných zdrojů, kterými jsou především letecké snímky, katastr nemovitostí a terénní šetření. Některé typy objektů jsou aktualizovány ve spolupráci s primárními správci těchto dat.

2.1.1 Budovy

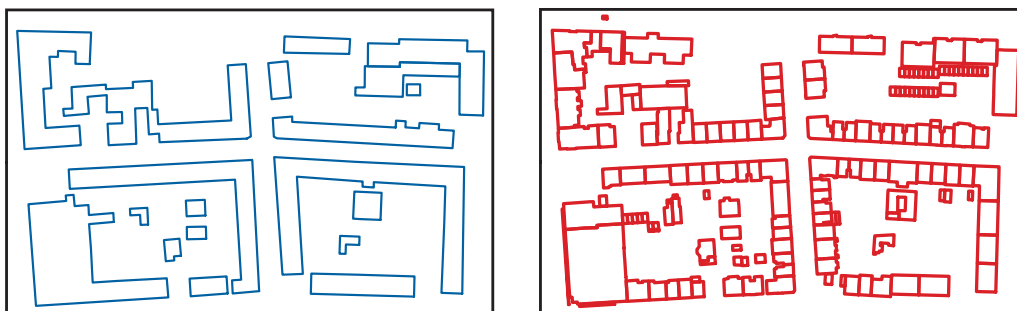
Podle definice ZABAGED[®] je budova [33] stavební objekt ohraničený zevně obvodovými stěnami a střechou. Jedná se o trvalé stavby na pevném základě sloužící konkrétnímu účelu - budovy občanské, průmyslové, zemědělské, dopravní a budovy se speciálním účelem. Přesná definice je uvedena v příloze B.

2.1.2 Zpřesnění geometrie budov

Nedostatečná přesnost omezuje využití dat ZABAGED® v řadě oblastí státní správy a územní samosprávy, například pro územní plánování a stavební projekty. Z těchto důvodů a díky dostupnosti nových preciznějších podkladů bylo v předchozích letech přistoupeno k postupnému zpřesňování některých typů objektů. V současné době probíhá také nová vektorizace budov a dalších stavebních objektů. Cílem je pořídit vrstvu obrysů pat budov odpovídající realitě. Geometrická přesnost by měla odpovídat kódu kvality 5 katastru nemovitostí, tj. bod určený se střední souřadnicovou chybou 0.50 m [12]. Stávající budovy mají střední polohovou chybu do 5 m.

Jak bylo uvedeno výše, přesnost dat ZABAGED® odpovídala nejprve měřítku 1 : 10 000. Odvození map v tomto měřítku nevyžadovalo použití žádných generalizačních procesů. Bez geometrického zjednodušení je možné přímo vytvářet i základní mapy v měřítku 1 : 25 000. Zpřesňování zdrojových dat si ale vyžádá zavedení generalizačních procesů pro zjednodušení geometrie prvků na úroveň měřítka vhodného pro odvozování základních map v měřítku 1 : 10 000 a 1 : 25 000. V případě budov bude mít zpřesnění geometrie za následek podstatně detailnější a složitější podobu prvků, která bude muset být pro potřeby ISSMD generalizována.

Na obrázku 2.1 je červeně znázorněna podoba nové geometrie a modře původní geometrie budov. Z tohoto grafického znázornění je patrná úroveň geometrického zpřesnění.



Obrázek 2.1: Srovnání geometrické přesnosti původních a nových budov

2.1.3 Podmínky generalizace

Generalizací se v kartografii rozumí proces výběru a zjednodušení detailů zobrazovaných objektů s ohledem na měřítko a účel mapy. Podrobněji bude kartografická generalizace popsána v kapitole 3.

Geometrické podmínky generalizace

Ve zdrojové databázi jsou budovy reprezentovány dvojrozměrnými polygony nebo bodem v případě budov s plochou menší než 50 m² s atributem kaple, čerpací stanice pohonných hmot nebo meteorologická stanice. Nepředpokládá se potřeba generalizace bodových budov, takže tato ani nebude předmětem této práce. V kartografické databázi ISSMD jsou budovy uloženy ve třídě prvků, která umožňuje začlenit pouze polygonové prvky. Při generalizaci tedy musí být zachována dimenze prvků. Další základní podmínkou úspěšně zvládnutého procesu generalizace je vyloučení geometrických kolizí upravených prvků tak, aby se generalizované budovy nepřekrývaly.

Atributové podmínky generalizace

Proces generalizace musí v případě spojování jednotlivých objektů respektovat rozdělení stavebních objektů na jednotlivé typy a také rozdělení budov podle jejich druhu tak, aby nedošlo ke sloučení odlišných objektů nebo druhů budovy. Jako výběrová kritéria pro zachování jednoznačné identifikace objektů budou použity atributy vedené ve zdrojové databázi.

Seznam stavebních objektů, u kterých probíhá zpřesnění geometrie, je uveden v tabulce 2.1. Tento seznam je nyní dostupný pouze v rámci dokumentace technologie zpřesňování budov a není zveřejněn, protože data zpřesněných budov nebyla dosud v ZABAGED[®] publikována. Ve zdrojových datech jsou stavební objekty odlišeny atributem KC_TYP_STA.

Informace o attributech budov jsou v ZABAGED[®] vedeny u definičních bodů účelu umístěných uvnitř budovy. Výčet hodnot pro objekt 1.02 Budova jednotlivá nebo blok budov je dán číselníkem KC_DRUHUCELU, jehož obsah je uveden v příloze C. Samostatně jsou vedeny objekty 1.33 Škola – definiční bod, 1.34 Pošta – definiční bod, 1.35 Čerpací stanice pohonných hmot – definiční bod a 1.36 Meteorologická stanice – definiční bod. Další členění těchto objektů, například podle typu školy, se neprovádí. U definičních bodů může být také uveden atribut JMENO obsahující pojmenování objektu. V případě, že objekt neobsahuje definiční bod účelu, na který by bylo možné tento atribut navázat, existuje definiční bod s atributem "pojmenovaný objekt" nesoucí pouze jméno objektu.

KC_TYP_STA	Typ objektu
AB030	hrad
AB040	zámek
AC030	usazovací nádrž, odkaliště
AF010	tovární komín
AF030	chladicí věž
AL015	budova nebo blok budov
AL019C	střecha
AL019K	kůlna
AL019P	přístřešek
AL019S	skleník
AL019U	zakrytý nebo podzemní objekt
AL019Z	střecha Zabaged
AL200	rozvalina, zřícenina
AM020	silo
AM070	válcová nádrž, zásobník
AM080	vodojem věžový

Tabulka 2.1: Typ stavebního objektu

2.2 Informační systém Státního mapového díla

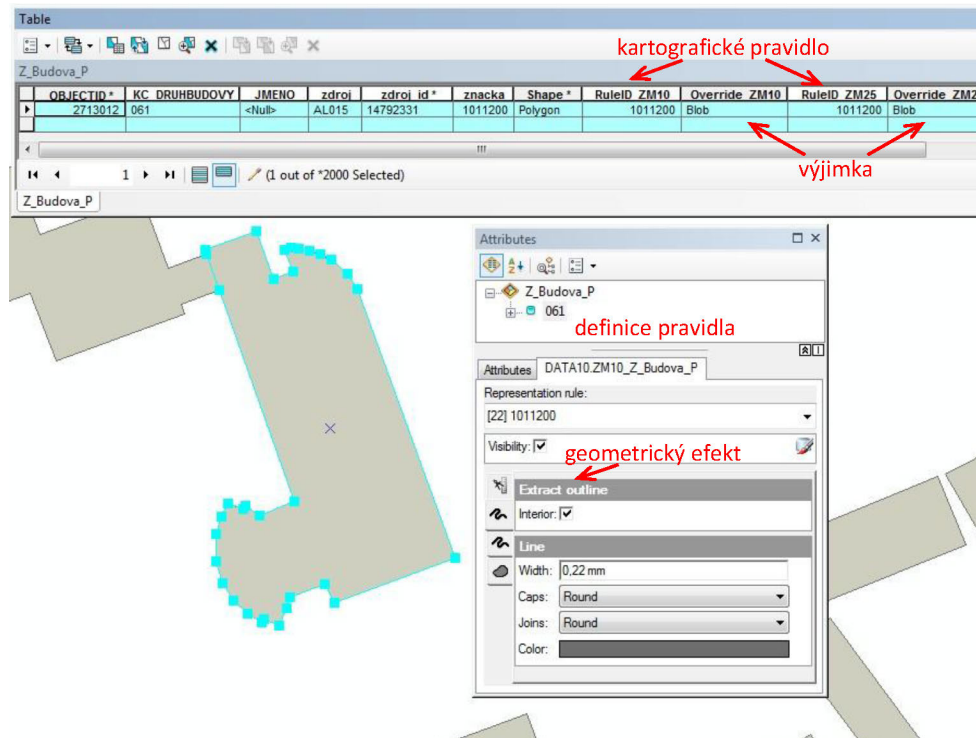
ISSMD [9] je tvořen digitální kartografickou linkou pro tvorbu Základních map České republiky, dále jen ZM, a jejich tematických mutací. Systém byl zprovozněn v roce 2010 a počátkem roku 2015 došlo s přechodem na novější verze softwarového vybavení k jeho modernizaci.

2.2.1 Uložení dat

Pro uložení dat ISSMD je využit systém řízení relační báze dat, dále jen RDBMS, Oracle s využitím nadstavby pro správu prostorových dat Oracle Spatial. Data jsou uložena pro celé území ČR v datovém modelu ESRI Geodatabase [28]. Tento model umožňuje pomocí ESRI kartografických reprezentací [29] vícenásobnou reprezentaci prvku bez nutnosti duplicity dat.

Pro vybrané kategorie prvků, mezi které patří i budovy, platí, že se nemění geometrie prvku převzatá ze zdrojové databáze, ale všechny změny jsou ukládány pouze do definovaných kartografických reprezentací. Fyzicky je kartografická reprezentace uložena v geodatabázi ve dvou atributech da-

ného prvku, jak je vidět na obrázku 2.2. V poli RuleId je uložena informace o kartografickém pravidle použitém pro daný prvek. Pole Override obsahuje výjimky z daného pravidla. V tomto poli jsou uvedeny změny geometrie prvku nebo odlišnosti geometrických efektů aplikovaných v použitém kartografickém pravidle.



Obrázek 2.2: Kartografická reprezentace budovy

Prvky také zůstávají pomocí jedinečných identifikátorů provázány s prvky ve zdrojové databázi. Splnění těchto podmínek bude mít vliv na výběr generalizačních algoritmů a na způsob začlenění výsledku generalizace do stávajícího systému.

2.2.2 Správa dat

Data jsou spravována v systému ArcGIS for Desktop [5] s využitím aplikací ArcCatalog a ArcMap. Tyto programy v ISSMD slouží především pro organizaci a prostorovou správu dat, editaci dat a pokročilé kartografické zobrazení. Součástí systému je také aplikace ArcToolbox obsahující stovky nástrojů pro práci s daty a také analýzu dat. K těmto nástrojům je možné přistupovat i programově a budou také ve vyvíjené aplikaci využity.

2.2.3 Aplikační programové vybavení

Pro podporu ISSMD je vytvořeno aplikační programové vybavení, dále jen APV, které značnou měrou rozšiřuje základní software ArcGIS firmy ESRI. APV slouží k automatizaci technologické linky, podpoře editace a kontrolám dat. Základ APV byl vytvořen při realizaci systému jeho dodavatelem. Nyní se na jeho rozvoji podílejí tři programátoři a podle dohody je společným programovacím jazykem Visual Basic.NET [2]. Jde o plnohodnotný moderní objektově orientovaný programovací jazyk využívající .NET Frameworku. Z důvodu usnadnění začlenění generalizace do stávající technologické linky a APV je vhodné dodržet stejný programovací jazyk. Výsledný program bude vytvořen jako nadstavba základního softwarového vybavení, programu ArcMap.

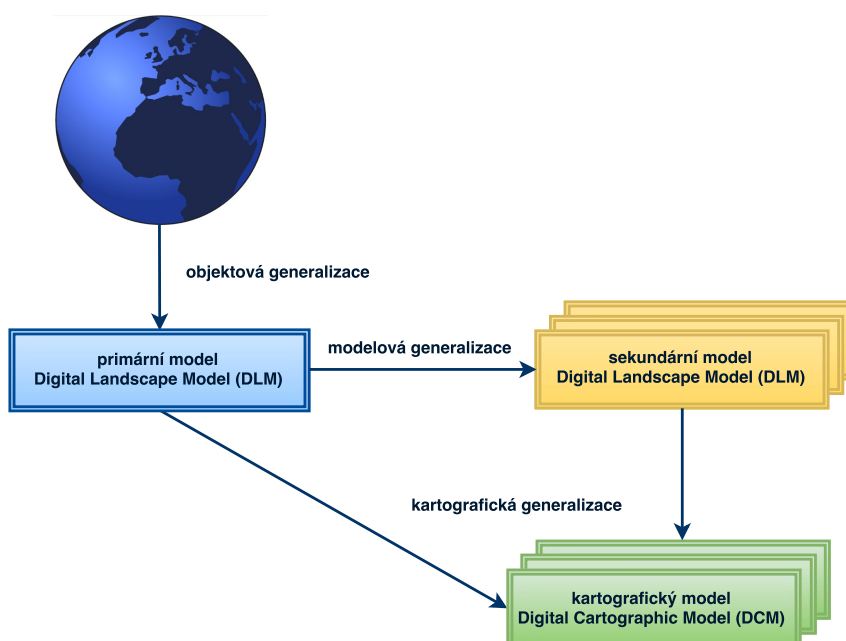
Tento přístup umožní i využití knihoven ArcObjects [1], které jsou základními stavebními kameny software ArcGIS. Pro uložení kartografické reprezentace prvku jsou ArcObjects nutnou podmínkou, protože poskytují rozhraní pro práci s takto specifickým datovým typem. Objekty ArcObjects jsou vytvořeny v jazyce C++, ale umožňují přístup pomocí modelu Microsoft Component Object (COM). COM určuje základní vlastnosti objektů a pravidla pro práci s nimi. Díky zajištění stabilního rozhraní je programový kód funkční i s novější verzí knihoven. Detailní popis objektů pro .NET je dostupný na webových stránkách firmy Esri [15]. APV ISSMD využívá licence ArcGIS for Desktop - Advanced. Z licenčních důvodů budou použity jen knihovny pro tuto úroveň licence.

Podle současných zvyklostí bude komunikace aplikace (například chybová hlášení) s uživatelem probíhat v českém jazyce. Konfigurace aplikace bude také v českém jazyce. Zdrojový kód může být zpracován v anglickém nebo českém jazyce.

3 Generalizace

V této kapitole bude popsán princip kartografické generalizace a generalizační operátory, které se při generalizaci uplatňují. Důraz bude kladen na operátory, jejichž použití se předpokládá při řešení této práce.

Generalizaci můžeme chápat jako proces vytváření zjednodušeného modelu reálného světa tak, aby byly zachovány jeho důležité vlastnosti. Tento proces můžeme rozdělit podle [7] na tři typy, jak je schematicky znázorněno na obrázku 3.1, a to objektovou, modelovou a kartografickou generalizací.



Obrázek 3.1: Vztah objektové, modelové a kartografické generalizace

Prostřednictvím objektové generalizace je reálný svět abstrahován do modelu objektů. Vytváří se primární digitální model území (DLM) s nejvyšší mírou prostorové přesnosti a nejpodrobnějším obsahem atributů objektů.

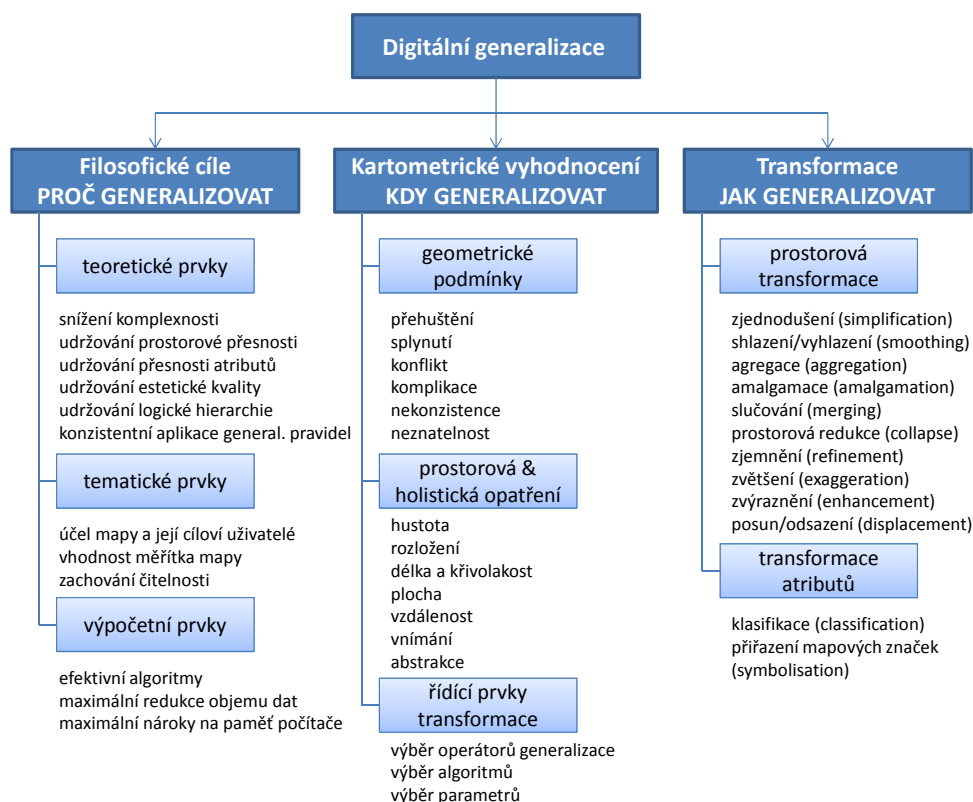
Modelovou generalizací dochází k odvození digitálního modelu území s menší úrovní podrobnosti, než má primární model. V rámci tohoto procesu nejsou uplatněny umělecké a intuitivní techniky kartografické generalizace. Často je modelová generalizace považována za integrální součást kartografické generalizace a dále v této práci nebudou oba typy odlišovány.

3.1 Kartografická generalizace

Při kartografické generalizaci jsou řešeny i konflikty mezi jednotlivými prvky mapy tak, aby bylo možné provést tisk kartografického díla v daném měřítku. Definice kartografické generalizace je dle [10] následující:

Kartografická generalizace spočívá ve výběru, geometrickém zjednodušení a zevšeobecnění objektů, jevů a jejich vzájemných vztahů pro jejich grafické vyjádření v mapě, ovlivněné účelem, měřítkem mapy a vlastním předmětem kartografického zobrazování.

Detailně propracované a často používané pojetí kartografické generalizace pochází z prací McMaster a Shea, 1989 [8]. V práci jsou stanovena tři důležitá hlediska generalizace: proč, kdy a jak generalizovat. Přehled jednotlivých hledisek je názorně zpracován v grafu na obrázku 3.2, který je uveden v překladu v disertační práci [4].



Obrázek 3.2: Model digitální generalizace

V dnešní době nehraje redukce objemu dat zásadní roli. Nevýhodou tohoto pojetí je postupná generalizace jednotlivých prvků mapy, která nezohledňuje jejich vzájemné vazby.

Existují i modely, které se snaží o komplexní přístup. Tento přístup byl

řešen například v rámci projektu AGENT [11], který využívá vzájemně komunikující agenty rozhodující na základě komplexního vnímání svého okolí. Z důvodu složité definovatelnosti všech generalizačních situací bylo přistoupeno k principu vytvoření omezujících podmínek, které musí být dodržovány pro dosažení relevantního výsledku.

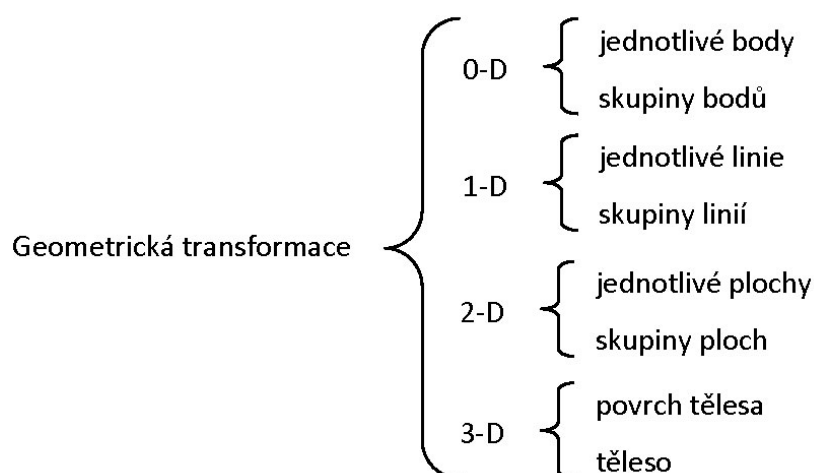
Hlavním důvodem vedoucím k potřebě generalizace je velké množství prvků vyskytujících se na malé ploše území a nemožnost ve zvoleném měřítku zobrazit tyto prvky bez vzájemných konfliktů. Dalšími důvody pak je nekonzistentní podrobnost jednotlivých prvků a zpracování prvků s menší velikostí, než jakou je možné relevantně zobrazit. Cílem generalizace je snížení komplexnosti zobrazované situace při udržení přesnosti a logické hierarchie prvků tak, aby výsledný obraz skutečnosti byl názorný a dobře čitelný.

Na úrovni geoprostorového modelu dochází modelovou generalizací při přechodu z větší k menší podrobnosti ke zjednodušení geometrické polohy prvků a jejich tvarů bez významné ztráty přesnosti, zatímco kartografická generalizace ovlivňuje významněji polohovou přesnost objektů.

3.2 Generalizační operátory

Generalizační procesy jsou často ovlivněny lidským pohledem, co a jakým způsobem generalizovat a jak řešit vzniklé konflikty. Zautomatizování procesu generalizace vyžaduje tuto subjektivní a vysoce komplexní činnost rozdělit na jasně definovatelné části, které lze algoritmizovat. Tyto části se nazývají generalizační operátory. Počet a popis operátorů uváděných v literatuře není standardizován. Dále budeme používat operátory uváděné v Algorithmic Foundation of Multi-Scale Spatial Representation (LI, 2007) [3]), který je dělí podle dimenze geometrické transformace operátoru a použití pro jednotlivé prvky nebo skupiny prvků, jak je uvedeno na obrázku 3.3. Při použití některých generalizačních operátorů může dojít i ke změně dimenze výsledného prvku. Například z plošného prvku může generalizací vzniknout linie nebo bod.

Tato práce je zaměřena na generalizaci budov, takže dále budou podrobně uvedeny pouze generalizační operátory pro plošné prvky.



Obrázek 3.3: Klasifikace operátorů podle dimenze geometrie prvku

3.2.1 Operátory pro jednotlivé plošné prvky

Generalizační operátory uplatňující se při generalizaci jednotlivých plošných prvků jsou následující (viz též obrázek 3.4):

- Zhroucení (Collapse) - zobrazení prvku nebo jeho části symbolem menší dimenze
- Přemístění (Displacement) - přesun prvku z důvodu zvýšení malé vzdálenosti mezi prvky
- Zvětšení (Exaggeration) - zvětšení prvku nebo jeho části
- Odstranění (Elimination) - odstranění malých nebo nevýznamných prvků
- Zjednodušení geometrie (Shape Simplification) - zjednodušení tvaru prvku
- Rozdělení (Split) - rozdělení prvku, protože jejich spojení je příliš úzké

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




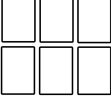


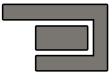

















Obrázek 3.4: Generalizační operátory jednotlivých plošných prvků

3.2.2 Operátory pro skupiny plošných prvků

Generalizační operátory pro generalizaci skupin plošných prvků jsou následující (viz též obrázek 3.5):

- Agregace (Aggregation) - sloučení ploch oddělených prázdným prostorem do jedné
- Seskupení (Agglomeration) - spojení ploch ohraničených úzkými plochami do sousedících ploch ohraničených liniemi vytvořenými z úzkých ploch
- Sloučení (Amalgamation) - vytvoření plochy z ploch oddělených jiným prvkem
- Rozpuštění (Dissolving) - rozdělení malých ploch na části a připojení těchto částí k sousedním plochám

- Sloučení (Merging) - spojení sousedících ploch
- Přemístění (Relocation) - přesun více prvků z důvodu vyřešení konfliktu
- Strukturní zjednodušení (Structural Simplification) - výběr důležitých prvků a vynechání nedůležitých prvků tak, aby byla zachována struktura prvků
- Typifikace (Typification) - zjednodušení struktury prvků tak, aby byl zachován jejich typický vzor

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

Obrázek 3.5: Generalizační operátory skupin plošných prvků

4 Generalizace budov ISSMD

Tato kapitola popisuje praktickou realizaci generalizačních algoritmů ve vytvořené aplikaci. Je zde také popsáno prostředí pro běh aplikace a uvedeny další vytvořené funkce potřebné pro správný běh aplikace a postprocessingové úlohy. Navržené řešení vychází z obecných principů generalizace a předchozích analýz zdrojových dat a informačního systému, do kterého bude proces implementován.

4.1 Podmínky implementace generalizace

Z analýzy zdrojových dat a požadavků kladených stávajícím systémem je třeba odvodit postup jednotlivých procesů, vybrat vhodné generalizační operátory a pro ně zvolit algoritmy, kterými je realizovat. Realizovaný postup bude sloužit pro generalizaci budov do měřítko 1 : 10 000. Pro měřítko 1 : 25 000 se nepředpokládá potřeba zavádění dalších algoritmů, ale pouze vhodné nastavení parametrů algoritmů existujících ve vytvořené aplikaci.

Na vrstvu budov jsou topologicky navázány další prvky. Pokud dojde při procesu generalizace k porušení těchto topologických vazeb, bude potřeba vytvořit postprocessingové operace, které navazující prvky uvedou alespoň vizuálně do souladu s generalizovanými budovami. Jde především o hranice ploch vegetace a způsobu užívání ploch. Dále bude při generalizaci respektován průběh prvků, které oddělují bloky budov tak, aby nedošlo ke změně polohy budovy nebo k narušení průběhu těchto prvků. Jedná se o komunikace a vodní toky.

Všechny hodnoty použitých atributových a prostorových podmínek včetně dalších parametrů pro generalizační algoritmy jsou z důvodu snadné konfigurovatelnosti uloženy mimo zdrojový kód aplikace v XML souboru.

4.2 Instalace aplikace

Aplikace je vytvořena formou Esri Add-In[25]. Pro její instalaci stačí po spuštění programu ArcMap zadat v záložce Options okna Add-In Manager dostupném v menu Customize cestu k souboru GeneralizaceISSMD.esriAddIn. Po zavření okna se pro aktuálně přihlášeného uživatele provede automaticky rozbalení esriAddIn souboru tak, aby obsažené palety a nástroje byly v ArcMapu dostupné. Součástí souboru je i externí knihovna

Log4Net [30] použitá pro logování aplikace.

Log4Net je obdobou Log4j pro Javu a umožňuje snadno definovat výstupy logování pomocí konfiguračního XML souboru. Pomocí tohoto souboru je tak možné zapnout a vypnout i nastavit úroveň logování. Hlášení o průběhu všech procesů je ukládáno do textového souboru, jehož ukázka je na obrázku 4.1.

```
2016-12-02 07:37:54,505 INFO GeneralizaceISSMD.SimplifyBuilding
- Zjednodušení geometrie budov.
2016-12-02 07:37:57,951 DEBUG GeneralizaceISSMD.GeneralizationEnv
- Executing: SimplifyBuilding Z_Budova_P_Spojene
Z_Budova_P_Zjednodusene "4 Meters" "8 SquareMeters" NO_CHECK
2016-12-02 07:37:59,927 FINE GeneralizaceISSMD.ResolveBuilding
Conflicts - Přidání atributového pole Viditelnost
```

Obrázek 4.1: Ukázka logování aplikace

4.3 Prostředí pro běh aplikace

Pro zobrazení dat je připraven mxd [13] dokument obsahující zdrojové vrstvy dat a v tomto dokumentu jsou po proběhnutí celého procesu generalizace zobrazena také výsledná generalizovaná data. Pro potřeby práce s daty v mapovém dokumentu a jejich uložení byla v aplikaci implementována celá řada funkcí.

Před spuštěním aplikace se nejprve spustí program ArcMap, ve kterém se otevře příslušný mxd dokument. Následně se tlačítkem "Generalizace budov" umístěným na nástrojové liště s názvem "Generalizace budov ISSMD" spustí vlastní aplikace. Ihned po jejím spuštění je zahájeno logování. Následně je zkontrolována validita mxd dokumentu a konfiguračního souboru. Při nalezené chybě je aplikace ukončena a uživatel informován o problému. Kontrola správného běhu aplikace je prováděna průběžně a při identifikaci problému je tento problém zalogován včetně popisu chyby. Uživatel je o chybě informován prostřednictvím chybového hlášení a proces generalizace je přerušen, aby nedocházelo k "pádu" nebo "vytuhnutí" aplikace.

Všechna data jsou uložena v Esri File geodatabase [28]. Pro dočasná pomocná data vytvářená během generalizace je také použito toto úložiště. Na závěr celého procesu jsou pomocná data odstraněna a provedena komprimace databáze [16].

Konfigurační soubor obsahující parametry generalizace musí být umístěn v podsložce `Config` složky, ve které je použitý mxd dokument. Jméno dokumentu i konfiguračního souboru se musí shodovat. Tím je umožněno použít pro stejnou aplikaci odlišné mapové dokumenty a odlišné konfigurační soubory, což se uplatní například při generalizaci pro různá měřítka mapy.

4.4 Použité generalizační operátory

Nejprve přistoupíme ke spojení sousedících ploch budov pomocí operátoru Sloučení (Merging). Bude potřeba sloučit nejen prvky na sebe přímo navazující, ale i prvky oddělené malou mezerou, takže se uplatní i operátor Agregace (Aggregation). Tím také docílíme výrazného zmenšení počtu prvků vstupujících do dalších procesů.

V následujícím kroku bude použit operátor pro zjednodušení geometrie prvků (Shape Simplification) získaných v předchozích krocích. Při řešení možných konfliktů zjednodušených budov a zajištění topologických vazeb se využijí také operátory Přemístění (Displacement a Relocation). Z důvodu zachování charakteru zástavby nebo orientačně významných budov se na malé budovy uplatní operátor Zvětšení (Enlargement).

Použitím operátoru Odstranění (Elimination) dojde v průběhu generalizace k odstranění příliš malých nebo nevýznamných prvků a děr.

4.4.1 Využití nástrojů ArcToolbox

V ArcGIS Desktop jsou některé generalizační algoritmy implementovány v rámci několika nástrojů dostupných v ArcToolbox. Pro účely této práce jde především o nástroje Simplify Building a Resolve Building Conflicts. Pro řešení celého procesu generalizace jsou využity i další vestavěné nástroje. Funkce a konkrétní způsob použitých nástrojů je popsán v následujících kapitolách.

Hlavními důvody využití těchto nástrojů je jejich dostupnost v rámci základního software používaného pro ISSMD a efektivnost nasazení již připravených základních generalizačních algoritmů a dalších úloh pro práci s geografickými daty. Nevýhodou je naopak možnost ovlivnit výsledky nástroje pouze volbou dostupných parametrů a nemožnost optimalizovat rychlost běhu těchto nástrojů.

Tyto nástroje byly využity i v pokročilé automatické generalizaci švýcarské národní mapovací agentury SwissTopo a jsou využívány jako základní stavební kámen také při generalizaci v dalších státech, například Holandsku a Finsku.

4.4.2 Struktura aplikace

Díky použití připravených geoprocessingových nástrojů není nutné zabývat se naprogramováním algoritmů vybraných generalizačních operátorů, ale je nutné se soustředit na jejich implementaci ve vytvářené aplikaci. Proto je potřeba především vytvořit prostředí umožňující spuštění nástrojů tak, aby bylo možno zohlednit všechny analyzované podmínky generalizace a potřeby systému ISSMD. Pro řešení přichytávání prvků na hrany zjednodušených budov je možné využít existující nástroje jen v omezené míře a je potřeba vytvořit a implementovat vlastní algoritmy. Pro zápis geometrie reprezentace do geometrie prvku nejsou také dostupné žádné existující nástroje.

Aplikace je postavena na principech objektově orientovaného programování. Jednotlivé vytvořené třídy představují zároveň moduly generalizačního procesu volané z řídicí třídy aplikace. Je tak umožněna snadná modifikovatelnost celého procesu.

V příloze D jsou přehledně zachyceny všechny důležité procesy generalizace včetně volitelných parametrů a vstupních a výstupních dat. Schéma vychází z aktivity diagramu zachycujícího workflow generalizace, který je rozšířen o další informace.

4.5 Kategorizace budov podle typu zástavby

Pomocí nástroje Delineate Built-Up Areas [18] ze sady nástrojů v Arc-Toolbox jsou vytvořeny plochy s odlišným charakterem zástavby. Jako parametry pro vytvoření těchto ploch je možné volit výběr budov, například podle velikosti, které mají být v ploše zástavby zahrnuty, vzájemnou vzdálenost budov a minimální počet budov ve vytvářené ploše. V atributové tabulce budov je pak vyplněna hodnota příslušnosti budovy k ploše. Vytvořené plochy se mohou překrývat, ale každá budova náleží vždy pouze do jednoho typu ploch, což je zajištěno postupným naplňováním daného atributu podle pořadí plochy v konfiguračním souboru. Na hranicích ploch jednotlivých druhů zástavby je také potřeba upravit prostorový výběr příslušejících budov tak, aby navazující budovy byly přiřazeny ke stejnému druhu zástavby. Jinak by mohlo dojít k chybnému nespojení těchto budov.

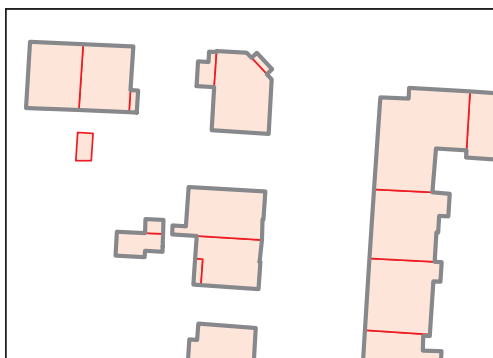
Podle tohoto atributu jsou prvky také následně vybírány, což je rychlejší než opakované prostorové výběry. Atribut se na nově vytvořené prvky nepřenáší. Pro operace, které kategorizaci využívají, je proto potřeba provést ji po odvození nové vrstvy budov opakovaně.

4.6 Spojení budov

Spojování budov probíhá v cyklu, kdy se v daném prostoru vybírají postupně budovy shodného typu stavebního objektu tak, aby objekty odlišných typů zůstaly oddělené. Pro stavební objekt "budova" se výběry provádějí také podle druhu budovy, který je veden v podobě definičních bodů budov umístěných v ploše budovy. Na vybrané prvky je vždy aplikován nástroj Aggregate Polygons [14] z ArcToolbox.

V parametrech tohoto nástroje je definována maximální vzdálenost spojovaných prvků, minimální plocha budovy a minimální velikost díry v budově. Dále jsou vyjmenovány liniové vrstvy prvků, které tvoří tzv. bariéry spojení a neumožní tak spojení budov přes tyto prvky. Důležitým parametrem nástroje je volba pravoúhlosti nově vytvořených polygonů.

Vzdálenosti spojovaných budov jsou pro měřítko 1 : 10 000 velmi malé, takže do značné míry odpadá problém zachování strukturálních vzorů budov. Ukázka spojení budov je na obrázku 4.2. Při spojování přímo sousedících budov nedochází k zjednodušení geometrie. Pouze mohou být podle volby parametru v konfiguračním souboru mezery mezi budovami začleněny do výsledných polygonů. Parametry jsou závislé na příslušnosti budovy k daným typům zástavby.



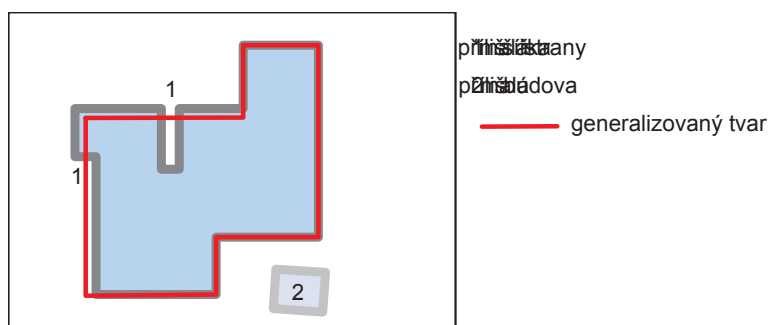
Obrázek 4.2: Spojení budov

Během spojování je naplňována tabulka relací jednoznačných identifikátorů zdrojových a výsledných budov. Tato tabulka nemá v dalších procesech praktické využití, ale bude sloužit při aktualizaci dat. Díky této tabulce bude umožněno snadno identifikovat generalizované budovy, u kterých došlo ke změně zdrojových budov.

V nástroji Aggregate Polygons není správně realizováno odstranění malých děr v polygonech spojených budov. Tato chyba je v průběhu spojování řešena dodatečným použitím nástroje Eliminate Polygon Part [20] z ArcToolbox.

4.7 Zjednodušení geometrie budov

Zjednodušení geometrie spojených polygonů budov probíhá pomocí nástroje Simplify Building [26] obsaženého v ArcToolboxu. Výsledek zjednodušení je možné ovlivnit volbou pouze dvou parametrů. Jedním z nich je minimální plocha výsledné budovy a druhý udává minimální šířku částí budovy, které budou ponechány. Na obrázku 4.3 je šedým obrysem znázorněn tvar původní budovy a červenou čarou tvar zjednodušené budovy. Příliš malé šířky stran označené na obrázku číslem 1 jsou při zjednodušování eliminovány. Pro zjednodušenou budovu je zhruba zachována celková plocha původní budovy. Příliš malé budovy označené na obrázku číslem 2 jsou odstraněny.



Obrázek 4.3: Parametry zjednodušení budov

Dále je možné zvolit, zda budou detekovány konflikty mezi zjednodušenými polygony. Tato možnost není využita, protože odstranění konfliktů je realizováno automaticky v následujícím kroku.

4.8 Odstranění konfliktů budov

Při spojování budov a jejich zjednodušení může dojít k překryvu mezi jednotlivými budovami nebo ke konfliktu s dalšími prvky. Pro řešení těchto konfliktů je v sadě nástrojů ArcToolbox dostupný poměrně mocný nástroj Resolve Building Conflicts [24]. Tento nástroj umožňuje kromě řešení vzniklých konfliktů také upravit polohu budov vzhledem k liniovým a polygonovým prvkům tvořícím bariéry konfliktu. Budovy mohou být vzhledem k těmto prvkům orientovány, například v případě budov umístěných po straně ulice. Také je možné nastavit vzdálenost odsunu budov od těchto prvků. Další vlastností, která bude využita, je zvětšení příliš úzkých budov, a v neposlední řadě je možné také řešit vzájemnou vzdálenost mezi jednotlivými budovami.

Na obrázku 4.4 jsou znázorněny možnosti řešení konfliktů a úpravy polohy a geometrie budov. Číslem 1 je označena situace, při které dojde k odsunu budov tak, aby se vzájemně nepřekrývaly. Budovám s hranou menší než je minimální stanovená mez, číslo 2 na obrázku, je změněn tvar tak, aby bylo splněno velikostní kritérium délky hrany prvku. Pod číslem 3 jsou na obrázku znázorněny dvě budovy, jejichž poloha byla upravena vzhledem k zelené linii hranice ploch. Nevyřešený konflikt je pak na obrázku symbolizován budovou s číslem 4.



Obrázek 4.4: Řešení konfliktů budov

Před spuštěním nástroje se provede klasifikace budov podle důležitosti. Využívá se velikosti a typu budovy. Důležitost budovy má vliv na zachování její polohy a tvaru. Kritéria je možné nastavit v konfiguračním souboru pomocí SQL dotazu.

Pokud se nepodaří konflikt budov vyřešit, nástroj nastaví hodnotu atributu jedné nebo více budov tak, aby bylo možné budovy způsobující automaticky neřešitelné konflikty nezobrazit. Na nastavení tohoto atributu má opět vliv důležitost budovy, kdy jsou přednostně zobrazeny budovy s vyšší důležitostí.

Konflikty jsou řešeny odsunutím budovy do volného prostoru nebo změnou geometrie budov. Při větším počtu budov a bariér konfliktu je běh nástroje časově velmi náročný a může být dosaženo i limitu alokovatelné paměti. Z těchto důvodů jsou parametry nástroje voleny tak, aby se potřeba řešení konfliktu minimalizovala. Pokud by přesto docházelo k problémům s pamětí při použití většího množství a složitosti dat než v testovacím území, je možné pro rozdělení dat využít nástroje Create Cartographic Partitions [17] obsaženého v ArcToolbox. Tento postup je také doporučován v nápovědě k řešení konfliktů.

4.9 Postprocessingové úlohy

V rámci generalizace dojde k odvození nové vrstvy budov, u které již není zachována topologie navazujících prvků. Použité generalizační nástroje bohužel nemají možnost zvolit zachování topologie. Potřeba úpravy nástrojů v tomto smyslu byla zmíněna v článku Automating Generalization - Tools and Models [31], ale nebyla dosud realizována. Po konzultaci s technickou podporou dodavatele software ArcGIS bylo zjištěno, že s ní není počítáno ani v připravované verzi. Podle zjištěných dostupných informací nemá tuto vlastnost žádný známý algoritmus generalizace budov. Takový požadavek se běžně neklade ani na jiné generalizační algoritmy. Z těchto důvodů bylo nutné přistoupit k vlastnímu řešení problému v rámci úloh navazujících na proces generalizace.

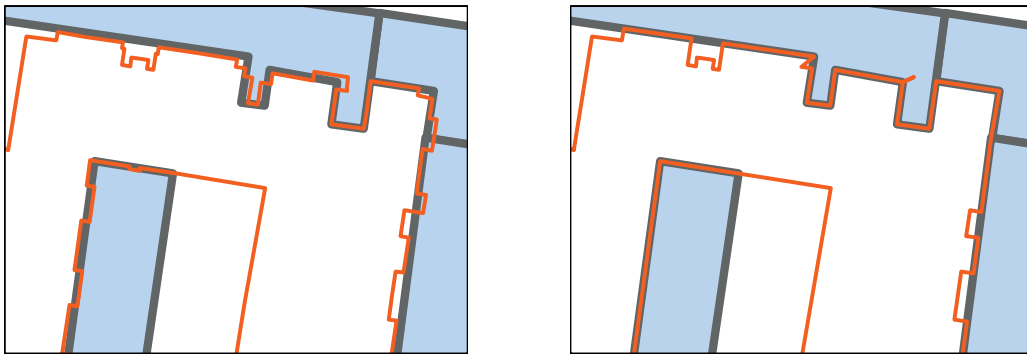
4.9.1 Přichycení prvků na budovy

Při ztotožnění průběhu hran budov a navazujících prvků je nejprve využito nástroje *Densify* [19] z *ArcToolbox*, kterým je zvýšen počet vrcholů navazujících prvků, aby se zvýšila pravděpodobnost navázání vrcholů s hranami a lomovými body budov. Následně je použit nástroj *Snap* [27], rovněž ze sady nástrojů v *ArcToolbox*, k přichycení vrcholů navazujících prvků nejprve na hrany budov a následně na lomové body budov. V posledním kroku jsou pak s využitím nástroje *Generalize* [22] z *ArcToolbox* odstraněny nadbytečné vrcholy, které byly v prvním kroku přidány a nebyly provázány.

Na obrázku 4.5 je na levé straně zobrazen výchozí stav a na pravé straně výsledek přichycení červených linií na šedé hrany budov po aplikaci výše uvedeného postupu. Z obrázku je patrné, že se v místech, kde se tvar zgeneralizované budovy příliš neliší od původního tvaru, podařilo přichytit vrcholy červené linie na novou geometrii budovy a dosáhnout tak společného průběhu. Je ale také zřejmé, že na řadě míst situace vyřešena nebyla a bude nutné přichycení dalších vrcholů řešit v následujících krocích jiným způsobem.

4.9.2 Úprava vrcholů přichycených prvků

Výše uvedeným postupem není možné docílit sjednocení průběhu navazujících prvků, protože geometrie nově vytvořených budov může být v závislosti na tvaru původních budov výrazně odlišná. Po provedení předchozích kroků tak stále existují vrcholy, které nebyly přichyceny anebo naopak na navazujících prvcích chybějí.



Obrázek 4.5: Ukázka přichycení vrcholů na budovy

Při řešení tohoto problému je nejprve přistoupeno k odstranění vrcholů uvnitř polygonů budov. Pomocí nástroje Feature Vertices To Points [21] z ArcToolbox jsou vytvořeny vrstvy bodů vygenerovaných v každém vrcholu navazujících prvků. Prostorovým dotazem jsou pak vybrány body uvnitř polygonů budov. Souřadnice vybraných bodů jsou využity pro identifikaci vrcholů, které jsou z geometrie prvku následně odstraněny.

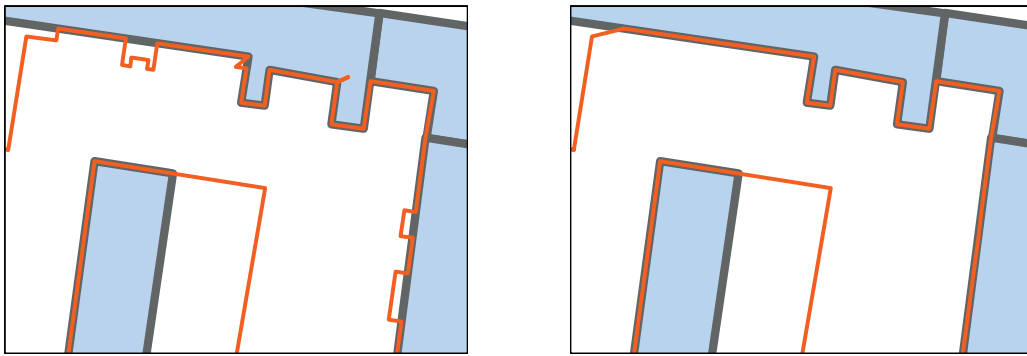
Dále je potřeba odstranit vrcholy, které byly přichyceny chybně. Jedná se především o izolovaný vrchol, který se přichytil k jiné budově, a o vrcholy, které se z důvodu větší vzdálenosti, než je nastaveno v parametru pro přichytávání, k budově nepřichytily. Při vyhledávání nepřichycených vrcholů je také kontrolováno, zda vrchol leží na původní budově.

Zde je nutné procházet postupně jednotlivé vrcholy prvků a u každého analyzovat prostorovou souvislost. Vzhledem k tomu, že vrcholů navazujících prvků je mnoho, je vyhledání chybných vrcholů poměrně časově náročné. Proto je také využito toho, že je ve zdrojových datech zachována topologická vazba hranic užívání a hran ploch, a odstranění vrcholů na hranicích užívání se propaguje i na plochy vegetace a užití půdy.

Výše popsanými úpravami vrcholů může výjimečně dojít k vytvoření nevalidní geometrie nebo k vytvoření malé smyčky na linii nebo obvodu polygonu. Tyto možné problémy jsou preventivně odstraňovány použitím nástrojů Repair Geometry [23] a Eliminate Polygon Part [20] z ArcToolbox.

Navržené úpravy vrcholů vedou v některých místech k situaci, kdy poblíž rohu budovy chybí na navazujících prvcích vrchol, jenž by zajistil souběh s hranou budovy. Poslední částí těchto úprav je tak umístění vrcholů navazujících prvků do rohu budovy.

Na obrázku 4.6 je na levé straně zobrazen výchozí stav a na pravé straně výsledek odstranění chybně přichycených a nepřichycených vrcholů červených linií. Z obrázku vpravo je patrné, že je zde dosaženo ztotožnění červené linie s hranou budovy v celém požadovaném průběhu.

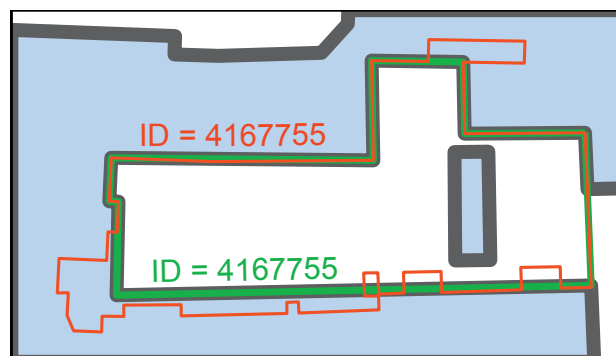


Obrázek 4.6: Ukázka odstranění chybně přichycených vrcholů

4.9.3 Kopírování geometrie prvku do jeho reprezentace

Z analýzy způsobu uložení dat systému ISSMD popsaného v kapitole 2.2.1 vyplynula potřeba uložit geometrii upravených navazujících prvků do geometrie reprezentace tohoto prvku, aby vlastní geometrie prvku ze zdrojové databáze zůstala zachována. Pomocí několika knihoven obsažených v jmenovém prostoru ESRI.ArcGIS.Geodatabase je možné upravovat geometrii reprezentace prvku, která je uložena společně s dalšími vlastnostmi reprezentace v databázovém atributu datového typu blob.

Na obrázku 4.7 je červeně zobrazena původní geometrie hranice užívání a zeleně geometrie reprezentace téhož prvku poté, co proběhlo přichycení prvku na hranu budovy. Z obrázku je patrné, že se po všech předchozích krocích podařilo dosáhnout souběhu hranice užívání s hranou generalizované budovy. Dále je vidět, že jsou zobrazeny dvě odlišné geometrie prvku se shodným ID.



Obrázek 4.7: Geometrie a reprezentace prvku

5 Experimenty a výsledky

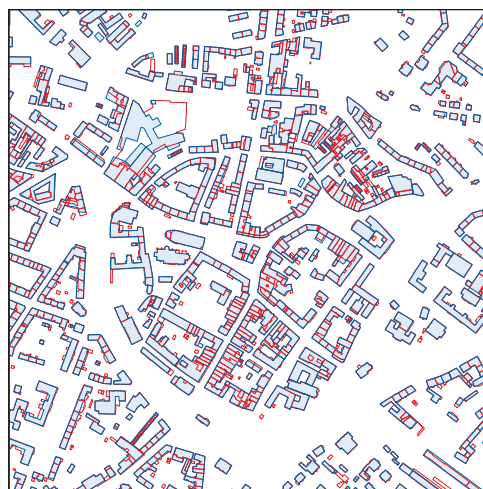
V této kapitole jsou popsány zkušenosti získané při tvorbě aplikace a nastavování parametrů jednotlivých kroků generalizace. Parametry přímo ovlivňující výslednou podobu generalizovaných budov a navazujících prvků byly konzultovány s odpovědnými redaktory mapového díla. V závěru pak jsou shrnuty dosažené výsledky a popsány nedostatky realizovaného postupu.

5.1 Testovací data

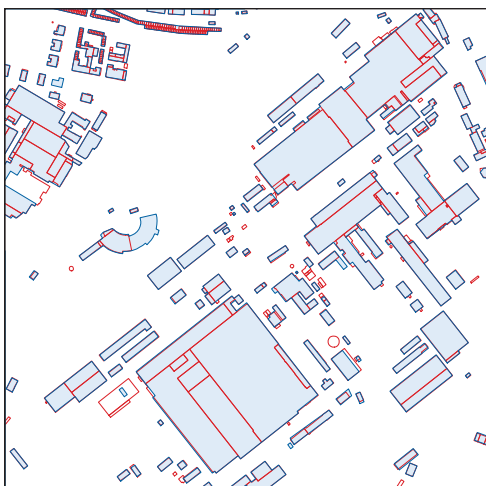
Testování výsledné aplikace probíhalo nad čtyřmi vybranými vzorovými územími, které charakterizují různé typy zástavby. Na obrázcích 5.1 - 5.4 jsou ukázky vybraných území. Červeně je zobrazena geometrie nové zpřesněné budovy a modře stávající budovy, kterým by měl zhruba odpovídat výsledek finálního generalizačního procesu. Testovací data byla vybrána z území, kde již bylo dokončeno zpřesnění a doplnění budov.



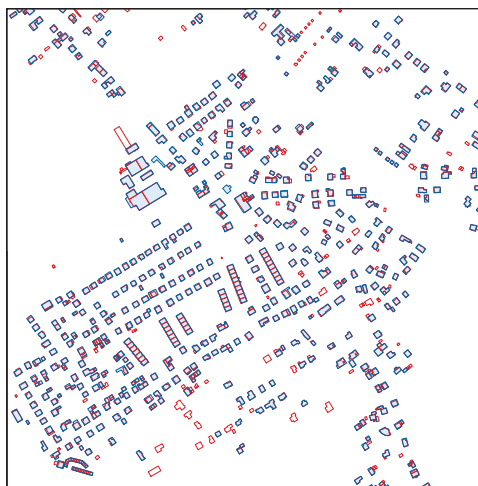
Obrázek 5.1: Pardubice



Obrázek 5.2: Opava



Obrázek 5.3: Bohumín



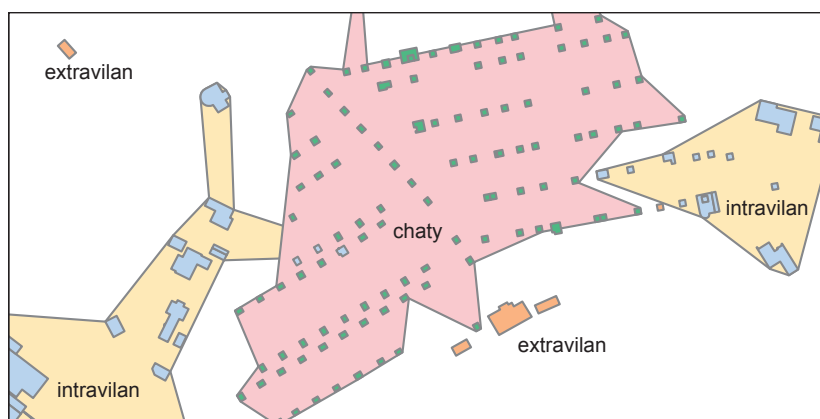
Obrázek 5.4: Karviná

5.2 Rozlišení typu zástavby

V průběhu vývoje aplikace se ukázalo, že je potřeba odlišit různé druhy zástavby a použít na ně odlišné parametry generalizačních algoritmů. Zdrojová data neobsahují informace o charakteru zástavby ani ve formě polygonů vymezujících typy zástavby, ani v atributu příslušnosti budov k typu zástavby. Pro potřeby generalizace budov byly vytipovány tři charakteristické druhy zástavby. Intravilán představovaný zastavěným územím obce, extravilán ležící mimo území obce a tvořící tak doplněk plochy intravilánu, dále pak chatová zástavba charakteristická velkým počtem malých budov ležících na relativně malém kompaktním území, která se může prolínat s plochou intravilánu i extravilánu.

Zatímco v hustě zastavěném intravilánu je vhodné malé budovy odstranit, v extravilánu nebo v případě chatové zástavby je potřeba část těchto budov z orientačních důvodů nebo z důvodu zachování charakteru zástavby ponechat. Například generalizaci chatové zástavby není vhodné provést se stejnými parametry jako pro budovy v intravilánu, protože by došlo k odstranění velkého množství malých budov a tím k porušení charakteru zástavby. Odstranění malých budov je řešeno v následujících krocích při spojování budov anebo zvětšením budov.

Na zkušebních datech byly testovány parametry vytvoření plochy charakterizující zástavbu extravilánu, intravilánu a specifické plochy chatové zástavby. Na obrázku 5.5 je zobrazeno přiřazení budov k ploše zástavby. Plocha extravilánu je posledním typem plochy v konfiguraci, není proto nutné pro ni vytvářet vlastní polygony, ale stačí všechny dosud nepřirazené budovy přiřadit do této plochy.



Obrázek 5.5: Ukázka rozdělení budov podle typu zástavby

Typy a parametry vytvářených ploch jsou uvedeny v konfiguračním souboru v elementu `typyZastavby`.

5.3 Spojení budov

Při spojování budov jsou postupně vybírány objekty ze seznamu uvedeného v konfiguraci v elementu `stavebniObjekty`. Objekty střech označené AL019C a AL019Z a přístřešků označených AL019P se sloučí s nejbližší budovou. Budovy jsou dále rozděleny podle druhu, který je veden odděleně od ploch budov v definičních bodech budov. Jejich výčet je v elementu `druhyBudov`. Opět se postupně vybírají budovy obsahující daný definiční bod a pro tento finální výběr se provádí agregace prvků. Blíže neurčené budovy, které neobsahují definiční bod, jsou spojeny po ukončení spojování budov s definičním bodem.

Pro tento krok bylo potřeba také definovat bariéry agregace, tj. prvky, které mají spojení budov zabránit. Jde o liniové prvky tvořící síť komunikací a ulic a o vodní toky.

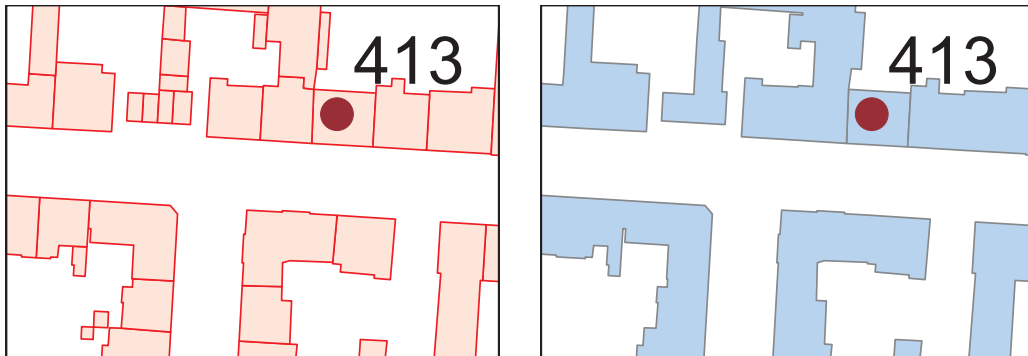
Následně byly testovány parametry minimální velikosti budovy a maximální vzdálenosti spojovaných budov. Tyto parametry jsou odlišné podle typu zástavby. Pro budovy mimo chatovou zástavbu byla zvolena minimální vzdálenost, která především eliminuje případné nepřesnosti vstupních dat a případně odstraní v daném měřítku nezobrazitelné mezery mezi budovami. Důvodem pro zvolení tak malé vzdálenosti byl požadavek na zachování informace o průchodnosti mezi budovami.

Pro malé budovy v chatové zástavbě je naopak potřeba zajistit, aby ve výrazněji zastavěných částech byla budova umístěna, bez ohledu na to, že dojde ke sloučení přímo nesousedících budov. Z tohoto důvodu dojde

ke spojení i vzdálenějších malých budov. Díky tomu je zhruba zachován strukturální vzor sítě budov v areálu.

Nastavení jednotlivých parametrů je uvedeno v konfiguračním souboru v elementu `spojeniPolygonu`.

Na obrázku 5.6 je zobrazeno spojení budov. Budova s definičním bodem s kódem 413 je po spojení samostatným prvkem. Z obrázku je také patrné, že při spojení budov mohou být odstraněny budovy s malou plochou.



Obrázek 5.6: Ukázka spojení budov

Jak bylo uvedeno v kapitole 4.6, vytváří se při spojování budov pro budoucí využití relační tabulka jedinečných identifikátorů zdrojových a spojených budov. Podoba této tabulky je na obrázku 5.7.

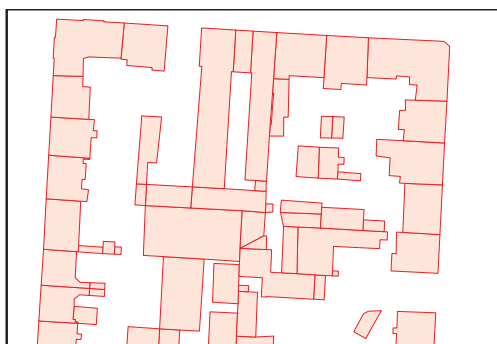
Z_Budova_P_Spojene_Relace			
	OBJECTID *	OUTPUT FID	INPUT FID
	8784	2957	10892
	8785	2957	10961
	8786	2958	10866
	8787	2958	10884
	8788	2958	10992
	8789	2958	11082
	8790	2958	11192
	8791	2958	11195
	8792	2958	11211
	8793	2958	11233
	8794	2958	11237
	8795	2958	11259
	8796	2958	11323
	8797	2958	11357

Obrázek 5.7: Relační tabulka zdrojových a spojených budov

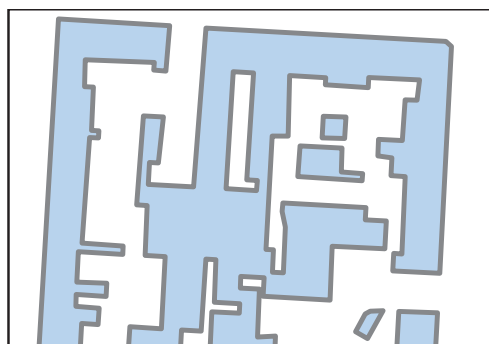
5.4 Zjednodušení geometrie budov

V tomto kroku dochází k největší vizuální změně podoby budov. Je potřeba odstranit nezobrazitelné detaily a zároveň zachovat co nejvěrněji tvar původních budov. Větší změna geometrie má také negativní dopad na výsledek postprocessigových úloh pro přichycení prvků, protože dojde k větším rozdílům mezi geometrií budov a na ně navazujících prvků, které se obtížněji řeší. Nastavení parametru minimální šířky bylo experimentálně ověřeno na testovacích datech v rozmezí 2 až 8 metrů a výsledky konzultovány s redaktory map daného měřítka. Ukázky zjednodušení jsou na obrázcích 5.8 - 5.11. Z provedených diskusí vyplynula zvolená minimální šířka části budovy 4 metry.

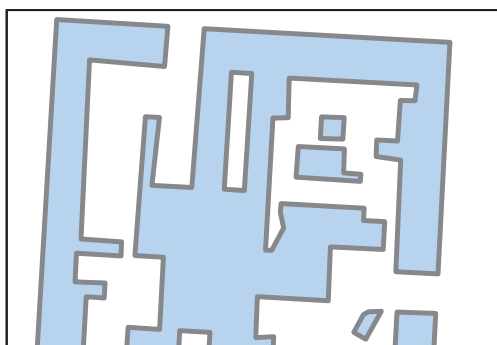
Nastavení minimální plochy budovy vychází ze současných dat, kde nejmenší budovy mají plochu 16 m^2 , a jejich zobrazení je tak na hranici možností měřítka $1 : 10\,000$. Přesto jsou v tomto kroku v extravilánu a v chatové zástavbě ponechány i menší budovy z důvodů popsaných v kapitole 5.2. Jejich velikost bude upravena až při odstraňování konfliktů budov.



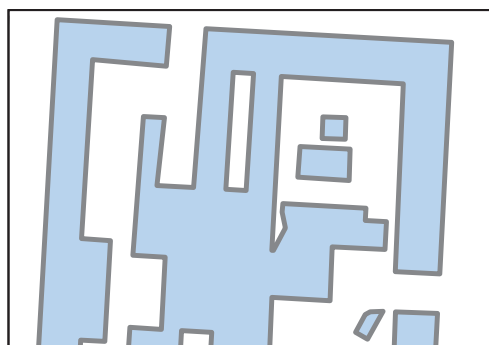
Obrázek 5.8: Nezjednodušené



Obrázek 5.9: Zjednodušení 2m



Obrázek 5.10: Zjednodušení 4m



Obrázek 5.11: Zjednodušení 6m

5.5 Odstranění konfliktů budov

Cílem tohoto kroku je vyřešit možné konflikty vzniklé při spojení a zjednodušení budov a zároveň zachovat nebo opravit topologický vztah budov k liniím a polygonům tvořícím bariéry konfliktu, které mají budovy oddělovat. Prvním z přípravných kroků před vlastním řešením konfliktů je přiřazení důležitosti budov. Na základě testovacích dat byla kritéria důležitosti budovy stanovena podle druhu budovy a její velikosti. Budovy tak byly rozděleny do 5 kategorií uvedených v tabulce 5.1 s nejvyšší prioritou 1.

důležitost budovy	kritérium
1	budova definovaného druhu s popisem
2	budova definovaného druhu bez popisu
3	budova s plochou větší než 800 m ²
4	budova s plochou 200 - 800 m ²
5	budova s plochou menší než 200 m ²

Tabulka 5.1: Kategorie důležitosti budov

Na obrázku 5.12 je ukázka kategorizace budov testovacích dat podle důležitosti.



Obrázek 5.12: Kategorizace budov podle důležitosti

Dalším krokem před vlastním řešením konfliktů je úprava budov, jejichž délka nejkratší strany je menší než stanovená mez. Dojde především k zvětšení malých budov, které byly doposud ponechány tak, že jejich strana bude alespoň 4 metry, čímž dosáhneme minimální požadované plochy budovy 16 m². Minimální délka strany je zde určena jako lineární vzdálenost podél nejkratší strany natočeného ohraničení polygonu budovy. Pro kontrolu nebo možné další využití je tato hodnota uložena v atributu RBC_SIZE.

Parametrem tohoto nástroje je také volba minimální vzdálenosti jednotlivých budov. Hodnota tohoto parametru je relativní vzhledem k referenčnímu měřítku nastaveném v mxd dokumentu. Použitá mapová značka

budovy tvořená tmavěšedou konturou a světlešedou výplní umožňuje zobrazit i budovy sdílející společnou hranu, a přesto je patrné, že jde o odlišné objekty. Aby se budovy vzájemně neodsouvaly, je potřeba nastavit parametr na hodnotu 0, což by podle nápovědy nástroje mělo být umožněno při nedefinovaném referenčním měřítku mapového dokumentu. Nástroj však tuto variantu prakticky neumožňuje. Řešením tohoto problému je nastavit velmi malé referenční měřítko a velmi malou hodnotu minimální mezery. Bylo ověřeno, že pro referenční měřítko 1:1 a mezeru menší než je xy tolerance definovaná pro vrstvu budov k nežádoucímu odsunu nedochází. Jako konfliktní jsou pak chápány pouze překrývající se budovy.

Při řešení konfliktů jsou zohledněny bariéry konfliktů, které jsou tvořeny vrstvou silnic, cest a vodních toků. Pro měřítko 1 : 10 000 se možnost orientace budov vzhledem k bariérám nevyužije, protože při zvolené míře generalizace se pozice zjednodušených budov vzhledem k bariérám výrazně nemění. Možnost přichycení budov na hrany ploch a hranice užívání se při testování ukázala jako nepoužitelná, protože by vzhledem k povaze vstupních dat docházelo k poměrně velkým a někdy i nevhodným přesunům budov. Došlo by také k navýšení počtu neodstraněných konfliktů budov.

Neodstraněné konflikty je možné snadno identifikovat pomocí hodnoty atributu ve zvoleném poli `Viditelnost`. Tyto konflikty je potřeba analyzovat vizuálně a případně vyřešit ruční editací. K odstranění konfliktu často stačí jen odsun jedné z budov, který se nepodařilo provést automaticky. Někdy je však potřeba upravit geometrii konfliktních budov a případně i navazujících prvků. Je také možné pomocí jednoduchého sql dotazu `Viditelnost <> 1` v záložce `Definition Query` ve vlastnostech vrstvy nastavit zobrazení dat s vyloučením konfliktních budov. V tomto případě je ale možné, že by nebyly zobrazeny i některé důležité budovy.

Nastavení jednotlivých parametrů je uvedeno v konfiguračním souboru v elementu `reseniKonfliktuBudov`.

Na obrázku 5.13 jsou modře zobrazeny budovy u kterých se automaticky nepodařilo vyřešit konflikt s okolními budovami a bariérami konfliktu. V těchto případech je zřejmé, že je překryv konfliktních budov minimální a z vizuálního pohledu by mohl být ponechán neřešený.



Obrázek 5.13: Nevyřešené konflikty budov

5.6 Postprocessingové úlohy

Dosažení topologické korektnosti generalizovaných budov vzhledem k navazujícím prvkům se ukázalo jako poměrně komplikovaný problém. Díky níže popsanému řešení je do značné míry dosaženo potřebného souběhu prvků. Tímto postupem ale není možné dosáhnout topologické čistoty dat, na kterou bylo potřeba rezignovat a smířit se pouze s vizuálním souběhem prvků. Parametry přichytávání jsou nastaveny tak, aby nedošlo k nežádoucí změně průběhu prvků v místech, kde k souběhu dojít nemá.

5.6.1 Přichycení prvků na budovy

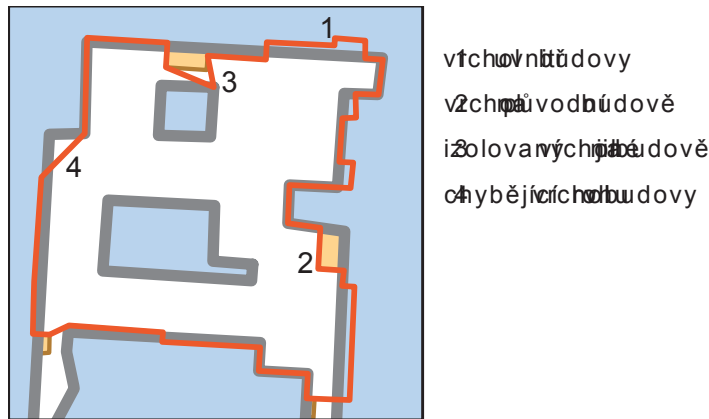
Přichycení navazujících prvků na hrany budov probíhá ve čtyřech krocích. Nejprve je na hrany navazujících prvků přidáno v malém pravidelném rozestupu velké množství vrcholů. Parametry rozestupu vrcholů a výčet vrstev jsou uvedeny v konfiguraci v elementu `pridaniVrcholu`.

Dále následuje přichycení co největšího množství vrcholů navazujících prvků na hrany a poté na vrcholy generalizovaných budov. Pro tuto úlohu je potřeba vhodně zvolit vzdálenost přichytávaných vrcholů od hran a vrcholů budov. S větší vzdáleností je docíleno většího množství ztotožněných vrcholů, ale také narůstá počet chyb, kdy dojde k přichycení vrcholu, který měl zůstat nezměněn. Bohužel není možné zvolit parametry tak, aby tato vzdálenost odpovídala největší možné vzdálenosti vrcholu původní a generalizované budovy, protože tuto vzdálenost není možné exaktně určit. Pro přichycení na vrcholy budov byla zvolena vzdálenost 2 m, která odpovídá v měřítku 1 : 10 000 běžně používané světlosti mezi prvky zobrazenými stejnou barvou. Vzdálenost pro přichycení vrcholů je potřeba volit vždy o něco větší než vzdálenost pro přichycení na hrany. Tím je dosaženo přichycení vrcholů z hran na lomové body budov. Parametry přichytávání jsou v elementech `snapHrany` a `snapVrcholy`.

5.6.2 Úprava vrcholů přichycených prvků

Na testovacích datech bylo zjištěno, že po přichycení vrcholů navazujících prvků uvedeném výše stále existuje velké množství vrcholů, které se nepodařilo přichytit nebo jsou přichyceny chybně. Na obrázku 5.14 jsou zobrazeny problémy, které jsou v tomto kroku řešeny. Za chybné vrcholy, které je potřeba odstranit, jsou považovány především vrcholy uvnitř polygonů generalizovaných budov označené na obrázku číslem 1 a vrcholy s číslem 2 totožné s vrcholy původních budov, které se nepodařilo přichytit, protože jsou od hran nových budov vzdálenější než je nastavená vzdálenost pro

povolené přichycení. Dále také mohlo při automatickém přichytávání dojít k tomu, že byl izolovaný vrchol přichycen na jinou budovu, což je na obrázku znázorněno číslem 3. Dalším možným problémem je chybějící vrchol navazujícího prvku v rohu budovy, označený číslem 4.



Obrázek 5.14: Úprava vrcholů přichycených prvků

Provedením dalších experimentů s testovacími daty byl stanoven několikačárový proces odstranění identifikovaných chybných vrcholů.

Pro vyhledání vrcholů uvnitř budov jsou nejprve vytvořeny bodové pomocné vrstvy obsahující všechny vrcholy navazujících prvků a prostorovým výběrem vybrány vrcholy v průniku s polygony generalizovaných budov. Následně jsou všechny vybrané body procházeny a podle jejich souřadnic je identifikován identický vrchol ležící na linii hranice užívání a hraně plochy vegetace a užití půdy. Tento vrchol je odstraněn. Během těchto úprav může ve výjimečných případech dojít k vytvoření nevalidní geometrie. Pomocí geoprocessingového nástroje je tak po uložení všech změn vrstva zkontrolována a případné problémy odstraněny. Také jsou odstraněny malé smyčky, které mohou v některých situacích na prvcích vzniknout.

Po odstranění vrcholů uvnitř budov se přistoupí k odstranění vrcholů, které se nepřichytily a leží na původních budovách. Zde je již potřeba procházet všechny vrcholy prvků. Pokud vrchol hranice užívání neleží na zgeneralizované budově, zjišťuje se, zda leží v konfiguraci dané vzdálenosti na původní budově. Pokud ano, tak je tento vrchol odstraněn. Zároveň se vyhodnocuje i situace, kdy došlo k přichycení vrcholu na jinou budovu než tu, na které leží předchozí a následující vrchol. Takový vrchol je také považován za chybný a je odstraněn. Předpokládá se, že ve zdrojových datech i během předchozích kroků zůstává zachována topologie hranic užívání a ploch vegetace a způsobu užívání, takže je odstranění odpovídajícího vrcholu provedeno i na vrstvách ploch. Pokud není vrchol ve vrstvě ploch nalezen, je to

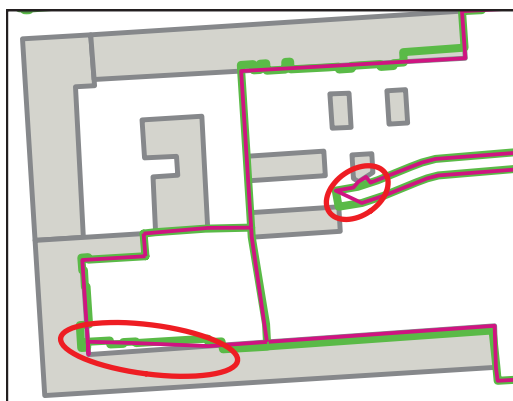
zapsáno do logu a proces pokračuje. Přestože je tato část dosti složitá a výpočetně náročná, je čas na její zpracování poměrně krátký. Na jednom z testovacích území trvá pro zhruba 300 prvků s 300 tisíci vrcholy asi 20 sekund.

Poslední situací, která je v tomto kroku řešena, je chybějící vrchol navazujícího prvku blízko lomového bodu generalizované budovy. Pro vyřešení tohoto problému se opět procházejí všechny vrcholy hranic užívání a zjišťuje se, zda středový bod každého úseku leží mimo hranu budovy. Pokud je takový vrchol nalezen, vloží se v tomto místě nový vrchol a jeho souřadnice se nastaví na volný vrchol generalizované budovy, na které leží počáteční a koncový bod daného úseku. Maximální vzdálenost vrcholu budovy je dána v konfiguraci. Stejný vrchol je vložen i do prvků ve vrstvách ploch.

Na uzavřených prvcích, kterými jsou vždy plochy a v některých případech i linie, je potřeba zachovat uzavření prvku, tj. dodržet totožné souřadnice prvního a posledního vrcholu. Při odstraňování prvního vrcholu je tak potřeba upravit i souřadnici posledního vrcholu. Po ukončení každého kroku jsou změny uloženy, aby se v následujících krocích pracovalo již se zjednodušenou geometrií navazujících prvků.

Parametry všech výše uvedených kroků této kapitoly jsou uvedeny v konfiguraci v elementu `upravaPrichycenychVrcholu`.

Na obrázku 5.15 jsou červeně vyznačena místa, která nebyla při přichytávání vrcholů a následném odstranění chybných vrcholů správně vyřešena. Zelené line představují průběh původních hranic užívání a fialově jsou upravené hranice užívání.



Obrázek 5.15: Chybně odstraněné vrcholy hranic užívání

5.6.3 Kopírování geometrie prvku do jeho reprezentace

Nejprve se provede výběr všech navazujících prvků, které byly v rámci přichytávání na hrany budov změněny. Dále se v cyklu procházejí všechny prvky a vždy je kompletní průběh geometrie daného prvku uložen do geometrie reprezentace tohoto prvku.

Nevýhodou použitého přístupu je, že pokud by již na prvku byla vytvořena nějaká geometrická výjimka z předchozího zpracování mapy, tak je tato výjimka nahrazena geometrií vytvořenou při přichytávání prvku a tato výjimka je ztracena. Pokud by se tento problém ukázal po praktickém nasazení aplikace jako zásadní, bylo by potřeba jej analyzovat a dále řešit. Možným řešením by bylo před spuštěním přichytávání provést v pomocné vrstvě přichytávaných prvků nejprve opačný postup, tj. kopii geometrie reprezentace do geometrie prvku. Dalším možným řešením by bylo sloučení obou geometrických výjimek, ale toto řešení by bylo výrazně složitější.

5.6.4 Závěrečná úprava mapového dokumentu

Na závěr jsou z mapového dokumentu odstraněny pomocné vrstvy a databáze je zkomprimována, aby byla zmenšena její velikost fyzickým odstraněním smazaných dat. Pro ladění procesu generalizace, například nastavení parametrů generalizace pro jiné měřítko, je užitečné mít přístup i k pomocným datům. Uchování nebo smazání pomocných dat v databázi je řízeno v konfiguraci hodnotou elementu `odstranitPomocneVysledky`.

5.7 Výsledky provedených experimentů

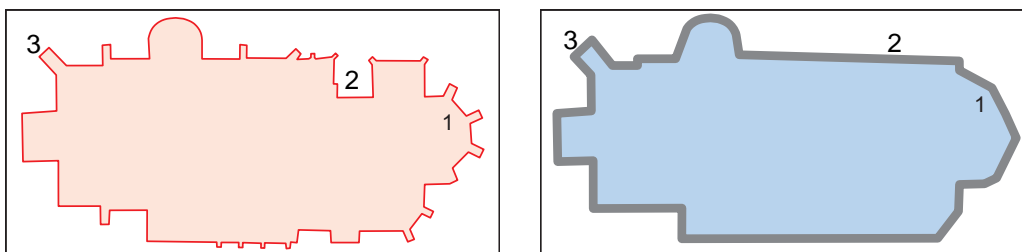
Vyvinutá aplikace je stabilní a vzhledem ke komplexnosti implementovaných funkcí a množství zpracovávaných dat i dostatečně výkonná. Vývoj aplikace i testování probíhal na počítači s operačním systémem Windows 7 Professional 64bit osazeném procesorem Intel i5 3,2 GHz s 6 GB operační pamětí. Průměrná doba generalizace testovacího území obsahujícího 1 133 budov byla 12 minut. Byl realizován i zátěžový test spuštěný nad všemi dostupnými testovacími daty v rozsahu 4 mapových listů ZM10 obsahujících 49 102 budov. Tento test došel v čase 33 hodin a 10 minut. Předpokládá se, že aplikace bude spouštěna na výkonnějším aplikačním serveru ISSMD osazeném procesorem Intel E5-1650 v3 3,5 GHz s 24 GB RAM, kde by měla být doba zpracování výrazně kratší. Z analýzy logu vyplynulo, že k největšímu prodloužení zpracování došlo při přichytávání navazujících prvků na hrany

a vrcholy budov. Pokud by byla potřeba, bylo by možné pro tyto kroky data rozdělit do menších bloků a tím jejich zpracování urychlit.

Správné nastavení parametrů jednotlivých procesů generalizace se odvíjelo především od podrobného prozkoumání zdrojových dat a datového modelu ZM 1 : 10 000. Často bylo také potřeba provést řadu zkušebních nastavení pro vizuální vyhodnocení chování použitých nástrojů. Jako velmi vhodné se ukázalo konzultovat varianty výstupů s odpovědnými redaktory a společně diskutovat možná řešení. Nastavení některých parametrů jednoho kroku může ovlivnit i kroky následující a tím i celkovou úspěšnost generalizace. Proto je vyladění optimálních parametrů jedním z klíčových kroků k úspěchu.

Přestože ve zvolených testovacích územích byly vybrány různé typy zástavby, je možné, že se nepodařilo postihnout všechny situace, které při generalizaci mohou nastat. Řešení těchto situací by mělo být pro měřítko 1 : 10 000 a 1 : 25 000 umožněno pouze modifikací nebo rozšířením parametrického souboru bez nutnosti implementace dalších funkcí.

Při vlastní generalizaci budov bylo dosaženo velmi dobrých výsledků. Tvary budov ve většině případů odpovídají zvolené míře generalizace vycházející z měřítka mapy. Pouze v některých případech dochází k nevhodnému zjednodušení charakteristického tvaru členité budovy. V současné době pravděpodobně neexistuje univerzální generalizační algoritmus pro obecný tvar budovy, který by tyto nedostatky spolehlivě odstranil. Vzhledem k tomu, že takových budov je poměrně málo, jeví se možným řešením zavést do zdrojových dat atribut umožňující identifikovat budovy se stálým kartografickým zobrazením, které nebudou podléhat generalizačnímu procesu. Na obrázku 5.16 je ukázána nevhodná generalizace budovy konkatedrály Nanebevzetí Panny Marie v Opavě. Při generalizaci dojde k vytvoření nepravidelného oblouku v místě označeném na obrázku číslem 1, k odstranění poměrně velkého výklenku s číslem 2 a naopak zvětšení výstupku označeného číslem 3.



Obrázek 5.16: Ukázka nevhodně generalizované budovy

Při řešení konfliktů generalizovaných budov bylo na čtyřech testovacích územích s celkovým počtem 1517 budov ponecháno 23 překrytí budov, které

se nepodařilo automaticky odstranit a bude nutné je vyřešit ručně. V testovaných oblastech byla hustá zástavba často složitě členěná prvky tvořícími bariéry konfliktu. Lze předpokládat, že v řidší a jednodušší zástavbě bude nevyřešených konfliktů méně, což je patrné na čtvrtém testovaném vzorku, kde nezůstal nevyřešený žádný konflikt. Pro automatické odstranění dalších konfliktů by bylo možné v rámci rozvoje aplikace implementovat některé algoritmy již použité pro postprocessingové přichytávání prvků na hrany budov. V místě překrytu by se geometrie budov dále upravila tak, že by na sebe hrany budov navazovaly.

Přichycení navazujících prvků na hrany budov je problém, se kterým se v počátku realizace této práce nepočítalo. Jeho řešení je poměrně složité a pokud nebude podpora topologie budov a navazujících prvků zapracována do použitého nástroje Simplify Building, není možné dosáhnout ideálního výsledku. Díky vyvinutému řešení bylo dosaženo akceptovatelného výsledku, který umožní poměrně snadno ručně doeditovat nevyřešená místa. Zde zůstává také prostor pro možné rozšíření a optimalizaci řešení.

Ukázky vstupní dat a finální podoby zpracovaných testovacích území jsou uvedeny v přílohách E - H.

Hodnocení odpovědných redaktorů ZM10 odpovídá výše uvedeným závěrům a poukazuje na stejné zjištěné nedostatky. Zjednodušení budov ve zvolené míře 4m se zdá být pro mapy měřítko 1 : 10 000 vyhovující. Generalizace budov proběhla dle názoru redaktorů topologicky správně a s výsledkem jsme spokojeni. Místy se vyskytly drobné nedostatky ve vzájemném souběhu blízkých budov, které by měly sdílet společnou hranu, a souběhu budov s navazujícími prvky. Tyto nedostatky bude potřeba řešit ruční editací nebo se pokusit o odstranění některých z nich při dalším vývoji.

6 Závěr

Předložená bakalářská práce se zabývá generalizací budov pro ISSMD. Hlavním cílem této práce bylo vytvoření aplikace pro automatickou generalizaci budov do ZM10. Po úvodním seznámení s problematikou generalizace a podrobné analýze zdrojových dat a stávajícího informačního systému byly stanoveny základní podmínky vytvoření vlastní aplikace, které byly během jejího vývoje při bližším seznámení s reálnými daty a prostředím informačního systému dále zpřesňovány.

Využitím vestavěných funkcí základního software systému bylo umožněno rychlejší nasazení jednotlivých bloků generalizačního procesu a tím byl dán větší prostor pro vyladění parametrů aplikace. Na druhé straně ale bylo třeba se vyrovnat s omezeními těchto nástrojů a řešit jejich případné nedostatky, z nichž nejzávažnějším byla nemožnost zachování topologie zjednodušených budov a navazujících prvků. Součástí aplikace se staly i funkce pro práci s mapovým dokumentem a správu dat.

V některých případech, především u budov komplikovaného tvaru, dojde k nevhodnému zjednodušení geometrie, které bude pro zachování kvality díla potřeba ručně poupravit. Ruční zásah si místy vyžádá i úprava průběhu navazujících prvků a dořešení ponechaných konfliktů budov. Přestože automatizace generalizace není stoprocentní, odpovídá její úroveň požadavkům odpovědných redaktorů mapového díla a aplikace je připravena pro ostré nasazení v současném systému.

Literatura

- [1] ESRI. *Introduction to programming ArcObjects Using the Microsoft .NET Framework*. ESRI Press, 2009.
- [2] M. Halvorson. *Microsoft Visual Basic .Net krok za krokem*. Knihy Idnes, 2002.
- [3] Z. Li. *Algorithmic Foundation of Multi-Scale Spatial Representation*. CRC Press, 2007.
- [4] T. Mildorf. *Modelová generalizace pozemkového datového modelu*. Západočeská univerzita v Plzni, 2012.
- [5] T. Ormsby et al. *Getting To Know ArcGIS Desktop*. ESRI Press, 2004.
- [6] B. Veverka. *Topografická a tematická kartografie 10*. Vydavatelství ČVUT, 2001.
- [7] D. Grünreich. Computer-assisted generalization. In: *Cerco-Cartography Course* (1985).
- [8] K. S. Shea a R. B. McMaster. Cartographic generalization in digital environment: When and how to generalize. In: *AutoCarto* (1988), s. 56–65.
- [9] M. Traurig a J. Langr. Informační systém Státního mapového díla Zeměměřického úřadu. In: *Geodetický a kartografický obzor* 8 (srp. 2011), s. 180–185.
- [10] ČSN 73046. *ČSN 73046*.
<http://www.kartografie.webzdarma.cz/klasclen/generalizace.html>.
- [11] Project AGENT. *Project AGENT*.
<http://agent.ign.fr/summary.html>.
- [12] CUZK. *Kódy charakteristiky kvality bodu*.
<http://www.cuzk.cz/Katastr-nemovitosti/Poskytovani-udaju-z-KN/Ciselniky-ISKN/Ciselniky-k-mape/Kody-charakteristiky-kvality-bodu.aspx?feed=352dd6e2-dcbb-4dcc-a66b-339297932da4>.
- [13] ESRI. *A Quick Tour of ArcMap*.

- http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/A_quick_tour_of_ArcMap/018q00000005000000/. Esri.
- [14] ESRI. *Aggregate Polygons*.
<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/cartography-toolbox/aggregate-polygons.htm>. Esri.
- [15] ESRI. *ArcObjects API Reference for .NET*.
<http://resources.arcgis.com/en/help/arcobjects-net/componenthelp/index.html#/ArcObjectsnamespaces/000800000002000000/>. Esri.
- [16] ESRI. *Compact File and Personal Geodatabases*.
<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/administer-file-gdbs/compact-file-and-personal-geodatabases.htm>. Esri.
- [17] ESRI. *Create Cartographic Partitions*.
<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/cartography-toolbox/create-cartographic-partitions.htm>. Esri.
- [18] ESRI. *Delineate Built-Up Areas*.
<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/cartography-toolbox/delineate-built-up-areas.htm>. Esri.
- [19] ESRI. *Densify*.
<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/editing-toolbox/densify.htm>. Esri.
- [20] ESRI. *Eliminate Polygon Part*.
<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/data-management-toolbox/eliminate-polygon-part.htm>. Esri.
- [21] ESRI. *Feature Vertices To Points*.
<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/data-management-toolbox/feature-vertices-to-points.htm>. Esri.
- [22] ESRI. *Generalize*.
<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/editing-toolbox/generalize.htm>. Esri.
- [23] ESRI. *Repair Geometry*.
<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/data-management-toolbox/repair-geometry.htm>. Esri.

- [24] ESRI. *Resolve Building Conflicts*.
<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/cartography-toolbox/resolve-building-conflicts.htm>. Esri.
- [25] ESRI. *Sharing and Installing Add-ins*.
<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/analyze/python-addins/sharing-and-installing-add-ins.htm>. Esri.
- [26] ESRI. *Simplify Building*.
<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/cartography-toolbox/simplify-building.htm>. Esri.
- [27] ESRI. *Snap*.
<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/editing-toolbox/snap.htm>. Esri.
- [28] ESRI. *Types of Geodatabases*.
<http://help.arcgis.com/EN/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//003n00000007000000/>. Esri.
- [29] ESRI. *What Are Representations?*
<http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#//00s50000004m000000/>. Esri.
- [30] Apache Software Foundation. *What is Apache log4net*.
<https://logging.apache.org/log4net/>.
Apache Software Foundation.
- [31] D. Lee a P. Hardy. *Automating Generalization – Tools And Models*.
http://www.pghardy.net/paul/papers/2005_icc_coruna_lee_hardy.pdf. Esri.
- [32] Wikipedia. *Základní báze geografických dat*.
https://cs.wikipedia.org/wiki/Základní_báze_geografických_dat.
- [33] Zabaged. *Katalog objektů ZABAGED*.
http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/KATALOG_OBJEKTU_ZABAGED_2016.pdf.

Přílohy

Seznam příloh

- A Seznam použitých zkratk
- B Katalogový list budov ZABAGED®
- C Druh budovy
- D Graf procesu generalizace
- E Generalizace území Pardubic
- F Generalizace území Opavy
- G Generalizace území Bohumína
- H Generalizace území Karviné
- I Obsah přiloženého DVD


A Seznam použitých zkratk

ISSMD	Informační systém Státního mapového díla
ZABAGED®	Základní báze geografických dat České republiky
ZM	Základní mapa České republiky
APV	Aplikační programové vybavení
RDBMS	Systém řízení relační báze dat

B Katalogový list budov ZABAGED®



Kategorie objektů:	1. SÍDELNÍ, HOSPODÁŘSKÉ A KULTURNÍ OBJEKTY			
Typ objektu: (s pořadovým číslem)	1.02 BUDOVA JEDNOTLIVÁ NEBO BLOK BUDOVOV			
Kód typu objektu:	AL015, AL015P			
Definice objektu:				
<p><u>Budova</u> - stavební objekt ohraničený zevně obvodovými stěnami a střechou. Jedná se o trvalé stavby na pevném základě sloužící konkrétnímu účelu - budovy občanské, průmyslové, zemědělské, dopravní a budovy se speciálním účelem.</p> <p><u>Blok budov</u> - souvislá skupina budov obklopená zpravidla ulicemi.</p>				
Geometrické určení objektu:	plocha nebo bod			
Geometrická přesnost:	B			
Zdroj dat geometrických:	původní zdroj: ZM 10 letecké měřické snímky, ortofoto, šetření v terénu, ISKN			
Zdroj dat popisných:	původní zdroj: ZM 10 šetření v terénu, Geonames			
A t r i b u t y :				
Název atributu	Datový typ	Předmět atributu	Hodnoty atributu	
			Kód	Popis/význam hodnoty atributu
DRUHBUD	VARCHAR2(200)	druh budovy		strojírenský průmysl chemický průmysl textilní, oděvní a kožedělný průmysl průmysl skla, keramiky a stavebních hmot potravinářský průmysl dřevozpracující a papírenský průmysl polygrafický průmysl hutnický průmysl ostatní, nerozlišený průmysl chov hospodářských zvířat zemědělský podnik ostatní přečerpávací stanice produktovodu hvězdárna kostel klášter kulturní objekt ostatní muzeum divadlo škola kaple

 K A T A L O G O V Ý L I S T Z A B A G E D®				
				synagoga sportovní hala krytý bazén budova blíže neurčená hangár, sklad vodojem zemní čerpací stanice pohonných hmot meteorologická stanice nemocnice další zdravotní a sociální zařízení věznice kasárny a vojenské objekty garážový dům pošta rozvodna, transformovna správní a soudní budova obchodní středisko s potravinami obchodní středisko bez potravin
JMENO	VARCHAR2(256)	jméno přenesené z databáze geografických jmen (Geonames)		
FID_ZBG	VARCHAR2(40)	jednoznačný identifikátor objektu v ZABAGED®		

Obrázek B: Katalogový list budov ZABAGED®

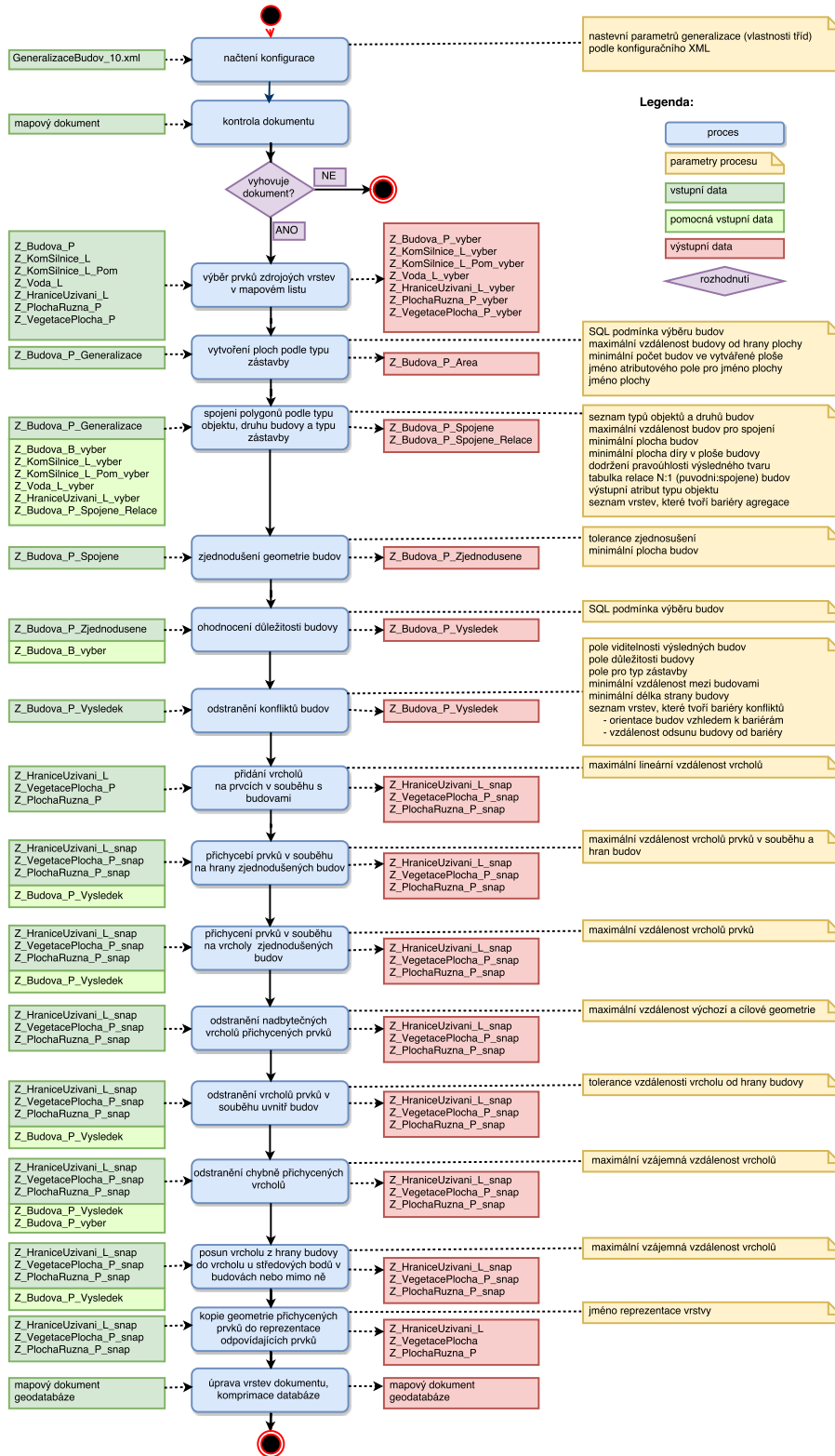
C Druh budovy

KC_DRUHBUDOVY	Význam atributu
001	pošta
002	škola
003	čerpací stanice pohonných hmot
004	meteorologická stanice
100	pojmenovaný objekt
102	strojírenský průmysl
103	chemický průmysl
104	textilní, oděvní a kožedělný průmysl
105	průmysl skla, keramiky a stavebních hmot
106	potravinářský průmysl
107	dřevozpracující a papírenský průmysl
108	polygrafický průmysl
109	hutnický průmysl
110	ostatní, nerozlišený průmysl
111	chov hospodářských zvířat
112	zemědělský podnik ostatní
115	přečerpávací stanice produktovodu
204	hvězdárna
205	kostel
206	klášter
207	kulturní objekt ostatní
208	muzeum
209	divadlo
400	kaple
211	hangár, sklad
212	synagoga
301	sportovní hala
302	krytý bazén
400	budova blíže neurčená
401	hangár, sklad
407	vodojem zemní
412	nemocnice
413	další zdravotní a sociální zařízením
414	věznice
415	kasárny a vojenské objekty

416	garážový dům
419	rozvodna, transformovna
420	správní a soudní budova
421	obchodní středisko s potravinami
422	obchodní středisko bez potravin

Tabulka C: Druh budovy

D Graf procesu generalizace



E Generalizace území Pardubic



Obrázek E: Zdrojová data



Obrázek E: generalizovaná data

F Generalizace území Opavy



Obrázek F: Zdrojová data



Obrázek F: Generalizovaná data

G Generalizace území Bohumína



Obrázek G: Zdrojová data

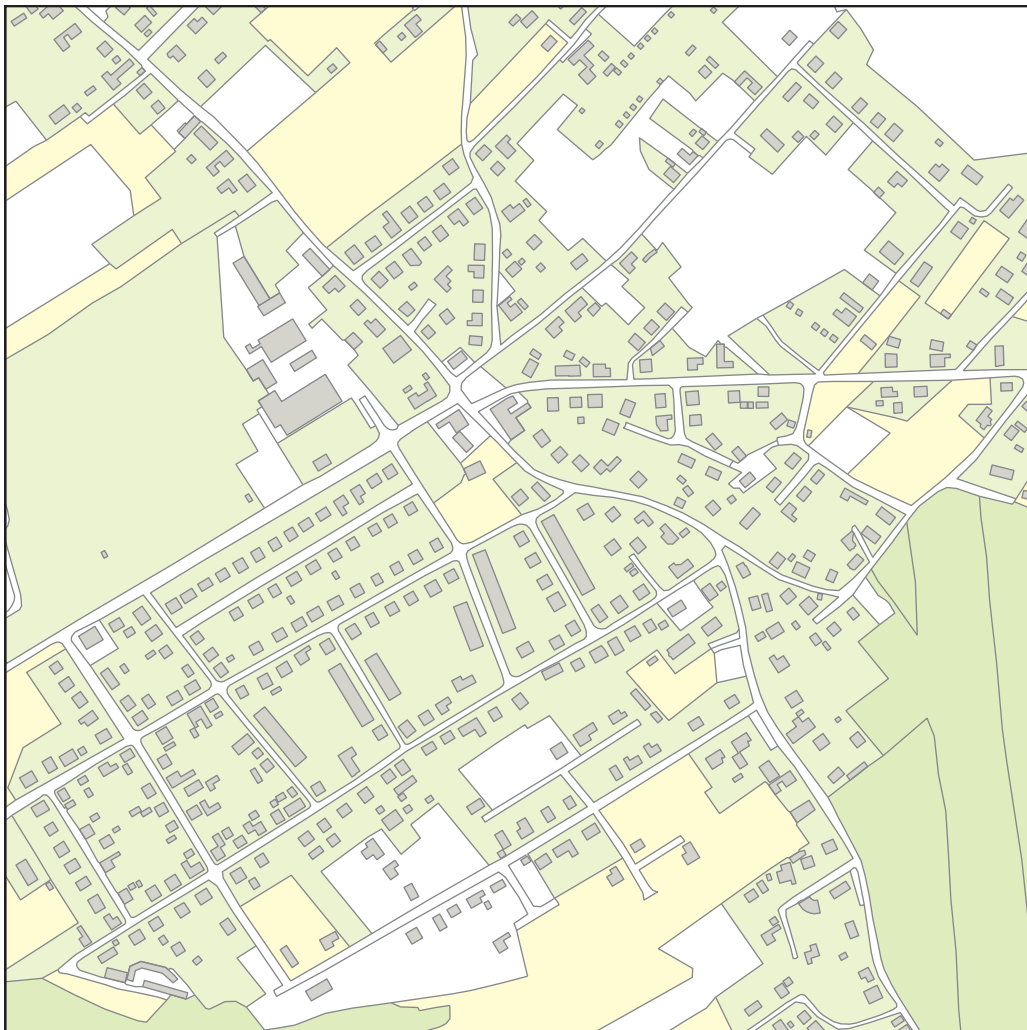


Obrázek G: Generalizovaná data

H Generalizace území Karviné



Obrázek H: Zdrojová data



Obrázek H: Generalizovaná data

I Obsah přiloženého DVD

1. Bakalářská práce

1.1. BP_GeneralizaceBudovIssmd.pdf

2. Aplikace

2.1. Config (konfigurace aplikace a logování)

2.2. Instalace (AddIn soubor aplikace)

2.3. VS2012Projekt (Visual Studio 2012 projekt aplikace)

2.4. UzivatelskaPrirucka.pdf

3. Testovací data

3.1. GeneralizaceBudov.gdb (Fgdb obsahující zdrojová a výsledná data)

3.2. Ukazky (Pdf soubory zdrojových a výsledných dat testovacích území)

3.3. GeneralizaceBudov_10.mxd (mapový dokument pro spuštění aplikace)

3.4. GeneralizaceBudov_10vysledek.mxd (mapový dokument pro porovnání zdrojových a cílových dat)