

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

**TEMATICKÉ MAPY
V AUTOSTEREOSKOPICKÉM PROVEDENÍ**

Magisterská práce

Tomáš KRÁLÍK

Vedoucí práce: prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.

Olomouc 2016

Geoinformatika

ANOTACE

Cílem magisterské práce tematické mapy v autostereoskopickém provedení bylo zhodnocení a otestování možností publikace tematických map metodou autostereoskopie, která umožňuje vnímat hloubku bez nutnosti využití speciálních technologií. V rámci práce byly prozkoumány možnosti, jak lze mapy vytvořit a zobrazit autostereoskopicky. První část práce obsahuje v rešerši uvedený výčet nejčastěji používaných tematických metod předními světovými kartografickými autory. Tyto metody byly ohodnoceny a na základě technických limitací tvorby tematických mapových výstupů byl sestaven seznam, který obsahuje výčet map, jenž je možné provést ve variantě s třetí dimenzí.

Další část práce obsahuje sestavený návod jak postupovat při tvorbě prostorových map. Součástí návodu je popis důležitých nastavení parametrů u využitých softwarů, které byly při tvorbě výstupů práce použity. Hlavní částí práce je soubor ilustračních tematických map, které slouží jako ukázka možností tvorby autostereoskopických map. Každá možnost, ať už proveditelná nebo technicky či z jiných důvodů neproveditelná, je komentována z hlediska postupu tvorby a výsledné využitelnosti. Na vybraných mapách bylo pro ověření funkčnosti použitých metod provedeno uživatelské testování.

Závěr práce je věnován diskuzi o možnostech tvorby trojdimenzionálních prostorových map a jejich následného provedení v autostereoskopickém zobrazení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Autostereoskopie; *wiggle* stereoskopie; metody tematické kartografie; autostereoskopické mapy; třetí dimenze

Počet stran práce: 81

Počet příloh: 33 (z toho 1 volná a 2 elektronické)

ANOTATION

The main aim of the thesis thematic maps in autostereoscopy was to evaluate and test the possible outcomes of thematic maps visualized by autostereoscopic method that allows to perceive depth without the usage of special viewing technologies. In this work was explored how to create maps and how to display them autostereoscopically. In the first part of the thesis is the listing of the most commonly used thematic methods used by the world's leading cartographic authors. Subsequently, these methods were evaluated and based on the technical limitations is compiled a list, which contains a set of maps, that can be done in a variant with the third dimension.

Another part contains the instructions on how to proceed when creating maps in third dimension. Manual includes a description of important parameters utilized by the software used in the creation of outputs. The main part of thesis is a set of illustrative thematic maps that serve as demonstration of possibilities of creating the autostereoscopic maps. Each option technically feasible or unfeasible for any reason is commented on in terms of the creation process and the resulting usability. Few selected maps were used for functional verification by user testing. Aim of the testing was to verify the methods of map creation and map visualization used in thesis.

The conclusion is devoted to the discussion and controversy about the possibilities of making maps with a third dimension, and their subsequent implementation in autostereoscopic display.

KEYWORDS

Autostereoscopy; *wiggle* stereoscopy; thematic methods; autostereoscopic maps; third dimension

Number of pages: 81

Number of appendixes: 33

Prohlašuji, že

- diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

- jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,

- beru na vědomí, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevydělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užívat (§ 35 odst. 3),

- souhlasím, aby jeden výtisk diplomové práce byl uložen v Knihovně UP k prezenčnímu nahlédnutí,

- souhlasím, že údaje o mé diplomové práci budou zveřejněny ve Studijním informačním systému UP,

- v případě zájmu UP Olomouc uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít výsledky a výstupy mé diplomové práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,

- použít výsledky a výstupy mé diplomové práce nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem UP Olomouc, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly UP Olomouc na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Olomouci dne

Tomáš Králík

Děkuji vedoucímu práce Prof. RNDr. Vítu Voženílkovi, CSc. za přínosné podněty a cenné připomínky při vypracování práce. Dále velmi děkuji RNDr. Aleně Vondrákové, Ph.D. za odbornou pomoc při tvorbě a doladování ilustračních mapových výstupů.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš KRÁLÍK**
Osobní číslo: **R140076**
Studijní program: **N1301 Geografie**
Studijní obor: **Geoinformatika**
Název tématu: **Tematické mapy v autostereoskopickém provedení**
Zadávající katedra: **Katedra geoinformatiky**

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

Cílem diplomové práce je ověřit možnosti tvorby tematických map (vč. DEM a scén budov) v autostereoskopickém provedení. Hlavními výstupy práce budou návody pro sestavení autostereoskopických tematických map (zejména odvodit nejvhodnější hodnoty parametrů nastavení stereoskopické kamery) a komplexní soubor autostereoskopických tematických map (maximum metod tematické kartografie) sestavených podle zjištěných poznatků. V závěru student provede diskusi, ve které zhodnotí výsledky své práce s ohledem na využití GIS v procesu tvorby autostereoskopických map, přidanou informační hodnotu výstupů a uživatelskou přívětnost. Shromážděná data přiloží k práci v digitální, popř. analogové formě a sestaví webovou stránku o diplomové práci.

Student vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, do Metainformačního systému katedry geoinformatiky a současně provede zálohu údajů ve formě validovaného XML souboru. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) bude odevzdána v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry ve stanoveném termínu. O magisterské práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002) a dle šablony dostupné na webových stránkách katedry.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: max. 50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

CARTWRIGHT, William, Michael P PETERSON a Georg F GARTNER.
Multimedia cartography. New York: Springer, 1999, xviii, 343 p. ISBN
35-406-5818-1.

CARTWRIGHT, William, Michael P PETERSON a Georg F GARTNER.
Geospatial vision: new dimensions in cartography. 1st ed. New York: Springer,
2008, p. cm. ISBN 978-354-0709-671.

KRAAK, M-J, Ferjan ORMELING. Cartography: visualization of geospatial
data. 3rd ed. New York: Prentice Hall, 2010, xii, 198 p., [32] p. of plates. ISBN
02-737-2279-4

KRAAK, M-J, Allan BROWN eds. Web cartography: developments and
prospects. 3rd ed. New York: Taylor, 2001, ix, 213 p. ISBN 07-484-0869-X

VOŽENÍLEK, Vít, Jaromír KAŇOK a kol. Metody tematické kartografie:
vizualizace prostorových jevů. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého
v Olomouci pro katedru geoinformatiky, 2011, 216 s. ISBN 978-80-244-2790-4.

VOŽENÍLEK, Vít. Cartography for GIS: geovisualization and map
communication. 1st ed. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2005, 142 s.
ISBN 80-244-1047-8

VOŽENÍLEK, Vít. Diplomové práce z geoinformatiky: developments and
prospects. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002, 61 s. ISBN
80-244-0469-9

Vedoucí diplomové práce: **Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.**
Katedra geoinformatiky

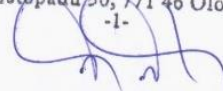
Datum zadání diplomové práce: **15. prosince 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **29. dubna 2016**

Prof. RNDr. Ivo Frébort, CSc., Ph.D.
děkan

L.S.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOINFORMATIKY
17. listopadu 50, 771 46 Olomouc

-1-


Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 15. prosince 2014

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	10
ÚVOD	11
1 CÍLE PRÁCE	12
2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ	13
2.1 Použité metody	13
2.2 Použitá data.....	13
2.3 Použité programy.....	13
2.4 Postup zpracování.....	13
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	15
3.1 Metody tematické kartografie	15
3.1.1 Práce V. Voženílka a J. Kaňoka.....	15
3.1.2 Práce F. Ormelinga a M.-J. Kraaka	16
3.1.3 Práce T. Slocuma, R. McMastera, F. Kesslera a H. Howarda	17
3.1.4 Práce A. Robinsona, J. Morrisona, P. Muehrcke a A. Kimerlinga	18
3.2 Stereoskopie.....	19
3.2.1 Stereoskopický paralaktický úhel.....	20
3.2.2 Metody nastavení stereoskopických kamer.....	21
3.2.3 Pohybující se paralaktický úhel	21
3.3 Autostereoskopie	23
3.3.1 <i>Wiggle</i> stereoskopie	24
4 SYSTÉM HODNOCENÍ METOD TEMATICKÉ KARTOGRAFIE	25
4.1 Vyhodnocení metod tematické kartografie.....	26
5 POUŽITÉ PROGRAMY A JEJICH NASTAVENÍ	29
5.1 ArcMap 10.4	29
5.2 ArcScene 10.4	31
5.3 Corel Draw X7	32
5.4 3D Studio Max 2016	33
5.5 Tvorba animovaných výstupů.....	39
6 TVORBA ILUSTRÁČNÍCH VÝSTUPŮ	40
6.1 Metoda bodových znaků.....	41

6.2	Metoda liniových znaků	42
6.3	Metoda plošných znaků	43
6.4	Metoda izolinií.....	44
6.5	Tečková metoda.....	44
6.6	Metoda Kartodiagramu	45
6.7	Dasymetrická metoda.....	46
6.8	Metoda kartogramu.....	47
6.9	Metoda šraf	48
6.10	Metoda kartotypogramu.....	48
6.11	Metoda profilových linií.....	49
6.12	Metoda šikmých profilových linií.....	50
6.13	Metoda statistických povrchů	50
6.14	Metoda kartografické anamorfózy	51
6.15	Metoda vícerozměrného mapování	52
6.16	Scéna budovy	52
7	TESTOVÁNÍ WIGGLE STEREOSKOPICKÉHO EFEKTU.....	53
8	VÝSLEDKY.....	55
9	DISKUZE	56
10	ZÁVĚR.....	59
	POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
	SEZNAM ILUSTRACÍ	
	PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
BMP	Formát Bitmap image file
CAD	Computer Aided Design
DVD	Multimediální nosič Digital Video Disc
DWG	Formát výkresů programu AutoCAD
GIF	Formát Graphics Interchange Format
JPEG	Metoda ukládání snímků za pomoci ztrátové metody založení na základě Joint Photographic Experts Group konsorcia
PDF	Portable Document Format
SHP	Formát shapefile
S.R.O.	Společnost s ručením omezeným
USA	Spojené státy americké

ÚVOD

Kartografická tvorba se již od počátku známých dějin potýkala s problémem, jak pomocí dostupných vyjadřovacích prostředků pojmout maximální množství informací a ty následně efektivně předat uživateli. V minulosti byly používány ilustrace, barevné zvýraznění a další metody, které předávaly prostorové a tematické informace.

V současnosti kartografie zápolí s ohromným, předtím takřka nemyslitelným, počtem různých vizualizačních a prezentačních technologií. Některé z nich jsou používány běžně, jiné pro svou složitost zůstávají pouze v teoretických materiálech či v několika málo exemplářích. V konečném důsledku lze situaci shrnout, že zobrazovací metody lehce vyrobitelné a především jednoduše využitelné mívají výrazně vyšší šanci uspět než metody složité.

Na základě popsané situace vznikla hlavní myšlenka, která vyústila v celou magisterskou práci. Stavebním kamenem je využití stereoskopických pravidel k dosažení možnosti uchování prostorového jevu u tematických map. I přes velký vývoj v oblasti trojdimenzionálních zobrazovacích displejů však většina z nich vyžaduje, aby pozorovatel měl dodatečné vybavení, ve formě brýlí či jiných pomůcek. Z tohoto důvodu bylo v práci využito metod autostereoskopie, která umožňuje zprostředkovat pozorovateli vjem hloubky bez nutnosti brýlí.

Snahou diplomové práce je umožnit sestavenou metodikou snadné vytváření trojdimenzionálních mapových výstupů, především autostereoskopicky. Výsledky diplomové práce poskytnou kartografům nové nástroje a možnosti, jak mohou svá prostorová data prezentovat formou netradičně zpracovaných metod tematické kartografie. Takto vytvořená autostereoskopická díla mohou být osvěžením ve standardně používaných vizualizačních technikách, jelikož nekladou výrazné nároky na pozorovatele a jednoduše mu předávají požadované informace.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem magisterské práce je ověření možností tvorby tematických map v autostereoskopickém provedení. Řešení je založeno na zmapování a popsání hlavních metod tematické kartografie od důležitých světových kartografických autorů. Metody jsou nejprve ohodnoceny a na základě výsledků je sestaven výběr používaných metod tematické kartografie.

Následně jsou ověřeny možnosti tvorby map v autostereoskopickém provedení s poznatky ze článků a publikací od českých a zahraničních autorů zajišťující nejlepší možné pokrytí studované problematiky.

Souběžným cílem je prozkoumání možnosti vytváření trojdimenzionálních prostorových tematických map studiem funkcionality programových produktů, ověřením kompatibility formátů a vytvořením pracovních postupů s cílem sestavit soubor postupů, jak mapy vytvářet v prostorovém provedení.

Pro vytvoření mapových výstupů na základě seznamu používaných metod tematické kartografie podle dříve vytvořeného seznamu je požadováno aplikovat autostereoskopický efekt.

Součástí cíle je i uživatelským testováním ověřit, zda jsou autostereoskopické tematické mapy pozorovatelné a přínosné.

Výsledky práce umožní skrze uvedené návody, postupy a poznatky zpracovat prostorová data do formy trojdimenzionálních tematických map. Zároveň jsou uvedeny metody jak tyto prostorové mapy prezentovat autostereoskopickou metodou *Wiggle* stereoskopie. Celkově je soubor ilustračních mapových výstupů vytvořen s cílem praktického předvedení všech součástí diplomové práce.

2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

2.1 Použité metody

Pracovní postupy a metody využití v rámci této práce vycházejí z poznatků českých a zahraničních autorů, kteří se věnují stejnému nebo příbuznému tématu práce. Praktická část práce je založena na těchto teoretických poznatcích, které dále rozvíjí za účelem naplnit zadané cíle.

Jako zdroj kartografických a geografických poznatků je použito jak českých, tak i zahraničních autorů. Metody tematické kartografie jsou vybrány na základě komplexního systému hodnocení, které zohledňuje autorův postoj a detailnost popisu uvedeného k dané tematické metodě.

Za primární vizualizační techniku je zvolena autostereoskopická metoda *Wiggle* stereoskopie schopná zobrazovat stereoskopické obrazy na téměř všech digitálních monitorech od projektorů, přes stolní monitory po obrazovky mobilních telefonů. Mimo tento typ výstupů jsou v digitální příloze dvojice použitých stereoskopických snímků, které lze zobrazit i jinými stereoskopickými metodami.

2.2 Použitá data

Vzhledem k velkému množství map bylo využito jednotné datové sady a jednotného zobrazovaného území. Výchozí datová sada využitá v práci je ©ArcČR, ARCDATA PRAHA, 2014 verze 3.2 distribuovaná společností ARCDATA Praha, s.r.o.

2.3 Použité programy

V rámci práce bylo použito velké množství softwarů. Jedná se o kancelářský balík programů Microsoft Office 2016, především Microsoft Word 2016 a Microsoft Excel 2016. Corel Draw verze X7 byl využit tvorbu ilustrací, mapových výstupů a dalších grafických materiálů spojených s magisterskou prací. Pro práci s prostorovými daty bylo využito programů z rodiny ArcGIS od společnosti ESRI. Nejvíce bylo využíváno programu ArcMap verze 10.4, ArcScene verze 10.4 a ArcCatalog verze 10.4. Verze programů 10.4 byly využívány v rámci zkušební licence. Pro prostorové vizualizace bylo využito programu 3D Studio Max 2016 od společnosti Autodesk. Animační výstupy ve formátu GIF byly tvořeny ve webové službě gifmaker.me.

2.4 Postup zpracování

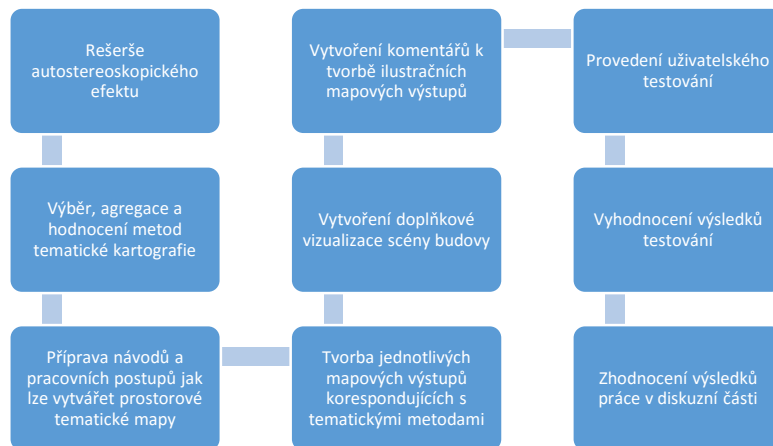
Postup práce byl rozdělen do čtyř hlavních fází. V první části byla zjištěna pravidla tvorby autostereoskopických výstupů. Byly zkoumány zákonitosti a předpoklady pro vytvoření autostereoskopické mapy. Vzhledem k povaze efektu byl také nastudován Wiggle efekt, který byl později v práci použit pro ilustrační mapové vizualizace.

Druhou fází práce bylo zkoumání světové kartografické literatury. S ohledem na co největší pokrytí a diverzitu možných metod tematické kartografie byli zvoleni čtyři důležití kartograficky zaměřeni autoři. Na základě této rešerší části byly později metody agregovány a hodnoceny podle zvolených kritérií.

Třetí část práce byla věnována tvorbě ilustračních map. Došlo k provedení popsanych postupů s cílem vytvořit ukázkové mapy pro jednotlivé metody tematické kartografie. Celkem bylo vytvořeno 29 mapových výstupů, korespondujících s vybranými tematickými metodami. Rovněž byla vytvořena jedna doplňková vizualizace, zaměřená na zobrazení objektů v rámci prostorového reliéfu.

Ve čtvrté části bylo řešeno uživatelské testování mapových výstupů. Bylo ověřováno, zdali jsou aplikované autostereoskopické efekty a další metody na mapových výstupech viditelné. Součástí je i statistické vyhodnocení tohoto testování.

V závěru diplomové práce je provedena diskuze nad problémy, úskalími a dalšími možnostmi tvorby prostorových tematických mapových výstupů.



Obr. 1: Vývojový diagram postupu magisterské práce.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

3.1 Metody tematické kartografie

Tematická kartografie je vědním oborem studovaným na různých pracovištích po celém světě. Z provedených rozsáhlých studií vzniklo velké množství publikací s rozdílným pohledem na metody tematické kartografie. Autoři rozlišují různé metody, uznávají odlišné postupy a zastávají jiné názory na vizualizační techniky a zobrazování kvalitativních a kvantitativních dat. Vybraní autoři v této práci zohledňují hlavní školy a směry světové kartografie. Vzhledem k rozsahu práce jsou jednotlivé metody tematické kartografie od různých autorů pouze stručně komentovány.

3.1.1 Práce V. Voženílka a J. Kaňoka

Na rozdíl od ostatních autorů se autorský kolektiv Voženílka soustředí v knize *Metody tematické kartografie* (2011) přímo na možnosti, jak lze v mapách vyjadřovat atributová data. V rámci publikace jsou velmi dobře vydefinovány veškeré běžně používané kartografické vyjadřovací metody. Hlavním rozdílem oproti ostatním autorům je důraz na detail a celistvost v rámci definic metod, kdy je cílem poskytnout tvůrci map komplexní sadu nástrojů, kterými může vizualizovat svá prostorová data (Voženílek a Kaňok, 2011). V publikaci jsou definovány následující metody:

- *metoda bodových znaků* – bodové znaky vyjadřující kvalitativní a kvantitativní vlastnosti jevů v bodových lokacích za pomoci změn v tvaru, velikosti, struktury, orientace a výplně;
- *metoda liniových znaků* – liniové znaky vyjadřující kvalitativní a kvantitativní vlastnosti jevů v liniových lokacích za pomoci změn v struktuře, orientaci, výplni a tloušťce;
- *metoda plošných znaků* – využívá se pro znázornění plošných kvantitativních a kvalitativních prostorových jevů plošnými znaky za pomoci změn ve výplni a obrysu znaků;
- *metoda teček* – využití pro znázornění absolutních vlastností většinou nerovnoměrně rozmístěných prostorových jevů použitím kvalifikační tečky jakožto bodového znaku s definovanou váhou a lokalizovanou do středu hustoty nejpravděpodobnějšího výskytu jevu v územní jednotce;
- *metoda izolinií* – liniový znak používající se pro vizualizaci statistických spojitých povrchů, kde linie reprezentují jednotnou hodnotu v rámci mapového pole a plochy mezi nimi znázorňují interval hodnot;
- *dasymetrická metoda* – podobná metodě plošných znaků, kde územní jednotky nejsou stanoveny předem, ale vznikají až na základě prostorového rozložení sledovaného jevu;
- *metoda kartodiagramu* – znázorňují absolutní data pomocí diagramů, které mohou být přiřazeny bodovým, liniovým nebo plošným jevům;

- *metoda kartogramu* – relativní vyjádření hodnot přepočtených na plochy územních celků plošným znakem sloužící pro objektivní srovnávání různých oblastí v rámci mapového díla;
- *metoda kartografické anamorfózy* – geometrická přeměna vybraného parametru jevu na základě nadefinovaných pravidel při zachování tematického prvku mapy;
- *metoda kartotypogramu* – zobecňující metoda, která setřídí sledované jevy na základě podobných znaků (Voženílek a Kaňok, 2011).

3.1.2 Práce F. Ormelinga a M.-J. Kraaka

Přístup Ormelinga a Kraaka k mapám je v publikaci *Cartography visualisation of geospatial data* (2003) silně ovlivněn propojením s počítačovou stránkou tvorby mapových děl. Na mapy se nahlíží jako na jedinou možnost dosáhnoutí přehledu o krajině s obsahem prostorových informací a jejich vztahů. Autoři často k mapám nahlíží jako ke geoprostorovému informačnímu systému, který dává odpovědi na otázky spojené se zobrazenou krajinou (Kraak a Ormeling, 2003).

V podrobném vymezení Ormeling a Kraak definují 9 nejdůležitějších mapovacích metod, které v publikaci detailně popisují:

- *chorochromatic maps or mosaic maps* – zobrazování nominálních hodnot a kvalitativních rozdílů;
- *choropleth maps* – mapy s hodnotami prostorových jevů, které jsou vztažené k ploše;
- *isoline maps* – jsou založeny na předpokladu, že zobrazovaný jev lze spojitě rozložit po prostoru, kdy isolinie reprezentuje spojnicí mezi body se stejnými hodnotami;
- *nominal point data* – vyjádření hodnot na bodových lokacích pomocí symbolů s rozdílným tvarem, tloušťkou a barvou;
- *absolute proportional method* – diskrétní hodnoty pro bodové nebo plošné lokace reprezentované proporčními symboly;
- *diagram maps* – mapy obsahující buď jeden, nebo dva srovnávací diagramy pro jeden jev;
- *dot maps* – jsou speciálním případem map s proporčními symboly, kde každý bod umístěný v mapovém poli odpovídá stejné hodnotě a je umístěn v přibližné lokalitě výskytu tohoto určeného kvanta;
- *flow line maps* – metoda určená pro data simulující pohyb, kdy se pro vyjádření používají jak statické symboly tak i pohybující se prvky u digitálních map;
- *statistical surfaces* – trojdimenzionální reprezentace kvantitativních dat. V textu práce je na tuto metodu odkazováno názvem metoda statistických povrchů (Kraak a Ormeling, 2003).

3.1.3 Práce T. Slocuma, R. McMastera, F. Kesslera a H. Howarda

Slocum, McMaster, Kessler a Howard v knize *Thematic Cartography and Geovisualization* (2009) pokrývá rozsáhlou problematiku okolo tvorby map s důrazem na nástup moderních geoinformačních technologií. Obsahem pokrývá konstrukční prvky tvorby map, tematické kartografické vyjadřovací metody a webové mapování (Slocum a kol., 2009).

Popis jak přistupovat k tvorbě tematických map se prolíná celou publikací. První větší zmínkou jsou principy symbolizace, které se věnují vizuálním proměnným. Hlavním bodem, kde jsou poznatky o tomto tématu agregovány, je třetí kapitola, kde se autorský kolektiv věnuje jednotlivým metodám tematické kartografie. V publikaci jsou uvedeny následující metody:

- *choropleth mapping* – popisuje jako metodu plošných znaků, rozdělující standardizované atributy výčetních jednotek za pomoci konzistentních barev a šraf, dělících se pouze na hranicích těchto jednotek;
- *dasymetric mapping* – podobná metodě kartogramu s rozdílem, že se v rámci jedné výčetní jednotky může objevit více rozdílných areálových symbolů zobrazujících standardizované atributy. V důsledku to znamená, že zóny dasymetrické mapy nemusí odpovídat výčetním zónám tak, jak by jim reflektoval kartogram. Nezobrazuje souhrnnou hodnotu pro celý region, ale dělí jej na menší části, kde zobrazuje jednotlivě zóny s charakteristickým výskytem atributu;
- *isarithmic mapping* – zobrazují statistické povrchy s plynulými hodnotovými přechody, kde procesem interpolace a dalších matematických metod definuje izolinie a hodnotové oblasti, které mezi sebou svírají;
- *proportional symbol map* – bodové symboly zobrazující za pomoci změn v barvě, velikosti, tvaru nebo grafiky bodová statistická standardizovaná i nestandardizovaná atributová data přímo z bodových lokalit nebo oblastí, které jsou vnímány jako bodové;
- *dot mapping* – vychází ze statistického povrchu pro sledované územní jednotky, kde je žádoucí zobrazit měnící se prostorové rozložení v rámci jednotky. Zvolená hodnota tečky je závislá na autorově rozhodnutí s cílem dosažení ideální zaplněnosti mapového pole. Zároveň některé plošné atributy mohou být v rozporu se sledovaným atributem, kdy takovéto oblasti definují zóny bez umístění teček;
- *multivariate mapping* – jedná se o metodu porovnávání dvou a více map převážně z rozlišných časových období. Běžně se jedná o porovnávání především kartogramů, ale lze pracovat i s ostatními druhy tematických map. Na tuto metodu je dále v práci odkazováno názvem metoda vícerozměrného mapování;

- *cartograms* – technika za pomoci které se prostorová geometrie deformuje za účelem reflektování tématu mapy. V české kartografické literatuře je ekvivalentem metoda kartografické anamorfózy;
- *flow maps* – mapy s účelem zachycení prostorového pohybu jevu, které typicky používají jako hlavní vyjadřovací prostředek linie s proměnlivou tloušťkou;
- *visualizing terrain* – velké množství různých metod, jak lze zobrazit geografický terén. Čítá metody jako například šrafy, vrstevnice, stínované reliéfy a další (Slocum a kol., 2009).

3.1.4 Práce A. Robinsona, J. Morrisona, P. Muehrcke a A. Kimerlinga

Autorský kolektiv pod vedením Robinsona popisuje vznik map za přirozenou evoluci potřeby lidí sdělovat prostorové informace, která je zprostředkována skrze grafickou reprezentaci geografických dat. Tato reprezentace je nazývána mapou a kartografie je vědou o jejich tvorbě (Robinson a kol., 1995).

Popis metod tematické kartografie je uveden v rámci kapitoly zabývající se symbolizací vlastností bodů, linií a ploch. Upozorňují i na problémy se symbolizací a potřebou rozlišovat mezi typy atributových dat a jejich prostorovou dimenzí. Dále se pod kategoriemi bodové, liniové, plošné a objemové (statistické povrchy) metody vymezují jednotlivé definice metod tematické kartografie:

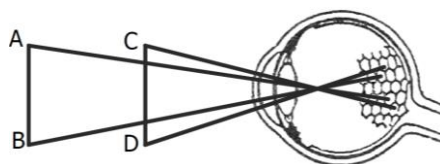
- *qualitative point symbolization* – zobrazování hodnoty kvantitativních prostorových dat formou bodových vizuálních proměnných s rozdílnými tvary, barvami a odstíny;
- *quantitative point symbolization* – jedná se o metodu řazení kvalitativních bodových vizuálních proměnných, které se liší svými tvary, barvami a odstíny;
- *qualitative line symbolization* – zobrazení prostorových liniových kvalitativních dat formou liniových znaků, které se liší délkou, směrem, tvarem a barvou;
- *quantitative line symbolization* – kvantitativní prostorová liniová data jsou zobrazena formou liniových znaků, určujících pomocí velikosti, barvy a odstínu hodnoty jevu;
- *qualitative area symbolization* – metoda využívající barevné a vzorové odlišování ploch pro zobrazení prostorových plošných kvalitativních dat;
- *quantitative area symbolization* – kvantitativní hodnoty jsou vyjádřeny v plošných oblastech gradujícími barevnými stupnicemi;
- *dot map* – využívána pro statistické povrchy obsahující oblasti s kvantitativními atributy, které jsou vyjádřeny poměrem teček v dané oblasti. Počet teček zvolených pro jednu oblast je výsledkem poměru hodnoty oblasti a určené váhy jedné tečky;

- *hachures* – svahy statistických povrchů znázorněny šrafami indikujícími svojí hustotou hodnotu atributu, tradičně sklonu svahu. V práci je tato metoda uváděna pod pojmem metoda šraf;
- *profiles* – tvorba profilových stop jako výsledků z průniku roviny kolmé na statistickou plochu. Série těchto profilů tvoří základ pro tvorbu izometrického blokového diagramu. Dále v textu je tato metoda uváděna pod názvem metoda profilových linií;
- *oblique traces* – šikmé stopy jsou výsledkem průniku více nakloněných vzájemně paralelních rovin se statistickým povrchem. Výsledkem je povrch složený z těchto stop průniků, který lze zobrazit buď planimetricky, nebo perspektivně. V práci je na tuto metodu odkazováno názvem metoda šikmých profilových linií;
- *isarithmic mapping* – zobrazení tří dimenzionálního povrchu izoliniemi, kdy je statistická plocha dělena horizontálními rovinami za účelem vytvoření izolinií;
- *choroplethic mapping* – zobrazuje statistický povrch plošnými symboly, které pomocí barev a šraf zobrazují soubory statistických dat sloučených do plošných regionů;
- *dasymetric mapping* – vychází z kartogramu kdy zásadním rozdílem je využití dasymetrických map pro statistická data, která zcela neodpovídají normálnímu geografickému rozložení a tudíž rozdělení na oblasti není na sebe vzájemně vázané (Robinson a kol., 1995).

3.2 Stereoskopie

Stereoskopie je ve svém základu optický klam, který pomocí jasně definovaných matematických vztahů opětovně sestavuje a prezentuje obraz skutečnosti tak, jak by se na oči pozorovatele promítl při přímém sledování objektu. Jedná se o metodu, která dokáže uchovávat stav objektu s jeho třetí dimenzí.

Schopnost lidí posuzovat vzdálenosti vychází z fyziologických charakteristik očí. Prostorové vnímání se dělí podle využívání očí a to na monokulární a binokulární vidění (Nečasová, 2007). Při monokulárním vidění je možnost určování hloubky dána fyziologickou stavbou oka, kdy se u pozorování dvou objektů v různé vzdálenosti jejich obrazy promítají pod rozdílným zorným úhlem na sítnici oka. Fyzicky dopadne obraz bližšího objektu na dva čípky, které jsou si vzájemně vzdálenější. Naopak u objektu vzdálenějšího je vzdálenost mezi čípkami nižší (Nečasová, 2007). U pozorování jedním okem lze posuzovat jednotlivé objekty zhruba do vzdálenosti 4 metrů (Grézlová, 2011).



Obr. 2: Zorný úhel dvou stejně dlouhých úseček v různé vzdálenosti od oka (Nečasová, 2007).

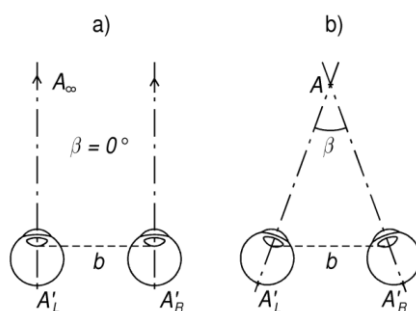
Binokulární vidění na rozdíl od monokulárního nevyplývá pouze z fyziologických charakteristik očí, ale do procesu vstupují funkce mozku. Z obou očí jsou přenášeny paralelně do mozku dva obrazy z různých úhlů (Hakala, 2010). Obrazy jsou následně zpracovány a na základě jejich rozdílnosti je interpretována prostorová hloubka (Fuka a Havelka, 1961). Aby bylo možné tento jev realizovat je nezbytná spolupráce tří funkčních složek oka. Optická složka zabezpečuje ostré promítání obrazu na sítnici. Motorická složka nastavuje oční bulvy tak, aby obraz dopadal do středu sítnice. Sensorická složka celého očního systému slouží pro přenos informace mezi okem a mozkiem (Autrata, 2002).

3.2.1 Stereoskopický paralaktický úhel

Historicky slovo paralaxa pochází z řeckého slova „parallassein“ v překladu do češtiny „měnit se“. Antičtí řečtí myslitelé tento jev objevili a používali jej převážně k měření vzdálenosti mezi dvěma body (Guillot, 2001). V současnosti se s paralaxou lze setkat v mnoha různých oborech, kde je s úspěchem využívána jak pro měření, tak ke zpětnému navození prostorového vjemu.

Efekt paralaxy se projevuje při binokulárním pozorování předmětu. Oči jsou v průběhu sledování natáčeny motorickým svalstvem tak, aby se jejich optické osy protnuly v právě pozorovaném bodě (Reichl a Všetická, 2016). U setkání očních os dochází k jevu, který se nazývá konvergence nebo sbíhavost očních os. Úhel svíraný mezi osami

se nazývá konvergenční nebo také paralaktický úhel. Pozorování v malých vzdálenostech kolem 25 cm úhel nabývá hodnot okolo 15° . Naopak osy při sledování velmi vzdálených předmětů svírají úhel blízký se 0° (Vlachová, 2009).



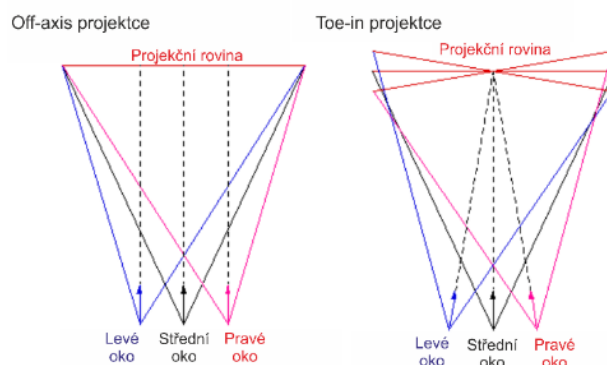
Obr. 3: Konvergence očních os u (b) blízkého bodu A a (a) velmi vzdáleného bodu A_∞ (Vlachová, 2009).

3.2.2 Metody nastavení stereoskopických kamer

Vzájemné nastavení středových os kamer je řešeno s cílem napodobit funkce očí a tím přirozeně navodit prostorový vjem tak, jak je mozek navyklý tento typ informací zpracovávat. Čím více se stereoskopická metoda přibližuje běžné funkci očí, tím je výsledný obraz pro uživatele čitelnější a pohodlnější na sledování (Bourke, 2002). V praxi se většinou využívají dvě možnosti vzájemného nastavení os stereoskopických kamer.

První možností nastavení os kamer je metoda zkřížených os, často anglicky nazývaná jako *toe-in* metoda (Bourke, 2002). Přestože osy kamer v takovém natočení odpovídají běžné konvergenci lidských očí, není tato metoda často používána. Hlavní problém je v zavedení vertikální paralaxy, na kterou nejsou oči z běžného pozorování zvyklé (Grézlová, 2011). V důsledku to znamená, že tato metoda je snáze osvojitelná, ale u dlouhodobějšího pozorování může způsobovat bolesti hlavy či nevolnost (Vlachová, 2009).

Druhou volbou pozice je rovnoběžnost očních os anglicky nazývaná *off-axis* (Bourke, 2002). Takovéto nastavení na rozdíl od metody *toe-in* nevnáší do výsledného stereoskopického snímku vertikální paralaxu, což usnadňuje následné pozorování. Nevýhodou využití této metody je pouze fakt, že stereoskopicky lze pozorovat pouze místo krytí záběru kamer (Bourke, 2002). Tím, že jsou osy kamer vzájemně vodorovné, dochází ke ztrátě rohových částí snímků, které se nepřekrývají (Vlachová, 2009).



Obr. 4: *Off-axis* a *toe-in* nastavení os kamer (Bourke, 2002).

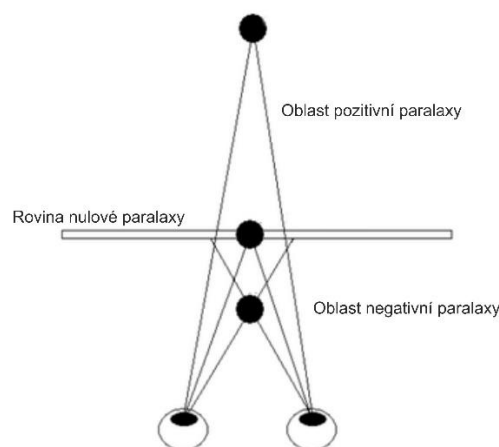
3.2.3 Pohybující se paralaktický úhel

Využití dvojice stereo snímků, která je zobrazena skrze rozmanité technologie každému oku zvlášť, není jedinou možností, jak lze navodit prostorový vjem. Pohybující paralaxa poskytuje alternativu k běžným stereoskopickým metodám. Tento termín je znám především v psychologii, která s jeho pomocí popisuje schopnost mozku rozeznat vzdálenost objektů na základě odlišné rychlosti pohybu v závislosti na jejich obrazové

hloubce (Landy a kol., 1991). V dřívějších publikacích se tento efekt vyskytoval pod pojmem *efekt kinetické hloubky*, jenž byl popisován jako lidská extrakce prostorového povrchu z pohyblivého se plošného dynamického stimulu (Cavanagh a Mather, 1989). Impulsem pro sledování tohoto efektu byl rozvoj televizních a dalších zobrazovacích zařízení, u kterých se sledovala možnost prostorového cítění z plošného obrazu (Landy a kol., 1991).

V současnosti s nástupem moderních digitálních zobrazovacích médií se tento pojem proměnil a používá se pro něj termín pohyblivý se paralaxa, která je definována jako sledování rozdílných obrazů při horizontálním nebo vertikálním pohybu hlavy před zobrazovacím zařízením (Street, 1997). Základním předpokladem pohyblivý se paralaxy je rozdílný pohyb objektů na plošné obrazovce. Objekty, které jsou pro uživatele vzdálenější, se pohybují nižší rychlostí při změně polohy hlavy než ty co jsou uživateli blíže. Právě rozdílný pohyb je pro lidskou percepci hloubky velmi důležitý (Street, 1997).

U pohyblivý se paralaktického úhlu aplikovaného na pár nebo více prostorových snímků lze sledovat změnu v posunu objektů při promítání na displeji v závislosti na jejich zdánlivé hloubce v prostoru. Definují se dva prostory rozdělené rovinou nulové paralaxy, kde nedochází k žádnému pohybu (Zhu a kol., 2016). Plocha nulové paralaxy je místem, kde při využití snímkování metodou *off-axis* nedochází k žádné změně objektů (Zhu a kol., 2016). Prostor před nulovou paralaxou má negativní paralaktický úhel a naopak oblast před nulovou paralaxou má úhel pozitivní (Yu, 2010). Při promítnutí na displej je důsledkem předchozího tvrzení protichůdný pohyb objektů, který se projevuje před a za rovinou nulové paralaxy. Tato zdánlivá změna místa jednotlivých struktur indukuje vjem hloubky (Zhu a kol., 2016).



Obr. 5: Ilustrace plochy nulové paralaxy a oblastí s pozitivním a negativním paralaktickým úhlem (Yu, 2010).

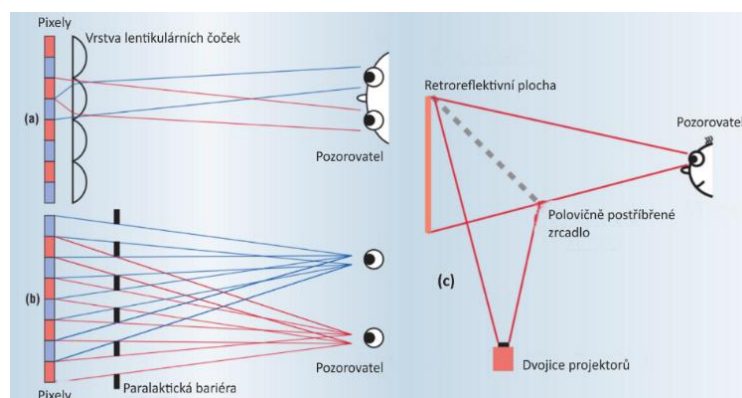
3.3 Autostereoskopie

Kombinací metod stereoskopického paralaktického úhlu a pohybující se paralaxy lze dosáhnout efektu navození prostorové hloubky bez nutnosti využití pomocných brýlí. V rámci této práce jsou pro ilustraci uvedeny autostereoskopické displeje fungující na třech různých principech, které pozorovateli umožňují vnímat efekty paralaktického úhlu a pohybující se paralaxy (Dodgson, 2005). Mimo tyto příklady existují ještě další možnosti, ale ty jsou většinou odvozeninami z výše zmíněných principů (Balasubramanian, 2013).

Prvním z nich je lentikulární displej zakládající svoji funkčnost na linii čoček před plochou s aktivními pixely. Čočky zabezpečují, že se levému a pravému oku dostávají rozdílné vizuální informace (Balasubramanian, 2013). Nevýhodou tohoto řešení je nutnost uživatele být v určité vzdálenosti od zařízení. Pokud je pozorovatel blíže nebo dále než je ideální vzdálenost čočky přestávají plnit svoji funkci a v těchto bodech je nemožné vnímat prostorový obraz (Dodgson, 2005).

Druhou používanou možností výroby autostereoskopických displejů je metoda paralaktické bariéry, která je podobná předchozí variantě s lentikulárními čočkami. Bariéra se opět nachází před vrstvou aktivních pixelů na obrazovce a blokuje odchozí světlo takovým způsobem, aby levé a pravé oko dostávalo informaci z levého a pravého snímku. Metoda paralaktické bariéry není tak náchylná na pozorovatelovu vzdálenost tak jako u lentikulárního displeje (Dodgson, 2005).

Třetím běžným způsobem je využití poloprůhledných zrcadel. Existuje velké množství různých řešení s použitím zrcadla, proto je v této práci vybrána a popsána jedna z nejběžnějších metod vyvinutá společností Xenotech. Principem této metody je promítání z dvou projektorů na polovičně postříbřené zrcadlo, které odráží snímek na retroreflektivní plochu. Tato plocha následně odráží obraz ve stejném směru, v jakém na plochu dopadl. Odražený snímek opět prochází zrcadlem a vytváří dva pozorovací prostory, které odpovídají pozici čočky každého projektoru. Z rozdílné polohy obou obrazů vycházející z různé polohy projektorů je pozorovatel schopen vnímat prostorový vjem (Dodgson, 2005).



Obr. 6: Ukázka lentikulárního displeje (a), paralaktické bariéry (b) a displeje s poloprůhledným zrcadlem (c) (Dodgson, 2005).

3.3.1 *Wiggle* stereoskopie

Autostereoskopické displeje poskytují skvělé možnosti zobrazení prostorových obrazů, ale bohužel jsou ve většině pracovišť a pro většinu uživatelů nedostupné. Z tohoto důvodu se využívá technika *Wiggle* stereoskopie, která vychází ze stereogramů (Curtin, 2011). *Wiggle* stereoskopie je vymyšlena jako metoda pro rychlé a technologicky nenáročné zobrazení prostoru na dvou dimenzionálních snímcích (Altoft, 2011).

Základem této metody je použití dvou stereoskopických snímků, které jsou v rychlém sledu puštěny ve smyčce. Při vnímání takovéto animace snímků dochází k projevu dvou principů a to pohybujícího se paralaktického úhlu a pravidel stereoskopické paralaxy. Z tohoto mihotavého pohybu, který vzniká v animaci, vzešel název *Wiggle* stereoskopie, kdy slovo *Wiggle* lze volně z angličtiny přeložit jako třepotání, vrcení se či kroucení (Curtin, 2011).

Výhody této metody vyplývají z výše popsaných charakteristik. Mezi hlavní patří nenáročnost na zobrazovací zařízení, kdy pro sledování *Wiggle* snímku postačí běžné monitory počítačů, displeje mobilních zařízení či velkoplošné projektory. Další výhodou je možnost pozorování snímku pouze jedním okem. V neposlední řadě je velmi důležitá široká podpora multimediálních formátů, ve kterých lze *Wiggle* stereoskopickou animaci ukládat (Curtin, 2011).

4 SYSTÉM HODNOCENÍ METOD TEMATICKÉ KARTOGRAFIE

Cílem diplomové práce byla analýza možností vizualizace tematických map autostereoskopickým efektem. Pro zajištění maximálního stupně objektivit bylo nutné vytvořit soubor tematických metod od mezinárodních autorů. Ze všech používaných metod byl vytvořen jejich soubor s kvalitativním ohodnocením vytvořeným na základě přesnosti definice dané metody. Díky tomu bylo zjištěno, který autor danou metodu popsal nejlépe, a tudíž pro zpracování metody byl použit nejlépe definovaný postup. Níže popsaná pracovní metoda zajišťuje, že byly zhodnoceny hlavní prameny tematické kartografie a že v této práci bylo zohledněno maximální množství používaných metod tematické kartografie.

Vyhodnocení metod tematické kartografie bylo provedeno tabelární formou, kde sloupce reprezentují autory a řádky obsahují souhrn tematických metod popisovaných sledovanými autory. Jako referenční autor, jehož dělení bylo převzato k rozvržení sloupců, byl zvolen Voženílek. K jednotlivým autorům bylo dále přiřazeno hodnocení, jak přesně danou metodu popisují. V případě, že byla autorem popsána nová metoda nezmíněná v referenčním seznamu, byla do něj přidána. Pro potřeby práce bylo využito pětistupňové hodnotící škály:

1. autor metodu uvádí ve výčtu a přesně jí definuje,
2. metoda je součástí většího celku a je autorem dobře popsána,
3. autor bere metodu jako implicitní vůči nadřazenému celku,
4. autor metodu neuvádí,
5. autor metodu popírá.

Po ohodnocení samotných metod byl na řadě druhý typ výběru, který z vymezeného souboru tematických metod vybere vhodné kombinace pro tvorbu autostereoskopických vizualizací. Takovéto hodnocení bylo prováděno z technického hlediska, protože prostorový efekt lze aplikovat na různé mapové prvky a v některých případech nelze jej nemusí být možné vytvořit. U některých tematických metod může dojít k více vhodným kombinacím aplikace autostereoskopického efektu a proto bylo vytvořeno přehledné dělení pro zřehlednění zvoleného výběru. Celkově je možné autostereoskopický efekt kombinovat do tří typů mapových výstupů v rámci jedné metody tematické kartografie. Do výběru nebyla zahrnuta možnost aplikace prostorového efektu na doplňkové mapové prvky. Důvodem pro eliminaci autostereoskopického efektu u doplňkových mapových prvků byl předpoklad, že autostereoskopický efekt zdůrazňuje hlavní mapové téma a doplňkové prvky mapy by neměly uživatele nijak rušit při čtení mapového obsahu. Ve výčtu následují kombinace prostorového jevu a kartografické metody:

- vizualizace typu 1 – prostorový efekt je aplikován na terén,
- vizualizace typu 2 – prostorový efekt je aplikován na použitou metodu tematické kartografie,
- vizualizace typu 3 – prostorový efekt je použit jak u terénu, tak u metody tematické kartografie.

Díky výše uvedenému vyhodnocení metod tematické kartografie a následnému popsání možností aplikace autostereoskopického efektu, byla zaručena nejvyšší možná objektivita práce, kdy byl vybrán nejvyšší možný počet kartografických metod používaných jak v české tak světové kartografii. Zároveň systém hodnocení zabezpečuje, že se při tvorbě ilustračního mapového výstupu vycházelo z nejpodrobnější možné definice dané metody.

4.1 Vyhodnocení metod tematické kartografie

Na základě metodiky popsané v předchozí kapitole byla vytvořena vztahová tabulka 1, zobrazující jednotlivé metody, jejich autory a hodnocení odvíjející se od Voženílka jakožto referenčního autora. Pro zdůraznění hodnocení je tabulka doplněná barvami se stupnicí od zelené zobrazující nejlepší možné hodnocení až po červenou, symbolizující chybějící popis. Čísla použitá v tabulce se odkazují na výše uvedenou pětistupňovou hodnotící škálu. V rámci šetření nebyl nalezen žádný spor mezi autory, a tudíž pátá možnost hodnocení se v hodnocení nevyskytuje.

Tabulka 1: Vyhodnocení metod tematické kartografie

Metody tematické kartografie	Voženílek	Ormeling	Slocum	Robinson
Metoda bodových znaků	1	1	1	1
Metoda liniových znaků	1	2	2	1
Metoda plošných znaků	1	1	1	1
Metoda izoliní	1	1	1	1
Metoda teček	1	1	1	1
Metoda kartodiagramu	1	1	2	2
Dasymetrická metoda	1	3	1	1
Metoda kartotypogramu	1	4	4	4
Metoda kartogramu	1	1	2	1
Metoda kartografické anamorfózy	1	4	1	4
Metoda statistických povrchů	2	1	2	2
Metoda vícerozměrného mapování	3	3	1	3
Metoda šraf	3	3	3	1
Metoda profilových linií	3	3	3	1
Metoda šikmých profilových linií	3	3	3	1

Z tabulky 1 vyplývá, že Voženílek definuje na potřebné úrovni 10 z 15 hlavních metod tematické kartografie. Ostatních pět se dělí mezi další tři autory. Přehledné shrnutí jednotlivých metod a autorů, jejichž definice jsou využity, se nachází v tabulce 2.

Tabulka 2: Vybrané definice od vybraných autorů světové kartografie

Metoda tematické kartografie	Autor
Metoda bodových znaků	Voženílek
Metoda liniových znaků	Voženílek
Metoda plošných znaků	Voženílek
Metoda izoliní	Voženílek
Metoda teček	Voženílek
Metoda kartodiagramu	Voženílek
Dasymetrická metoda	Voženílek
Metoda kartotypogramu	Voženílek
Metoda kartogramu	Voženílek
Metoda kartografické anamorfózy	Voženílek
Metoda statistických povrchů	Ormeling
Metoda vícerozměrného mapování	Slocum
Metoda šraf	Robinson
Metoda profilových linií	Robinson
Metoda šikmých profilových linií	Robinson

Posledním a nezbytným krokem k vytvoření seznamu potřebného k tvorbě ukázek bylo zhodnocení metod, jak je lze převést do trojdimenzionálního prostoru. Postupovalo se podle hodnocení kombinací prostorového jevu a metody tematické kartografie popsaného dříve. Faktor hrající při tomto výběru hlavní roli, byla technická možnost metodu sestavit. Dále byla hodnocena i logická stránka dané metody tematické kartografie, kdy v některých případech došlo k logickým protikladům. Žádným způsobem nebyla zohledňována výsledná čitelnost mapy či informační nebo designová přidaná hodnota.

Po dodržení veškerých výše zmíněných pravidel byla sestrojena tabulka 3, zobrazující výsledky hodnocení metod tematické kartografie. Výsledkem byl přehled kombinací, jak lze pracovat s metodami tematické kartografie a prostorovým efektem. Každá z variant byla zpracována formou ilustrační mapy tištěné mapy v příloze této práce, digitální animační mapy ve formátu GIF s aplikovaným Wiggle efektem a dvou stereoskopických snímků.

Tabulka 3: Výčet možností aplikace prostorového jevu na složky tematických map

Metoda tematické kartografie	Prostorový reliéf	Prostorová tematická metoda	Kombinace prostorové tematické metody a reliéfu
Metoda bodových znaků	Proveditelná	Proveditelná	Proveditelná
Metoda liniových znaků	Proveditelná	Proveditelná	Neproveditelná
Metoda plošných znaků	Proveditelná	Proveditelná	Neproveditelná
Metoda izolinií	Proveditelná	Proveditelná	Neproveditelná
Metoda teček	Proveditelná	Proveditelná	Proveditelná
Metoda kartodiagramu	Proveditelná	Proveditelná	Proveditelná
Dasymetrická metoda	Proveditelná	Proveditelná	Neproveditelná
Metoda kartotypogramu	Proveditelná	Proveditelná	Proveditelná
Metoda kartogramu	Proveditelná	Proveditelná	Neproveditelná
Metoda kartografické anamorfózy	Proveditelná	Proveditelná	Neproveditelná
Metoda statistických povrchů	Proveditelná	Proveditelná	Neproveditelná
Metoda vícerozměrného mapování	Proveditelná	Proveditelná	Neproveditelná
Metoda šraf	Proveditelná	Neproveditelná	Neproveditelná
Metoda profilových linií	Neproveditelná	Proveditelná	Neproveditelná
Metoda šikmých profilových linií	Neproveditelná	Proveditelná	Neproveditelná

Vzhledem k povaze efektu a cílům této práce byla k ilustračním mapám pokrývajícím metody tematické kartografie přidána také vizualizace, která zobrazuje scénu budovy. Cílem ilustrační vizualizace je zobrazení budovy v rámci digitálního elevačního modelu krajiny. Pohled je zacílen na budovu a díky prostorovému vjemu je možné lépe pojmut jak budovu, tak ráz krajiny kolem ní.

5 POUŽITÉ PROGRAMY A JEJICH NASTAVENÍ

Tvorba autostereoskopických výstupů vyžaduje velké množství programů, které mají specifická nastavení parametrů a možnosti jejich využití. Vzhledem k tomu, že bylo tvořeno více typů výstupů s různou mírou prostorových objektů, bylo přistupováno ke každé ilustrační mapě unikátně. Díky rozmanitosti tematických metod nelze vytvořit jeden unifikovaný postup pro tvorbu všech autostereoskopických mapových výstupů. Výsledné ilustrační mapy jsou vytvářeny za pomoci vrstvení dílčích postupů popsaných v této podkapitole.

5.1 ArcMap 10.4

Nejnovější dostupná verze programu ArcMap 10.4 z rodiny produktů ArcGIS společnosti Esri byla použita pro dva druhy pracovních příprav. Prvním případem byla příprava dat. Jedná se především o ořezy, převody a další operace s daty tak, aby byly použitelné pro další zpracování. Je nutné sladit kartografická zobrazení, topologii a ostatní mapové prvky tak, aby výsledná mapa byla vytvořená na správných kartografických základech. Dále tvorba terénu v programu 3D Studio Max vyžaduje přesně připravenou vektorovou vrstvu vrstevnic s určenými atributy tak, aby je 3D Studio Max bez problémů automaticky rozpoznal.

Druhým typem příprav prováděných v ArcMap 10.4 je tvorba mapových výstupů, které vstupují do programu 3D Studio Max jako textury. Předem se vytvoří mapové pole s potřebnou kartografickou znakovou reprezentací. Následně je mapový projekt exportován ve formátu *PDF* s rozlišením ideálně 600 dpi zajišťující dostatečnou vizuální kvalitu výstupů. Použitý vektorový formát umožňuje následné importování mapového projektu obsahujícího mapové pole a ostatní kompoziční prvky do programu Corel Draw X7, kde jsou tato data dále upravována pro finální export do 3D Studio Max.

Příprava vektorové vrstvy vrstevnic

Vzhledem k tomu, že ArcScene 10.4 nelze použít pro export použitelného trojdimenzionálního terénu, je nezbytné k tvorbě reliéfu přistupovat jiným způsobem a to za pomoci funkcí v programu 3D Studio Max. V první řadě je nutné připravit data pro export tak, aby je bylo možno bezproblémově importovat do programu 3D Studio Max. Na začátku stojí výběr a ořez vrstevnicových dat na požadovanou oblast. Po této operaci následuje vložení nového atributového pole „elevation“, které zajišťuje automatickou identifikaci výškové informace mezi programy ArcGIS a rodinou softwaru Autodesk. V neposlední řadě je nezbytné vyexportovat takto připravenou vrstvu do formátu DWG. Doplnkově je možné pro zdůraznění výškových rozdílů hodnoty v poli „elevation“ vynásobit tak, aby výškové rozdíly ve vizualizaci byly viditelnější. Například u tvorby ilustračních mapových výstupů této práce byla využita datová sada ArcČR 500, kde byla vybrána oblast Jesenicka s nově vytvořeným atributem „elevation“ s hodnotami výšky vynásobenými požadovanou hodnotou převýšení oproti normálu.

Terrain Tools Sample v1.0 beta

V rámci práce bylo nutností vytvořit mapový výstup využívající šraf k znázornění výšky terénu. V základní verzi programu ArcMap 10.4 nebyla žádná funkce využitelná pro tvorbu šraf dostupná. Z tohoto důvodu byl využit toolbox *Terrain Tools Sample v1.0 beta* dostupný na webových stránkách společnosti Esri (Field a Beale, 2015).

Jedná se o sadu nástrojů podporujících tvorbu nestandardních vizualizačních výstupů. Mimo výše zmíněné šrafy umožňuje tvorbu stínovaných reliéfů, vyplněných vrstevnic či pseudoprostorových kartogramů (Field, 2015).

Použití tohoto nástroje probíhalo za pomoci importování knihovny nástrojů a skriptů této knihovny do programu ArcMap 10.4. Z této sady funkcí je následně zvolen nástroj *Hachures*, který automaticky provede tvorbu mapového výstupu. Bohužel v případě, kdy byl tento nástroj spuštěn v prostředí ArcMap 10.4 generace výsledného výstupu byla chybná.

Ve vygenerované bodové vrstvě, ze které se odvozuje na základě sklonu a orientace svahu tloušťka a směr liniového znaku, chyběl atribut sklonu svahů. Oprava toho problému byla provedena tak, že byl vytvořen na základě digitálního modelu reliéfu rastr obsahující sklon svahů. Ten byl následně převeden na *integer raster*, který lze převést do bodové vektorové vrstvy. Ve finálním kroku byla bodová vrstva sklonů sloučena funkcí prostorového spojení s předtím vygenerovanou vrstvou sklonů. Tímto postupem byly doplněny chybějící informace o sklonu svahů a šrafy mohly být na základě těchto informací korektně vytvořeny.

Cartogram Geoprocessing Tool version 2

Vzhledem k tomu, že ArcGIS 10.4 neobsahuje v základní verzi nástroje vhodné pro tvorbu map kartografické anamorfózy, byl do tohoto programu doinstalován nástroj *Cartogram Geoprocessing Tool version 2* vytvořený Tomem Grossem. Publikován je na oficiálních stránkách podpory Esri (Gross, 2015). Tento nástroj umožňuje generování kartografické souvislé neradiální anamorfózy z vektorových polygonových dat ve formátu SHP na základě Gastner/Newman difusního algoritmu (Dempsey, 2012).

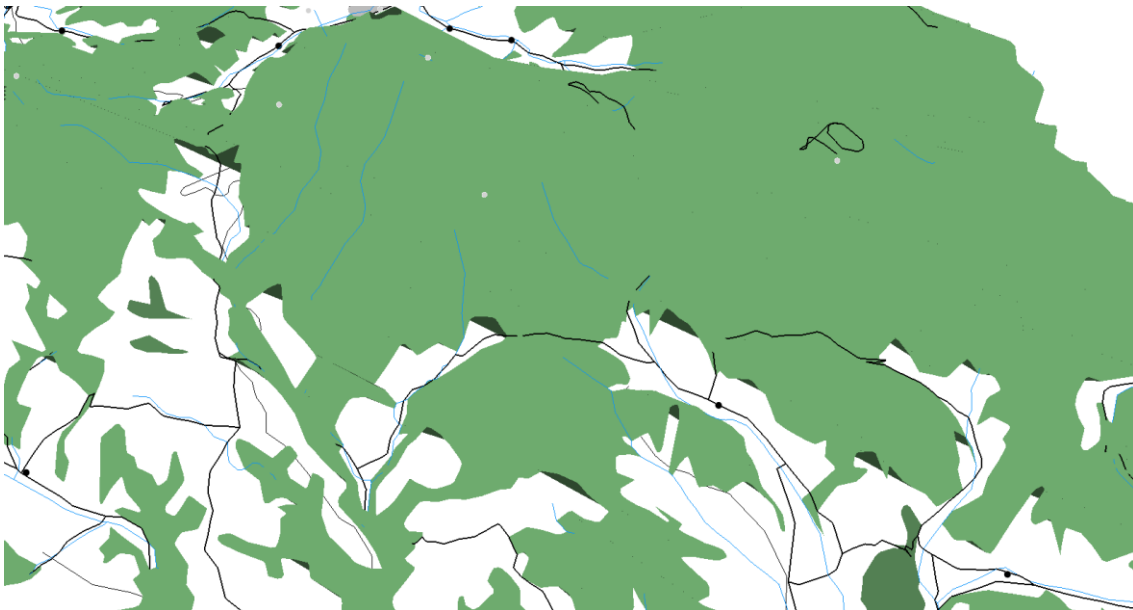
Při využití tohoto nástroje bylo postupováno dle návodu vytvořeného Caitlin Dempseyovou v rámci webového sborníku GIS Lounge (Dempsey, 2012). Při využití skriptu se nastavují čtyři hlavní parametry. Mezi hlavní dva patří definování vstupních polygonových dat ve formátu SHP a nastavení výstupní geodatabáze. Dále je nutné zvolit atribut s hodnotami v původních datech, ze kterého algoritmus generuje výsledek. Posledním důležitým parametrem je nastavení počtu buněk vstupujících do analyzovaného prostoru. Výchozím nastavením je hodnota 512, kdy při nižších hodnotách je deformace slabší a při vyšších naopak silnější (Dempsey, 2012).

5.2 ArcScene 10.4

Programové prostředí ArcScene 10.4 je určeno pro práci s prostorovými mapovými objekty. Přestože obsahuje většinu funkcí a toolboxů z ArcMap, není primárně určen pro přímou práci, editaci a manipulaci s vrstvami. Jeho hlavní funkcionalita je mířena na podporu zobrazení třetí dimenze, kdy jsou k dispozici nástroje extrudování. Pomocí nich lze zobrazit nejen digitální model reliéfu prostorově, ale je možné na jeho základě extrudovat i další vektorové a rastrové vrstvy s použitím funkce *Base Heights*. V neposlední řadě lze extrudovat vektory na základě jejich atributů.

Při práci je z praktických důvodů ArcScene 10.4 využíván pouze při tvorbě tematických map, které využívají extruzi vektorových vrstev na základě jejich atributu. V tomto případě nedochází k nežádoucím deformacím, průniku vrstev a dalším podobným chybám.

Varianta s použitím rastrového podkladu digitálního modelu reliéfu k určení výšek je nevhodná, protože u aplikace více vektorových vrstev dochází ke značným topologickým chybám. I když jsou veškeré vrstvy extrudovány podle jednoho rastrového podkladu, každá z těchto vrstev využívá v rámci prostorové vizualizace jiné lomové body. Díky tomu je u vzniklého modelu velké množství různě prolnutých vrstev, což je velmi nežádoucí jev.



Obr. 7: Ilustrace chyb při použití *Base Heights* extruzní funkce u více vektorových vrstev.

Exportní formát VRML

ArcScene 10.4 podporuje pouze jednu možnost exportu celého mapového projektu a to ve formátu VRML. K dispozici jsou i další možnosti, jak exportovat prostorová data. Mezi ně patří například formát Collada dostupný v sadě konverzních nástrojů programu ArcGIS. Collada je však nevhodná, protože u ní dochází ke ztrátě textur a při větším počtu

vrstev export není stabilní. Oproti konverzi do Collada funkce VRML exportu převádí celou scénu se všemi aplikovanými vrstvami do VRML modelu, podle standardu ISO/IEC 14772-1:1997 definovaného konsorciem Web 3D. Tento formát vznikl v roce 1997 a byl navržen tak, aby jej bylo možné používat pro velké spektrum aplikací. Podporuje interaktivitu, data ukládá v časově orientovaném prostoru, obsahuje grafické objekty, které mohou být dynamicky měněny, a poskytuje nástroje pro implementaci vlastní funkcionality (Web3D, 1997).

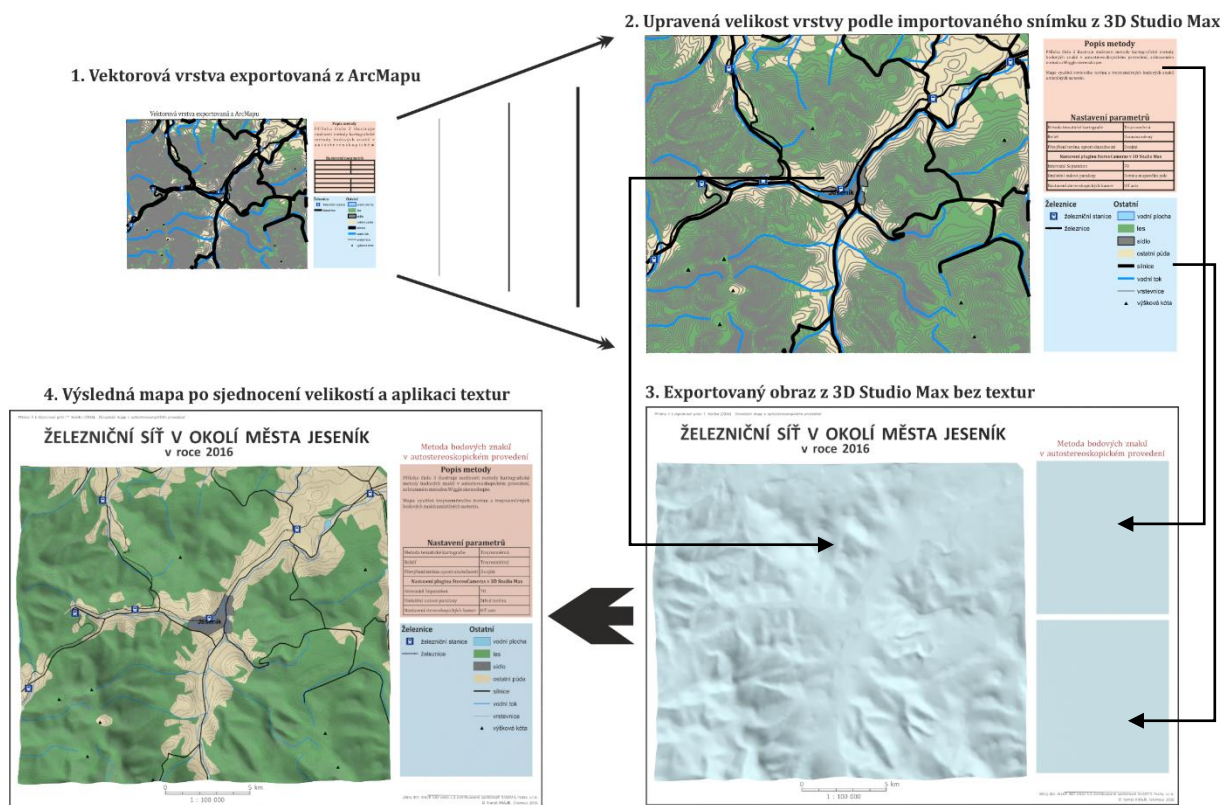
Dalším důvodem pro využití formátu VRML je značná podpora importu v programu 3D Studio Max, jenž je využíván v práci pro tvorbu výstupů. Využívání formátů, které nejsou plně kompatibilní, vede k chybným importům. Může dojít ke ztrátě textur, poměrů velikostí a vzniku dalších chyb vzniklých nepřesnou konverzí.

5.3 Corel Draw X7

Grafický program Corel Draw X7 vyvíjený společností Corel byl používán převážně pro grafickou úpravu vektorových a rastrových souborů vyprodukovaných softwaru rodiny ArcGIS. Do pracovního procesu Corel Draw X7 vstupuje v bodě, kde dochází k přenosu exportovaných mapových a kompozičních prvků z ArcMap 10.4 do 3D Studio Max.

Cílem veškerých úprav je sjednotit tvar obrazového prvku v Corel Draw X7 a požadovaného objektu v 3D Studio Max. Vhodným pracovním postupem je v programu 3D Studio Max předpřipravit scénu s prázdnými objekty jako je například mapové pole, pole s legendou či oblast popisu. Takto připravený projekt se vyrenderuje a výsledný obraz je naimportován do programu Corel Draw, kde jsou do stejného projektu přidány exportované mapové prvky programy ArcGIS. Velikost vektorových a rastrových vrstev je sladěna velikostí a tvarem k objektům z předpřipravené scény v softwaru 3D Studio Max.

V posledním kroku dochází k odstranění prázdných objektů a ponechání vektorové vrstvy, která následně při exportu do 3D Studio Max má správnou velikost a přesně lícuje s objekty. Obrázek 8 ilustruje pracovní postup v programu Corel Draw X7. Kroky jedna, dva a tři jsou tvořeny přímo v Corel Draw X7, krok 4 je finální mapa vytvořená v 3D Studio Max.



Obr. 8: Postup práce s vektorovými daty v programu Corel Draw X7.

Výsledné části mapového projektu Corel Draw X7 jsou následně objekt po objektu exportovány do samostatných souborů v bitmapovém formátu BMP za použití 24 bitové palety barev.

5.4 3D Studio Max 2016

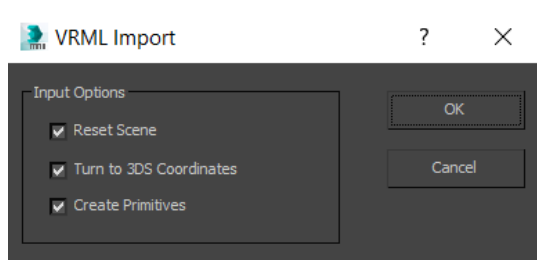
3D Studio Max je produktem společnosti Autodesk, která mimo jiné stojí i za programy jako je AutoCAD, Maya nebo AutoCAD Map. Historií vývoje tento program sahá až do roku 1990. V současnosti se jedná o komplexní modelovací software s podporou dynamických simulací, částicových systémů, globální iluminace a vlastního skriptovacího jazyka.

Využití v rámci diplomové práce je podstatné v posledních krocích přípravy mapových výstupů. Slučuje 3D modely vytvořené v ArcScene 10.4 a rastrové objekty upravené v Corel Draw X7 s doplňkovými mapovými prvky, které jsou tvořeny přímo v programu 3D Studio Max. Mezi tyto mapové prvky patří veškeré texty umístěné mimo mapové objekty a měřítko. Docílení jednoty měřítka a mapového pole bylo dosaženo vizuálním srovnáním vygenerovaného terénu s mapovým projektem v programu ArcMap 10.4. Na základě určení stejných záchytných bodů byl určen vztah mezi reliéfem v 3D Studio Max a mapovým polem v programu ArcMap 10.4. Z uvedeného postupu bylo následně vytvořeno mapové měřítko grafickými nástroji ve scéně programu 3D Studio Max.

Níže jsou popsány funkce, nástroje a pracovní postupy, kterými lze docílit vyhotovení kartografického díla se všemi mapovými kompozičními prvky v rámci programu 3D Studio Max.

Import 3D VRML a DWG formátů do programu 3D Studio Max

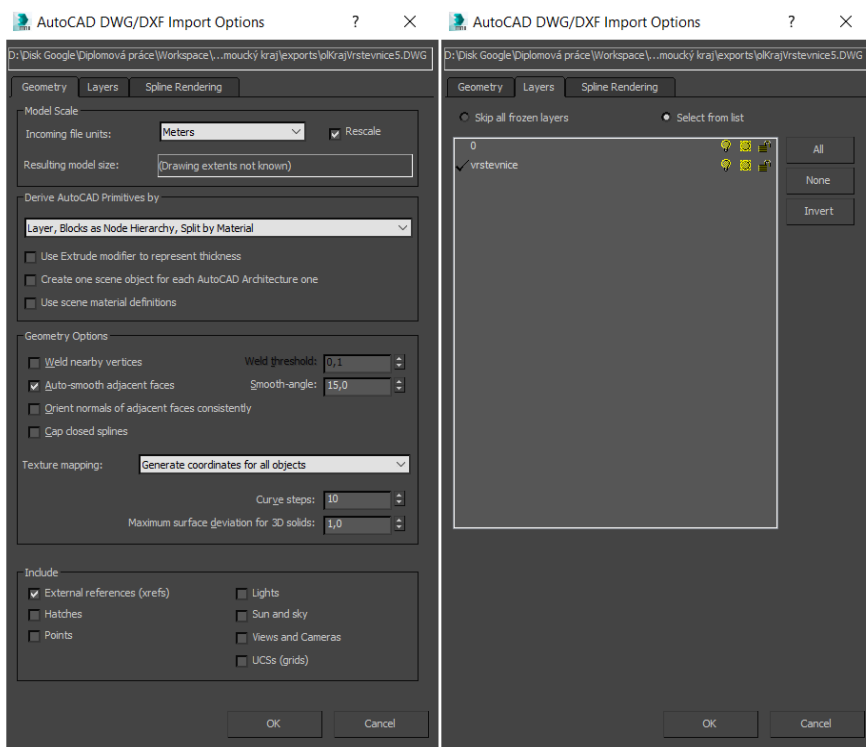
U importu 3D VRML modelů do softwaru 3D Studio Max není nutné kontrolovat a měnit nastavení u importu. Veškeré procesy probíhají téměř bez zásahu uživatele. Jediné, co je nutno při tomto typu importu provádět je podrobná kontrola modelu, který může obsahovat chyby. Pokud se chyby vyskytnou, je nutné opětovně exportovat soubor do VRML.



Obr. 9: Nastavení při importu VRML souboru.

Oproti VRML je u DWG možné nastavovat mnohem více parametrů převážně díky tomu, že DWG je nativním formátem softwarů Autodesku a napříč programy od této společnosti má velkou podporu. V nastavení importu je důležité věnovat pozornost třem parametrům.

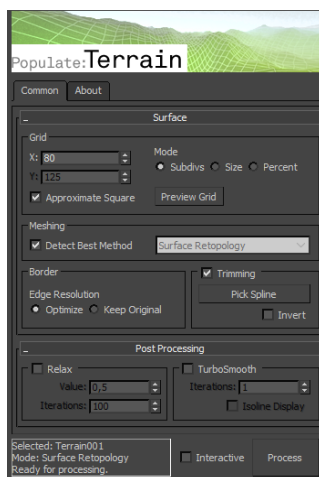
Prvním nastavením je *Model scale*, který slouží pro určení velikosti modelu v rámci scény. Toto nastavení je podstatné zejména v případě, že jsou vkládány vrstevnice do předpřipravené scény. Data jsou pak při jednotném nastavení ve stejných velikostech. Dalším důležitým parametrem je *Derive AutoCAD Primitives by*, který by měl být v případě importu vrstevnic nastaven na hodnotu *Layer, Blocks as Node Hierarchy, Split by Material*. Tímto se zajišťuje, že je model vložen jako liniová vrstva, která se v prostoru extruduje podle atributové hodnoty *elevation*. Poslední nastavení se nachází v záložce vrstev a vychází ze základních principů CAD softwarů. Importní software počítá s tím, že DWG soubor může obsahovat více hladin a v této možnosti lze vynechat nežádoucí. Při standardním exportu z ArcGIS 10.4 do DWG formátu se exportují dvě hladiny, nultá a samotné vrstevnice. Je vhodné nultou vrstvu při exportu odstranit, protože by jinak vytvářela další nežádoucí objekt ve scéně.



Obr. 10: Nastavení importu DWG souboru.

Populate terrain 1.86

Produkt Populate Terrain 1.86 společnosti Populate je freeware nástroj upravující počet polygonů v rámci importovaného nebo přímo v 3D Studiu Max vytvořeného terénu (Lorenz, 2015). Pracuje na principu retopologizace terénu, kdy přepracovává běžně tvořené triangulované povrchy do čtvercové polynomické sítě (Lorenz, 2015). U zpracovávání lze nastavit uchování hlavních bodů terénu u možnosti *Edge Resolution*. V případě potvrzení tohoto nastavení nedochází ke zkreslování a nežádoucímu zdeformování reliéfu. Dále se nastavuje podrobnost sítě a případně možnost dalšího shlazení funkcí *Turbo Smooth*.

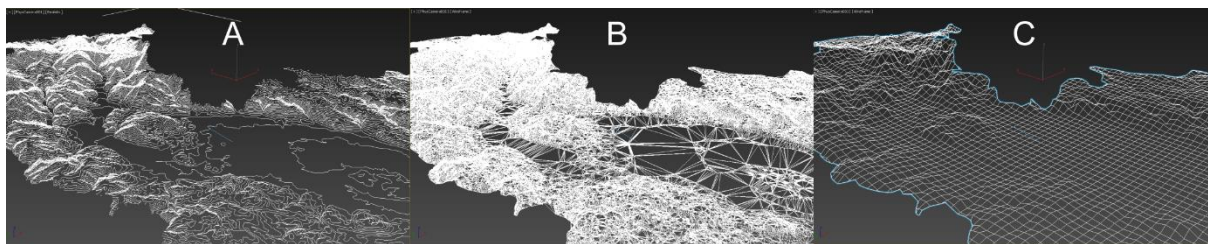


Obr. 11: Možnosti nastavení pluginu Populate Terrain.

Při práci s tímto nástrojem je nezbytné dodržet daný pracovní postup. V první řadě se do programu 3D Studio Max nahrají vrstevnice ve formátu DWG obsahující mimo jiné atribut „elevation“, který uchová informace o výškách vrstevnic. Při použití přesného atributového názvu „elevation“, 3D Studio Max automaticky vrstvu zobrazí extrudovanou. Po importu těchto dat se funkcí Terrain z balíku nástrojů *Geometry Compound Objects* trianguluje terén. Jde o základní funkci programu 3D Studio Max a její výstupy nejsou vhodné pro vizualizaci, jelikož obsahují ploché hrany a ostré hřbety. Rendering takového terénu není vhodný, vzniká u něj velké množství špatně vržených stínů a výsledná scéna je celkově rozbitá. Z tohoto důvodu přichází na řadu plugin Populate Terrain 1.86, který triangulovaný povrch převádí do polynomické sítě.

Populate Terrain 1.86 se spouští jako samostatný skript v rámci programovacího prostředí 3D Studio Max. Po jeho zapnutí se označí objekt, který je potřeba transformovat. Nejdůležitějším nastavením je volba počtu obdélníků v quad síti, kdy platí přímá úměra. Čím více čtverců, tím vyšší kvalita ale zároveň i vyšší výpočetní náročnost.

Výhod čtvercové polynomické sítě je velké množství, mezi hlavní patří například shlazený povrch, menší výpočetní náročnost při renderingu a lepší manipulace s objektem.



Obr. 12: Postup zpracování terénu – A vrstevnice, B terén triangulovaný v programu 3D Studio Max a C aplikace Populate Terrain 1.86.

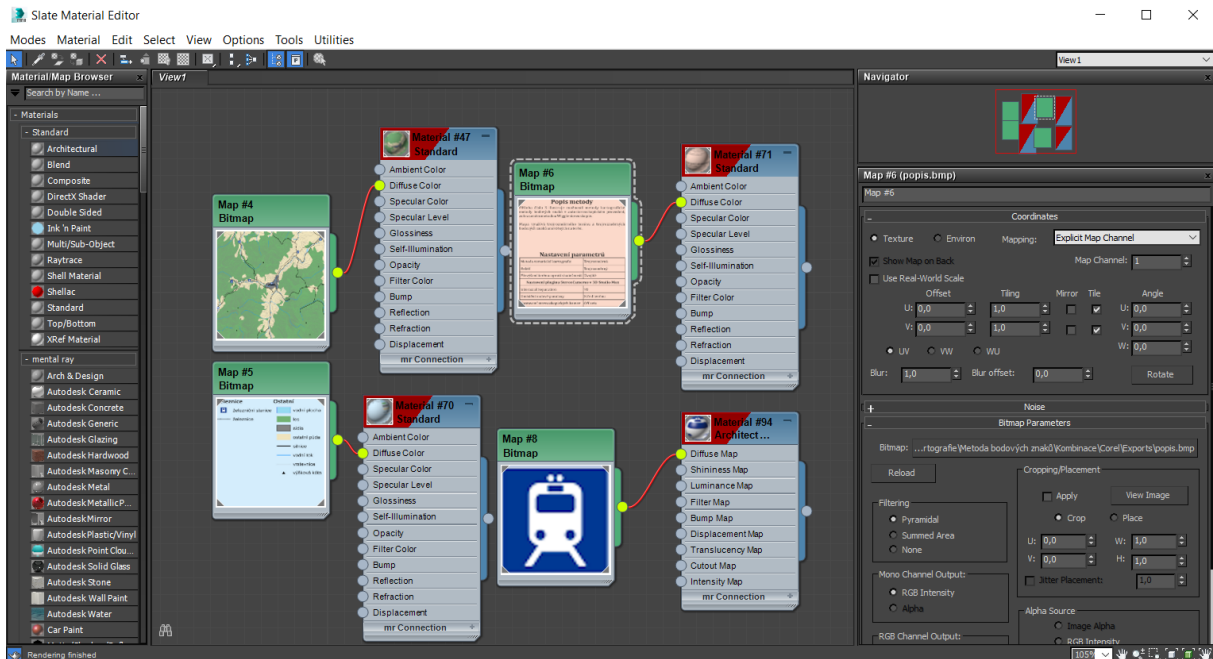
Texturování terénu

Po úspěšném vytvoření terénu upraveného pluginem Populate Terrain 1.86, dochází k jeho texturování, jenž je nezbytné pro správné vykreslení scény. Texturováním je myšlen proces nanášení rastrového obrazu na prostorový reliéf či jiný trojdimenzionální objekt.

V případě této práce se používá planární ortogonální projekce, ale jsou k dispozici i další možnosti jako například válcová, kulová nebo čtvercová projekce. Veškeré výše zmíněné funkce jsou dostupné v modifikátoru *UVW Map*, který je běžnou součástí programu 3D Studio Max.

Před samotným texturováním objektů je nutné připravit samotné textury pro použití v programu 3D Studio Max. *Slate Material Editor* je grafické prostředí spouštěné v rámci 3D Studia Max určené pro definici textur v právě otevřeném projektu. V rámci této práce je využit pouze zlomek z mnoha dostupných funkcí tohoto editoru.

Příprava textur probíhá ve dvou krocích. Zaprvé se vytváří prvek *Standart Material* definující odrazové vlastnosti plochy, na kterou je tento materiál aplikován. Lze nastavovat velké množství parametrů u tohoto prvku, jako je například průhlednost, odrazivost či matnost. Zadruhé se definují prvky *Maps* reprezentující rastrové obrazy. Objektu *Maps* se přiřazují dříve exportované rastrové snímky. Propojením *Maps* ke kategorii difuzní barva v prvku *Standart material* ve vztahu 1:1 je docíleno definice jednoho materiálu, například mapové legendy. Takto definovaný materiál může přiřazen jednomu či více objektům ve scéně 3D Studio Max.



Obr. 13: Slate material editor.

Poslední úpravou, která je využívána doladění pozici textury vůči objektu je výše zmíněný modifikátor *UVW Map*, který umožňuje nastavení projekce textury na objekt. Posun projekční roviny je prováděn pomocí změny polohy objektu *Gizmo*, který reprezentuje její střed. V rámci magisterské práce je využíváno pouze ortogonální planární projekce a jediné prováděné změny jsou horizontální pohyby s projekční plochou.

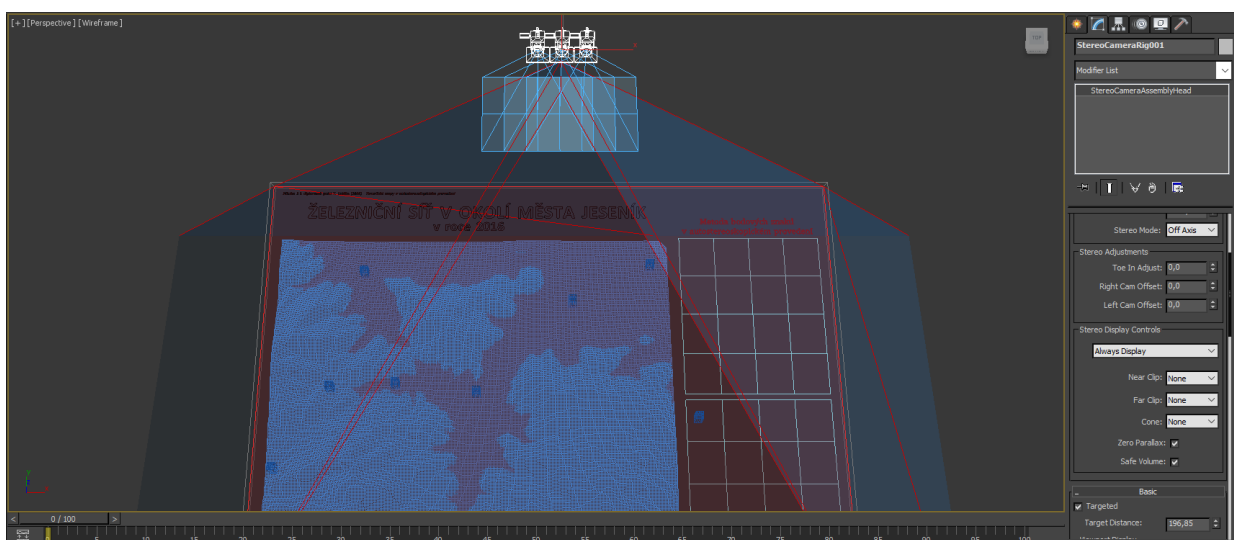
Stereo Camera 1.1.0 pro Autodesk 3D Studio Max 2015/2016

Stereo Camera 1.1.0 je plugin vytvořený přímo společností Autodesk, který je poskytován zadarmo skrze obchod s aplikacemi (Autodesk, 2016). Slouží pro tvorbu objektů ve scéně typu *Stereocamera Rig*. Tento objekt zahrnuje tři vložené kamery, levou, pravou a středovou. Vzájemná poloha kamer je upravována za pomoci změny parametrů. Cílem pluginu je simulace reálného nastavení stereo kamer podle reálných pravidel stereoskopie, což umožňuje tvořit stereoskopické snímky z počítačově vytvořených modelů (Autodesk, 2016).

Nastavení stereoskopických kamer se provádí podobně jako pohyb s projekční rovinou textur pomocí modifikátoru, v tomto případě *StereoCameraAssemblyHead*. Mezi mnoho možností co tento modifikátor nabízí, bylo měněno pouze několik nejdůležitějších parametrů.

První nastavovanou kategorií byly parametry *Stereo* přímo ovlivňující velikost záběru kamer na scénu. Velikost snímaného prostředí je ovlivňována třemi parametry a to interaxiální separací, nulovou paralaxou a stereo režimem. Interaxiální separace určuje v nastavitelném intervalu 0 až 100, jak jsou levá a pravá kamera od sebe vzájemně vzdáleny. Nulová paralaxa definuje vzdálenost roviny nulové paralaxy od kamer. S narůstající hodnotou se rovina od kamer vzdaluje. Čím je rovina vzdálenější, tím je vhodnější nastavovat interaxiální separaci na vyšší hodnoty, jelikož nízké hodnoty by dělaly stereoskopický efekt nevýrazným. Stereo mód jako poslední z trojice parametrů kategorie *Stereo* určuje, v jakém režimu nastavení os jsou kamery umístěny vůči sobě. V této práci je používán výhradně režim *Off-axis*.

Pomocným typem nastavení je možnost zobrazení vodících linií a ploch, které velmi dobře navádí při cílení kamer na požadovaný objekt. Obrázek 14 ilustruje, jak lze využít těchto nastavení. Modrý pyramidový prostor ohraničený červenými liniemi zobrazuje území, které kamery ve svém pohledu zabírají. Červeně vybarvená rovina protínající terén a nápisy na mapovém projektu zobrazuje umístění nulové paralaxy. Je vhodné, aby nulová paralaxa vždy protínala objekty s nápisy a legendou, jelikož v této rovinné oblasti následně při aplikaci *Wiggle* efektu nedochází k žádnému pohybu a pozorovatel není rušen pohybem při čtení textů. V pravé části obrázku je prostor vyhrazený pro nastavování parametrů.



Obr. 14: Ukázka pluginu Stereo cameras.

Rendering

Posledním krokem před vytvořením finálního produktu, tedy dvou stereoskopických snímků je rendering scény v programu 3D Studio Max. Rendering nebo také vykreslování je tvorba reálného obrazu na základě počítačového modelu. Zohledňují se při něm nejen objekty ve scéně, ale i globální a lokální efekty jako například osvit sluncem, bodová světla, zamlženost či odlesky od čočky kamery (Stine, 2015).

3D Studio Max umožňuje nastavovat buď globální parametry celé scény, nebo lokálně působící prvky. Místní objekty nebyly v této práci využívány, jelikož u tvorby map je žádoucí, aby celá scéna byla jednotně nasvícena a nic neskreslovalo pozorovatelův vjem. V globálním nastavení bylo využito plošného osvitu čistým bílým světlem. Dodatečně byl nastaven i takzvaný okolní osvit, *Ambient lighting*, na hodnotu světle šedé. Toto zajišťuje, že stíny ve scéně nejsou černé ale spíše šedé, takže příliš tmavé stíny neruší pozorovatele a nevytváří černé areálové plochy.

Nvidia Mental Ray je metoda renderingu využitá v rámci této práce založená na principu technologie *Ray Tracingu*. Vykreslování je ve své podstatě simulací skutečného šíření světelného paprsku prostorem, který po jednom či vícečetném dopadu doletí na čočku virtuální kamery, kde je následně sejmuto a zaznamenáno (Stine, 2015).

Poslední částí procesu tvorby prostorových tematických map je jejich uložení do vhodného digitálního formátu, za účelem co nejefektivnějšího uložení vytvořených map. Z tohoto důvodu byl pro výstupy dvou stereoskopických snímků z renderingu v prostředí 3D Studio Max zvolen formát JPEG. Jedná o ztrátový formát vhodný pro ukládání rastrových obrazových materiálů. Pro použití v práci je dostačující, protože bitmapové bezztrátové formáty by zbytečně navyšovaly velikosti souborů.

5.5 Tvorba animovaných výstupů

Pro animační *Wiggle* stereoskopické výstupy byl zvolen formát GIF. Dlouhou dobu od svého vzniku v roce 1977 vázaný licencí, ale v roce 2003 vypršela platnost patentu v USA a postupně v následujícím roce 2004 vypršela platnost v zemích Evropské unie (UNISYS, 2004). Od těchto let lze formát GIF využívat volně (GNU, 2016). Důvod volby tohoto formátu je především z důvodu jeho široké kompatibility v různých prohlížečích softwarech. Je možné ho otevřít a animaci prohlížet ve webových prohlížečích, editorech fotografií či softwarech z kancelářské sady Microsoft Office.

Tvorba animačních výstupů byla prováděna ve webové online službě *gifmaker.me*, která umožňovala nastavení rychlosti změny levého a pravého snímku při tvorbě animovaných GIF výstupů (GIFMaker.me a XDGIF.com, 2012). Rychlost změny snímků byla nastavována u veškerých výstupů magisterské práce na hodnotu 100 milisekund, která je vhodná pro sledování *Wiggle* efektu. Hodnota rychlosti změny není striktně pevně definována a je tudíž možné ji při tvorbě autostereoskopických výstupů měnit. Vhodným intervalem je rozmezí hodnot mezi 50 a 200 milisekundami. V případě využití vyšších či nižších hodnot je *Wiggle* efekt nečitelný.

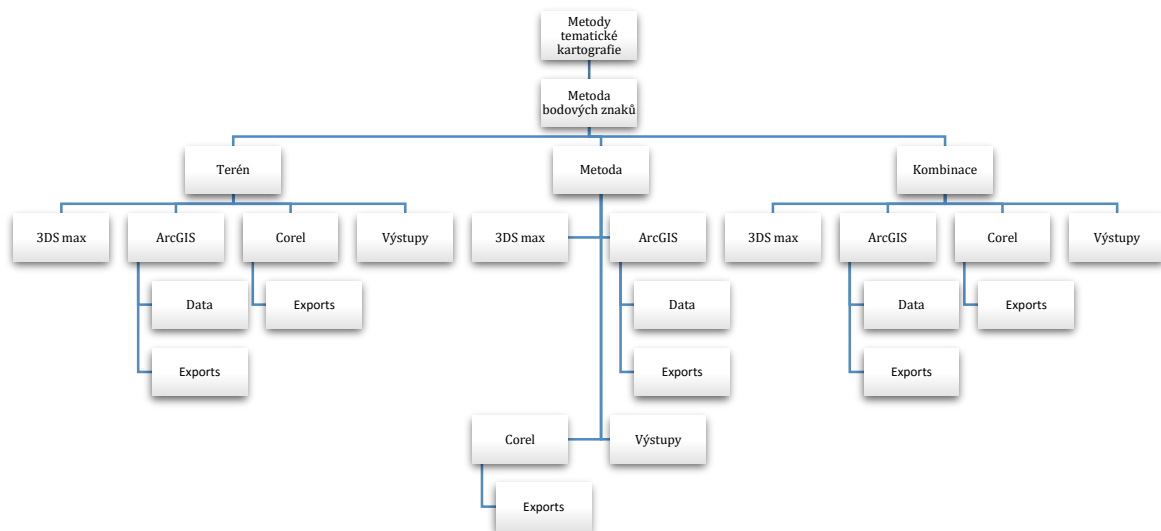
6 TVORBA ILUSTRÁČNÍCH VÝSTUPŮ

Mapové ilustrační výstupy tvořené v rámci této práce jsou sestavovány postupně podle pořadí v tabulce 4. Pro zajištění maximální přehlednosti je v digitálních přílohách této práce dostupných na DVD obsažen veškerý materiál, použitý k vytvoření dané mapy. Výčet možných projektů a datových zdrojů obsahuje mapové projekty ArcMap 10.4, ArcScene 10.4, exportovaná data ve formátu VRML, vektorová data ve formátu SHP, Corel Draw X7 výkresy, Autodesk 3D Studio Max scény, bitmapové rastrové textury a výstupy ve formátech JPEG a GIF.

Tabulka 4: Přehled ilustračních mapových příloh

Metoda tematické kartografie	Prostorový reliéf	Prostorová tematická metoda	Kombinace prostorové tematické metody a reliéfu
Metoda bodových znaků	Příloha 1	Příloha 2	Příloha 3
Metoda liniových znaků	Příloha 4	Příloha 5	
Metoda plošných znaků	Příloha 6	Příloha 7 a 8	
Metoda izolinií	Příloha 9	Příloha 10	
Metoda teček	Příloha 11	Příloha 12	Příloha 13
Metoda kartodiagramu	Příloha 14	Příloha 15	Příloha 16
Dasymetrická metoda	Příloha 17	Příloha 18	
Metoda kartogramu	Příloha 19	Příloha 20	
Metoda šraf	Příloha 21		
Metoda kartotypogramu	Příloha 22	Příloha 23	Příloha 24
Metoda profilových linií		Příloha 25	
Metoda šikmých profilových linií		Příloha 26	
Metoda statistických povrchů	Příloha 27	Příloha 28	
Metoda kartografické anamorfózy		Příloha 29	
Metoda vícerozměrného mapování			

Systém složek pro ukládání souborů je hierarchický, řazený dle ukázky na obrázku 15. Dle níže uvedeného obrázku s příkladem struktury složky pro metodu bodových znaků, ve které je uveden maximální možný počet složek, byly analogicky tvořeny složky i pro další metody tematické kartografie. Díky tomuto seřazení je možné snadno dohledat jednotlivé fáze v postupu tvorby mapových výstupů.



Obr. 15: Příklad struktury složkového systému na DVD příloze.

Data využitá pro tvorbu map jsou z databáze ©ArcČR, ARCDATA PRAHA, 2014 verze 3.2 poskytované společností ARCDATA Praha s.r.o. Data jsou dále v některých případech z části editována za účelem tvorby ilustračních map. Mapová témata stejně jako mapový obsah jsou fiktivní a nemusí odpovídat realitě. Zobrazované území je ve všech ilustracích totožné. Velikost mapového pole byla napříč mapami taktéž sjednocena, kdy se využívalo obdélníkového prostoru v poměru 4:3. Toto mapové pole bylo renderováno v programu 3D Studio Max s rozlišením 2048 x 1536 pixelů.

Celý rozhodovací proces, postupy při tvorbě map a ostatní limitace byly u tvorby jednotlivých ilustračních výstupů velice komplexní. Díky tomu byla **každá proveditelná i neproveditelná možnost okomentována**. V komentářích byly uvedeny důležité parametry a případně další vlastnosti mapového výstupu. Zároveň pokud byla na metodě výrazná **odchylka od pracovního postupu** či jiná důležitá změna, byl k ní rovněž uveden komentář. Pro každý z proveditelných mapových výstupů byla jak v tištěných tak digitálních přílohách magisterské práce uvedena ilustrační mapa, která v rámci pole s popisem zahrnuje důležité parametry nastavení při její tvorbě.

6.1 Metoda bodových znaků

Prostorový reliéf

Ilustrační mapová příloha 1 je ukázkou metody bodových znaků s prostorovým terénem. Pro její tvorbu bylo využito prostorového reliéfu s dvojitým převýšením a tematická metoda byla dvourozměrná. Interaxiální separace byla nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části reliéfu a kamery byly v režimu *off-axis*. Proces tvorby mapy nebyl výrazně odlišný od uvedených postupů.

Aplikace autostereoskopie na terén přinesla velmi dobré výsledky. Mapový popis je dobře čitelný a *Wiggle* efekt napomáhá k percepci hloubky.

Prostorová tematická metoda

Ilustrační mapová příloha 2 je ukázkou metody bodových znaků s prostorovými bodovými znaky a rovinným terénem. Při tvorbě byla interaxiální separace nastavena na hodnotu 35, nulová paralaxa byla v rovině mapového pole a kamery byly v režimu *off-axis*. Odlišností od uvedených postupů bylo přidání bílých okrajů k prostorovým bodovým znakům za účelem zvýšení čitelnosti. Úprava byla provedena v programu 3D Studio Max vytvořením okrajů a jejich slícováním s objektem bodového znaku.

Výsledky aplikace na metodu bodových znaků nejsou dobré. V jisté poloze bodové prostorové znaky ztrácejí při *Wiggle* efektu prostorovost a jeví se pouze jako tvary, které se rychle smršťují a roztahují. Řešení použití jiných tvarů či ohraničujících prvků pro jednotlivé znaky nepřineslo výrazné zlepšení.

Kombinace prostorové tematické metody a reliéfu

Ilustrační mapová příloha 3 je ukázkou metody bodových znaků s kombinací prostorového terénu a metody. Při tvorbě bylo využito dvojitě převýšeného terénu, interaxiální separace byla nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části reliéfu a kamery byly v režimu *off-axis*. Mimo bílého ohraničení bodového znaku vytvořeného stejným způsobem jako u předešlé varianty nedošlo k odchýlení od uvedených pracovních postupů.

Kombinací bylo dosaženo lepšího výsledku než jen u samotné aplikace na metodu, ale i přesto docházelo k nechtěnému porušení vjemu hloubky u některých znaků.

6.2 Metoda liniových znaků

Prostorový reliéf

Ilustrační mapová příloha 4 je ukázkou metody liniových znaků s prostorovým terénem. Pro její tvorbu bylo využito prostorového reliéfu s dvojitým převýšením a tematická metoda byla dvourozměrná. Interaxiální separace byla nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části terénu a kamery byly v režimu *off-axis*. Proces tvorby mapy nebyl výrazně odlišný od uvedených postupů. Výsledná aplikace *Wiggle* efektu na mapový výstup je velmi dobrá, linie i ostatní prvky mapového pole jsou čitelné.

Prostorová tematická metoda

Ilustrační mapová příloha 5 je ukázkou metody liniových znaků s prostorovými liniovými znaky a rovinným terénem. Při tvorbě byla interaxiální separace nastavena na hodnotu 40, nulová paralaxa byla v rovině mapového pole a kamery byly v režimu *off-axis*. Odlišností od uvedených postupů byla tvorba prostorových liniových znaků, kdy nejprve byly v programu ArcMap 10.4 vytvořeny čtyři obalové zóny k liniové vrstvě s šířkou nastavenou dle důležitosti komunikací. Vrstvy obalových zón byly exportovány

do samostatných DWG souborů. Následně byly vloženy do 3D Studio Max, kde byla každá linie slícována s mapovým podkladem. Na závěr byly liniím přiřazeny výšky a barvy na základě jejich důležitosti.

Kombinace prostorové tematické metody a reliéfu

Kombinaci prostorového terénu a liniové metody nelze vytvořit tak, aby odpovídala správným kartografickým zásadám. Není technicky možné vyrovnat trojrozměrný liniový prvek v programu 3D Studio Max tak, aby kopíroval povrch terénu. Linie by v tomto případě terén protínala v každém místě jinak, měnila by se její výška vůči reliéfu a mohlo by dojít k nežádoucímu ovlivnění pozorovatele.

6.3 Metoda plošných znaků

Prostorový reliéf

Ilustrační mapová příloha 6 je ukázkou metody plošných znaků s prostorovým terénem. Pro její tvorbu bylo využito prostorového reliéfu s dvojitým převýšením a tematická metoda byla dvourozměrná. Interaxiální separace byla nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části terénu a kamery byly v režimu *off-axis*. Proces tvorby mapy nebyl výrazně odlišný od uvedených postupů.

Prostorová tematická metoda

U práce s plošnými prostorovými znaky dochází ke komplikacím převážně kvůli tomu, že znaky svojí plochou překryjí mapový podklad nacházející se na rovině pod nimi. Z technických důvodů nelze tento podklad přizpůsobit změnám výšky plošných znaků. U této metody jsou nastíněny dvě možnosti, jak lze tento problém vyřešit.

Ilustrační mapová příloha 7 je ukázkou první možnosti, kde byly plošné znaky vytvořeny jako částečně průhledné tak, aby byl viditelný mapový podklad pod nimi. Při tvorbě byla interaxiální separace nastavena na hodnotu 40, nulová paralaxa byla v rovině mapového pole a kamery byly v režimu *off-axis*. Průhlednost byla pro vrstvu trojdimenzionálních polygonů nastavena v programu ArcScene 10.4. Po exportu do VRML a následném importu do softwaru 3D Studio Max si objekty nastavenou průhlednost zachovají.

Ilustrační mapová příloha 8 je ukázkou druhé varianty, kde je kompletně vynechán mapový podklad a vrstva prostorových polygonů je neprůhledná. Příloha byla vytvořena s nastavenou interaxiální separací na hodnotu 40, nulovou paralaxou v rovině mapového pole a kamerami v režimu *off-axis*. Proces tvorby mapy nebyl výrazně odlišný od uvedených postupů.

Kombinace prostorové tematické metody a reliéfu

Technicky nelze v použitých softwarech vytvořit kombinaci trojdimenzionálního reliéfu a metody, protože není možné spojit tyto dva trojdimenzionální objekty tak, aby plošné znaky kopírovaly povrch terénu. I pokud by toto spojení bylo technicky uskutečněno, tak by se prostorové plošné znaky v případě umístění do údolí na strmé svahy mohly protínat a tento jev by tvořil výslednou mapu nečitelnou.

6.4 Metoda izolinií

Prostorový reliéf

Ilustrační mapová příloha 9 je ukázkou metody izolinií s prostorovým terénem. Pro její tvorbu bylo využito prostorového reliéfu s dvojitým převýšením a tematická metoda byla dvourozměrná. Interaxiální separace byla nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části terénu a kamery byly v režimu *off-axis*. Proces tvorby mapy nebyl výrazně odlišný od uvedených postupů. Výsledek je velmi dobře čitelný, obzvláště v případě hypsometrických dat *Wiggle* efekt umocňuje vjem prostoru.

Prostorová tematická metoda

Ilustrační mapová příloha 10 je ukázkou metody izolinií s prostorovými plošnými znaky reprezentujícími izolinie. Při tvorbě byla interaxiální separace nastavena na hodnotu 40, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části objektů izolinií a kamery byly v režimu *off-axis*. V tomto případě nebyla uváděna metoda s použitím průhlednosti, jelikož je v této ukázce velké množství intervalů. Tyto intervaly se při aplikaci průhlednosti slévají a není možné je od sebe navzájem odlišit.

Kombinace prostorové tematické metody a reliéfu

Nelze vytvořit z podobného důvodu jako u metody plošných znaků. V případě sestrojení takové mapy by navíc docházelo ke ztrátě informace o výšce z prostorového plošného znaku izolinií, neboť by jeho výška byla měněna reliéfem. Tímto by byl porušen základní předpoklad izolinií jakožto čar ohraničujících areály se stejnými fyzikálními či sociometrickými hodnotami.

6.5 Tečková metoda

Prostorový reliéf

Ilustrační mapová příloha 11 je ukázkou metody teček s prostorovým terénem. Pro její tvorbu bylo využito prostorového reliéfu s dvojitým převýšením a tematická metoda byla dvourozměrná. Interaxiální separace byla nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části terénu a kamery byly v režimu *off-axis*. Proces tvorby mapy nebyl výrazně odlišný od uvedených postupů.

Prostorová tematická metoda

Ilustrační mapová příloha 12 je ukázkou metody teček s prostorovými bodovými znaky reprezentujícími tečky a rovinným mapovým podkladem. Při tvorbě byla interaxiální separace nastavena na hodnotu 40, nulová paralaxa byla v rovině mapového pole a kamery byly v režimu *off-axis*. Odlišností od uvedených postupů byl problém exportu teček jako samostatné vektorové vrstvy, jelikož program ArcMap 10.4 tečky vytváří pouze jako grafickou vrstvu, u které není možnost převodu do exportních formátů. Řešením bylo exportování samostatné sítě teček ve formátu PDF a její následný import do softwaru Corel Draw X7, kde tato vektorová síť bodů byla převedena do formátu DWG. Takto připravená vrstva byla nahrána do programu 3D Studio Max, kde byla slícována s mapovým podkladem. Na závěr byly z plošných znaků extrudováním vytvořeny prostorové objekty. U výsledného mapového výstupu je špatně viditelná horizontální oblast středu mapového pole, kde dochází k poškození čitelnosti prostorového vjemu při použití metody *Wiggle* stereoskopie.

Kombinace prostorové tematické metody a reliéfu

Ilustrační mapová příloha 13 je ukázkou metody bodových znaků s kombinací prostorového terénu a metody. Při tvorbě bylo využito dvojitě převýšeného terénu, interaxiální separace byla nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části terénu a kamery byly v režimu *off-axis*. Mapový výstup byl tvořen obdobně jako varianta s použitím prostorové metody. Zásadním rozdílem byla nutnost manuálního vertikálního umístění jednotlivých bodových trojrozměrných znaků na prostorový reliéf. Body po exportu neobsahují žádnou informaci o jejich výšce nad terénem a tudíž je nezbytné jejich manuální srovnání s povrchem reliéfu. V případě větších map se stovkami či tisíci bodů je využití této metody časově náročné.

6.6 Metoda Kartodiagramu

Prostorový reliéf

Ilustrační mapová příloha 14 je ukázkou metody kartodiagramu s prostorovým terénem. Pro její tvorbu bylo využito prostorového reliéfu s dvojitým převýšením a tematická metoda byla dvourozměrná. Interaxiální separace byla nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části terénu a kamery byly v režimu *off-axis*. Odlišností od uvedených postupů tvorby bylo vytváření segmentových kartodiagramů, ke kterému došlo v grafickém editoru Corel Draw X7. Znaky reprezentující kartodiagramy byly připojeny k mapovým výstupům softwaru ArcMap 10.4. Využití této varianty není ideální, jelikož v místech umístění kartodiagramu na svah dochází k jeho deformaci a změnám tvaru.

Prostorová tematická metoda

Ilustrační mapová příloha 15 je ukázkou metody kartodiagramu s prostorovými znaky reprezentujícími kartodiagram a rovinným mapovým podkladem. Při tvorbě byla interaxiální separace nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla v rovině mapového pole a kamery byly v režimu *off-axis*. Podobně jako v předchozí variantě byly v softwaru Corel Draw X7 vytvořeny znaky reprezentující kartodiagramy. Tyto znaky však nebyly exportovány jako rastrové soubory BMP, ale bylo využito vektorového formátu DWG. Výsledné plošné znaky reprezentující segmentové kartodiagramy byly importovány do programu 3D Studio Max jako vektory, kde z nich byly extruzí vytvořeny čtvercové objekty. Pro zvýraznění a odlišení jednotlivých znaků od sebe navzájem byly každému znaku přiřazeny černé okraje stejným způsobem jako v metodě bodových znaků.

Kombinace prostorové tematické metody a reliéfu

Ilustrační mapová příloha 16 je ukázkou metody kartodiagramu s kombinací prostorového terénu a metody. Při tvorbě bylo využito dvojitě převýšeného terénu, interaxiální separace byla nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části terénu a kamery byly v režimu *off-axis*. Mapový výstup byl vytvořen za pomoci využití prostorových čtvercových ohraničených znaků reprezentujících segmentové kartodiagramy připravených při tvorbě přílohy 15. Rozdílem oproti předchozí variantě bylo vertikální posunutí kartodiagramových objektů nad plochu reliéfu. Tato varianta je kombinací, u které plasticita dává uživateli přehled jak o kartodiagramech, tak o výškovém rázu krajiny.

6.7 Dasymetrická metoda

Prostorový reliéf

Ilustrační mapová příloha 17 je ukázkou dasymetrické metody s prostorovým terénem. Pro její tvorbu bylo využito prostorového reliéfu s dvojitým převýšením a tematická metoda byla dvourozměrná. Interaxiální separace byla nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části terénu a kamery byly v režimu *off-axis*. Proces tvorby mapy nebyl výrazně odlišný od uvedených postupů. Plošné znaky dasymetrické metody aplikované na terén mohou mít v případě užití sytých barev rušící vliv na vnímání prostoru. Uvedená mapová příloha ilustruje použití sytých barev v barevné stupnici.

Prostorová tematická metoda

Ilustrační mapová příloha 18 je ukázkou dasymetrické metody s prostorovými plošnými znaky. Při tvorbě byla interaxiální separace nastavena na hodnotu 40, nulová paralaxa byla umístěna v rovině mapového pole a kamery byly v režimu *off-axis*. Při tvorbě mapového výstupu nebylo využito speciálních postupů tvorby. Mapa dobře ilustruje jedno z omezení *Wiggle* stereoskopie, kdy se v případě umístění vysokého objektu blízko centra snímku jeho velikost ztrácí. Výška není rozpoznatelná z důvodu příliš kolmého záběru kamer na objekt.

Kombinace prostorové tematické metody a reliéfu

Vzhledem k tomu, že dasymetrická metoda využívá plošných znaků, není možné technicky vytvořit kombinaci terénu a prostorových plošných znaků.

6.8 Metoda kartogramu

Prostorový reliéf

Ilustrační mapová příloha 19 je ukázkou metody kartogramu s použitím prostorového terénu. Pro její tvorbu bylo využito prostorového reliéfu s dvojitým převýšením a tematická metoda byla dvourozměrná. Interaxiální separace byla nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části terénu a kamery byly v režimu *off-axis*. Proces tvorby mapy nebyl výrazně odlišný od uvedených postupů.

Prostorová tematická metoda

Ilustrační mapová příloha 20 je ukázkou metody kartogramu s prostorovými plošnými znaky. Při tvorbě byla interaxiální separace nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části objektů areálových znaků a kamery byly v režimu *off-axis*. Tvorba mapy se výrazně neodlišovala od uvedených pracovních postupů.

Vzhledem k tomu, že metoda kartogramu využívá prostorových znaků, dotýkají se jí podobné limitace a problémy jako u předchozích metod založených na plošných znacích. Úmyslně byla ponechána interaxiální separace na vyšší hodnotě 70 tak, aby bylo názorně ilustrováno, že efekt pro velmi vysoké objekty ve středu snímku nelze vynutit ani extrémním nastavením.

Kombinace prostorové metody a terénu

Opět z důvodu nutnosti kombinace plošných prostorových znaků a prostorového reliéfu tato varianta nelze sestrojít.

6.9 Metoda šraf

Prostorový reliéf

Ilustrační mapová příloha 21 je ukázkou metody šraf s prostorovým terénem. Pro její tvorbu bylo využito prostorového reliéfu s dvojitým převýšením a tematická metoda byla dvourozměrná. Interaxiální separace byla nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části terénu a kamery byly v režimu *off-axis*. Při tvorbě bylo využito nástroje Terrain Tools. Výsledkem jsou liniové znaky reprezentující šrafy umístěné na prostorový terén. Prostorový vjem zprostředkovaný *Wiggle* efektem na trojdimenzionálním reliéfu umocňuje vjem prostoru z výškopisu šraf.

Prostorová tematická metoda

Tato varianta nelze sestavit vzhledem k výpočetní náročnosti, kterou s sebou přináší použití metody šraf. I v případě velmi malých území jsou generovány statisíce liniových znaků, které již v tak velkém počtu nelze programem 3D Studio Max extrudovat do prostorových objektů.

Kombinace prostorové tematické metody a reliéfu

Nelze provést z důvodu nemožnosti vytvoření prostorových liniových znaků reprezentujících šrafy.

6.10 Metoda kartotypogramu

Prostorový reliéf

Ilustrační mapová příloha 22 je ukázkou metody kartotypogramu s použitím prostorového terénu. Pro její tvorbu bylo využito prostorového reliéfu s dvojitým převýšením a tematická metoda byla dvourozměrná. Interaxiální separace byla nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části terénu a kamery byly v režimu *off-axis*. Proces tvorby mapy nebyl výrazně odlišný od uvedených postupů. Znaky strukturních kartotypogramů byly vytvářeny v programu Corel Draw X7 a následně slučovány s kartografickými výstupy softwaru ArcMap 10.4. V této variantě se objevuje podobný problém jako u metody kartodiagramu, kde při umístění znaku kartotypogramu na svah dochází k jeho plošné deformaci.

Prostorová tematická metoda

Ilustrační mapová příloha 23 je ukázkou metody kartotypogramu s prostorovými plošnými znaky. Při tvorbě byla interaxiální separace nastavena na hodnotu 40, nulová paralaxa byla umístěna v rovině mapového pole a kamery byly v režimu *off-axis*. Tvorba mapového výstupu se lišila v použití programu Corel Draw X7, odkud nebyly znaky strukturního kartotypogramu exportovány v rámci mapového pole, ale jako samostatné DWG vektorové objekty. Zároveň pro každý z těchto DWG objektů byla exportována

rastrová textura s grafikou daného znaku. Vektorové DWG objekty byly postupně importovány do softwaru 3D Studio Max. Následně došlo k jejich extruzi a v posledním kroku byly přiřazeny materiály definující texturu jednotlivě pro každý ze znaků.

Při tvorbě ilustrační mapy bylo nutné oproti předchozí variantě umístit číselné popisy kartotypogramů z okolí do prostoru znaku. V případě, že by text byl umístěn mimo znak, působil by výsledný efekt roztržitě a nečitelně.

Kombinace prostorové tematické metody a reliéfu

Ilustrační mapová příloha 24 je ukázkou metody kartotypogramu s kombinací prostorového terénu a tematické metody. Při tvorbě bylo využito dvojitě převýšeného terénu, interaxiální separace byla nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části terénu a kamery byly v režimu *off-axis*. U tvorby mapového výstupu bylo využito stejného postupu jako v případě přílohy 23 s tím rozdílem, že se výsledné objekty reprezentující strukturní kartotypogramy vertikálně posunovaly tak, aby korespondovaly s reliéfem.

Tvorba této mapy s takovouto kombinací může být v některých případech vhodná, jelikož reliéf může mít zásadní vliv na výskyt či rozložení sledovaných atributů v mapovém poli. Při konvenčním řešení by bylo nutné buď vložit do mapového pole kartografickou reprezentaci terénu, nebo vytvořit druhou pomocnou mapu. Za pomoci autostereoskopického *Wiggle* efektu lze tyto informace sloučit v rámci jednoho kartografického díla.

6.11 Metoda profilových linií

Prostorový reliéf

Tato varianta nebyla vytvořena, jelikož profilové čáry jsou osamostatněné linie, které značí výškovou proměnlivost terénu. Profilové linie samy o sobě reprezentují terén a tudíž je ilustrační mapa uvedena jako varianta aplikující prostor na metodu.

Prostorová tematická metoda

Ilustrační mapová příloha 25 je ukázkou metody profilových linií s prostorovými plošnými znaky. Při tvorbě byla interaxiální separace nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní hranici linií a kamery byly v režimu *off-axis*. Jednotlivé profilové linie byly tvořeny v programu 3D Studio Max za pomoci booleovských funkcí. V prvním kroku byl z plošného reliéfu extruzí vytvořen terénní objekt s definovanou hloubkou. Následně bylo vytvořeno množství tenkých kvádrů, které procházely v těsném sledu kolmo reliéfem. Průmět těchto kvádrů s reliéfem vytvořil díky booleovské funkci *Intersection* prostorové profilové linie, které měly šířku definovanou šířkou kvádrů a výšku určenou hloubkou terénu.

Vzhledem k ortogonálnímu pohledu na mapu nelze veškeré změny výšek rozlišit a tudíž mapový výstup s aplikovaným *Wiggle* efektem může být ve většině případů pro pozorovatele zavádějící. Pro zlepšení orientace je v legendě mapového ilustračního výstupu uvedena přehledová hypsometrická mapa a liniový znak reprezentující profilové linie. Z důvodu omezení *Wiggle* efektu je u této linie vjem hloubky poškozen.

Kombinace prostorové tematické metody a reliéfu

Jelikož nelze sestavit varianta s použitím prostorového efektu aplikovaného na terén, není možné sestavit kombinaci prostorové metody a reliéfu.

6.12 Metoda šikmých profilových linií

Prostorový reliéf

Metoda šikmých profilových čar se podobá metodě profilových čar. Díky tomu stejně jako u profilových linií nebylo možné vytvořit variantu s prostorovým terénem.

Prostorová tematická metoda

Ilustrační mapová příloha 26 je ukázkou metody šikmých profilových linií s prostorovými plošnými znaky. Při tvorbě byla interaxiální separace nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části linií a kamery byly v režimu *off-axis*. Postup tvorby byl podobný jako v případě mapové přílohy 25 s tím rozdílem, že kvádry použité v booleovských funkcích nebyly na reliéf kolmé, ale protínaly jej ve sklonu 45 stupňů. V porovnání s ilustrační mapou profilových čar se tato metoda jeví jako vhodnější, jelikož více vyzdvihuje celkový průběh terénu. Aplikace *Wiggle* efektu tento jev umocňuje a v případě hornatého terénu lze dobře rozeznávat vrcholy a deprese. Legenda je vytvořená stejným způsobem jako v příloze 25.

Kombinace prostorové tematické metody a reliéfu

Kombinace prostorového efektu a metody není možné sestavit, protože nebylo možné sestavit variantu s prostorovým reliéfem.

6.13 Metoda statistických povrchů

Prostorový reliéf

Ilustrační mapová příloha 27 je ukázkou metody statistických povrchů s použitím prostorového terénu. Pro její tvorbu bylo využito prostorového reliéfu s dvojitým převýšením a tematická metoda byla dvourozměrná. Interaxiální separace byla nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části terénu a kamery byly v režimu *off-axis*. Proces tvorby mapy nebyl výrazně odlišný od uvedených postupů.

U příkladu metody statistických povrchů bylo využito socioekonomické charakteristiky rozložení zalidnění obyvatelstva. Výpočet tohoto povrchu byl proveden v programu ArcMap 10.4. Vstupními daty byla ořezaná vrstva základních sídelních jednotek, u kterých byla vypočtena hustota obyvatel v jednotlivých sídelních jednotkách. Po tomto výpočtu byla z polygonů vytvořena bodová vrstva centroidů, která vstoupila do interpolačního algoritmu *Natural neighbor*. Výsledkem byl rastrový interpolovaný povrch rozložení hodnot hustoty obyvatel.

Takto vypočtená vrstva byla aplikována na prostorový terén. Výsledná mapa je tudíž kombinací dvou statistických povrchů, kde uživatel může odečítat nejen primární sledovanou tematiku, ale má také možnost sledovat její souvislost s reliéfem.

Prostorová tematická metoda

Ilustrační mapová příloha 28 je ukázkou metody statistických povrchů s využitím prostorového statistického povrchu. Při tvorbě byla interaxiální separace nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v dolní části statistického povrchu a kamery byly v režimu off-axis. V tomto výstupu bylo využito povrchu vytvořeného pro přílohu číslo 27. Tento statistický povrch byl vložen do programu ArcScene 10.4 kde byla provedena jeho prostorová extruze. Následně byl povrch exportován a vložen do programu 3D Studio Max.

V ilustrační mapě byl záměrně ponechán povrch hustoty obyvatel, který je soustředěn v centru mapového pole, zdůrazňující problém Wiggle efektu při zobrazování výškových dat vprostřed záběru. Právě ve středu dochází k největším problémům s prostorovým efektem, jelikož jsou na něj kamery zacíleny kolmo a tudíž nelze dobře odečítat výšky. Přestože lze odvodit z ilustrační mapy výšku povrchu, je vhodné aplikovat prostorový efekt na metodu statistických povrchů v případech, kdy jsou velké hodnoty rozmístěny rovnoměrně nebo u krajů sledovaného území.

Kombinace prostorové tematické metody a reliéfu

Možnost kombinování dvou prostorových povrchů není možná. Docházelo by k jejich vzájemnému prolínání a nebylo by možné z mapového výstupu odečítat jakákoliv relevantní data.

6.14 Metoda kartografické anamorfózy

Prostorový reliéf

Metoda kartografické anamorfózy je specifická tím, že deformuje původní tvary plošných znaků na základě hodnot jejich atributů. Výsledná mapa tedy nemá žádnou souvislost s původními prostorovými a topologickými vztahy. Anamorfovanou mapu nelze promítnout na zemský terén, jelikož vazba s ním byla anamorfózou porušena.

Prostorová tematická metoda

Ilustrační mapová příloha 29 je ukázkou metody kartografické anamorfózy s využitím prostorových plošných znaků. Při tvorbě byla interaxiální separace nastavena na hodnotu 70, nulová paralaxa byla umístěna v rovině mapového pole a kamery byly v režimu *off-axis*. Polygonová data využitá v mapě byla vytvořena za pomoci nástroje *Cartogram Geoprocessing Tool*. Barevná stupnice byla vytvořena podobně jako u kartogramu s tím rozdílem, že pro normalizaci tematických hodnot byly využity původní plochy z výchozích dat a ne areály z nově vytvořené zkreslené anamorfované plochy.

Kombinace prostorové tematické metody a reliéfu

Jelikož není možné vytvořit první variantu aplikace kartografické anamorfózy na reliéf, nelze vypracovat kombinaci prostorového efektu a metody.

6.15 Metoda vícerozměrného mapování

Příklady k ilustraci metody vícerozměrného mapování nejsou v této práci přímo řešeny, protože se jedná pouze o přístup při porovnávání dvou map s různou tematikou či z rozlišných časových období. Veškeré ilustrační mapové výstupy v této práci byly prováděny nad stejnými daty a díky tomu je lze mezi sebou srovnávat.

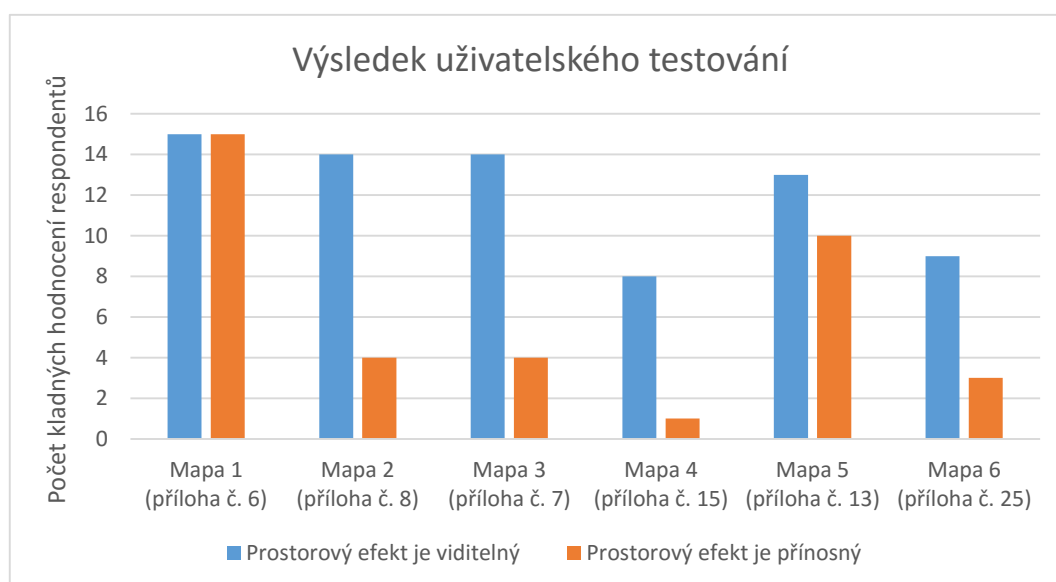
6.16 Scéna budovy

Ilustrační vizualizace 30 zahrnující scénu budovy je řazena až za metody tematické kartografie, jelikož se nejedná přímo o definovaný kartografický nástroj. Jde o vizualizaci budovy či jiného objektu v rámci prostorového digitálního elevačního modelu. Pro možnost částečného srovnání s ostatními výstupy je využito v ilustračním výstupu mapového podkladu lesů, silnic, železnic, zastavěných ploch a ostatních ploch pro texturování reliéfu.

7 TESTOVÁNÍ WIGGLE STEREOSKOPICKÉHO EFEKTU

V rámci diplomové práce bylo provedeno testování ilustračních mapových výstupů, zobrazených metodou *Wiggle* stereoskopie. Skupinou respondentů zvolenou pro provedení testu byli studenti prvního ročníku katedry geoinformatiky v Olomouci. Studenti geoinformatiky byli zvoleni z důvodu, že u nich lze předpokládat schopnost orientace v mapách, která může být důležitá pro čtení některých mapových ukázek. Naskenované dotazníky jsou umístěny na DVD příloze této práce.

Celkem bylo 15 studentům prezentováno 6 ilustračních mapových výstupů, které měly možnost dvojího ohodnocení. Pro testování byly použity ilustrační mapy z příloh této práce. Jednotlivé mapy a příslušné odpovědi respondentů jsou uvedeny v obrázku 16. První dotaz byl mířen na to, zda jsou respondenti schopní efekt vnímat. Druhá otázka byla cílena na celkovou přínosnost efektu v dané mapě. V závěru testu byla možnost pro celkové zhodnocení efektu, kde se respondenti měli vyjádřit a vlastními slovy zhodnotit celkový dojem z map.



Obr. 16: Graf výsledků uživatelského testování.

Po zhodnocení jednotlivých odpovědí vyšel efekt jako viditelný pro všechny respondenty. Jasně převažoval názor, že používat prostor je vhodné pro výškopis. Pro většinu uživatelů byly nevhodně vnímány mapy, kde byla prostorově vytvořena pouze metoda tematické kartografie. Při kombinaci prostorové metody a reliéfu bylo hodnocení uživatelů až na pár výjimek kladné.

Ve slovním hodnocení efektu převažoval názor, že efekt je zajímavým a dělá mapy atraktivními. Dále bylo u několika respondentů podotýkáno, že se hodí pouze pro některé mapové výstupy a u některých je naopak kontraproduktivním. Pouze jedna odpověď byla negativního charakteru a popisovala *Wiggle* efekt jako divnou a uživatelsky nepřístupnou metodou navození pocitu prostoru.

Dále byl proveden v rámci statistického šetření test dobré shody na prokázání nezávislosti dvou sledovaných charakteristik viditelnosti a přínosnosti (Kábrt, 2015). Počet možných odpovědí vstupujících do výpočtu byl 90 a výsledná hodnota výpočtu Chí-Kvadrátu vyšla 30,296 (Pezzullo, 2016). Na základě hodnoty testového kritéria a kritické hodnoty rozdělení Chí-Kvadrátu lze zamítnout nulovou hypotézu ve prospěch alternativy (Kábrt, 2015). Tímto testováním tedy lze potvrdit, že sledované charakteristiky jsou vzájemně statisticky závislé.

	Gp 1	Gp 2	Gp 3	Gp 4	Gp 5	Gp 6	Gp 7	Gp 8	Gp 9	Gp 10
Cond. 1:	73	17								90
Cond. 2:	37	53								90
Cond. 3:										0
Cond. 4:										0
Cond. 5:										0
Cond. 6:										0
Cond. 7:										0
Cond. 8:										0
Cond. 9:										0
Cond. 10:										0
	110	70	0	0	0	0	0	0	0	180

Output:

Calculate Reset all

Chi-square: 30.296
degrees of freedom: 1
p-value: 4e-8
Yates' chi-square: 28.636
Yates' p-value: 9e-8

Status: Status okay

Obr. 17: Výpočet hodnoty Chí-Kvadrátu (Pezzullo, 2016).

8 VÝSLEDKY

První důležitá část výsledků je zmapování metod tematické kartografie tak jak je popisují přední světoví kartografové. V diplomové práci byly tyto metody agregovány a ohodnoceny na základě podrobností a přesností popisu jednotlivých metod. Výsledkem je soubor metod tematické kartografie s příslušným autorem, který se metodě věnoval ve své publikaci nejdetailněji. Soubor byl posléze hodnocen i z hlediska technické proveditelnosti, jelikož některé varianty map nebylo možné sestavit z technologických důvodů.

Dalším výstupem práce je **sestavený postup a popis softwarů**, které mohou být použity při tvorbě prostorových tematických map. V této části jsou popsány nejen jednotlivé softwary, ale i pluginy či další použité nástroje, bez kterých by mapové výstupy nebylo možné vytvořit. Celkově tato část tvoří soubor postupů, jejichž sloučením a kombinací je možné sestavit jakoukoli mapu z výše vybraných metod tematické kartografie. Jedinečnost takto sestaveného postupu tkví v tom, že vychází z běžně používaných dat v geoinformačních systémech, které zpracovává a přenáší do grafických programů pro výslednou vizualizaci.

Stěžejními výstupy práce jsou **ilustrační mapy**, které doprovázejí každou z metod tematické kartografie. Celkově bylo v práci vytvořeno 29 ilustračních mapových výstupů a jeden doplňkový. Každý výstup byl proveden na základě přechodního výběru metod tematické kartografie pomocí postupů tvorby map. Jednotlivé metody tematické kartografie jsou na základě předchozího hodnocení rozděleny do třech podkategorií dle aplikace prostoru na danou složku mapy. Veškeré vzniklé možnosti, ať proveditelné či neproveditelné, byly okomentovány a zároveň v případě odchylek od běžného postupu bylo uvedeno, jak se práce na mapě lišila od ostatních. K souboru ilustračních mapových výstupů byla přiřazena také nemapová vizualizace, která ukazuje možnost použití efektu na šikmé záběry budov umístěných v rámci reliéfu.

Posledním výstupem této práce je **uživatelské testování ilustračních map**. Cílem testu bylo ověřit metody, na jejichž základech byly mapy vytvořeny. Jedná se především o metodu *Wiggle* stereoskopie, která byla zvolena pro navození prostorového vjemu u pozorovatelů. Dále bylo testováno, zda prostorový efekt aplikovaný na mapové pole neruší tematickou informaci. Bylo potvrzeno, že autostereoskopický efekt je viditelný a že v některých případech tato metoda uživatelům přišla atraktivní a zároveň jim pomáhala při čtení dané tematiky.

Celkově veškeré výstupy této práce byly vytvořeny jak za účelem prezentace možností autostereoskopického efektu aplikovaného na tematických mapách tak i jako ukázka postupů tvorby trojdimenzionálních map tematické kartografie. Díky výsledkům magisterské práce je možné vytvořit prostorové tematické mapové výstupy splňující standardní kartografická pravidla.

9 DISKUZE

Metody tematické kartografie jsou ve světové literatuře širokým pojmem, ke kterému se jednotliví autoři staví rozdílně. Někteří preferují přesné definice, vytváření dobře popsaných metod s danými vizualizačními technikami a možnostmi. Druzí naopak chápou tematické metody jakou přirozenou součást zobrazování datových výstupů. Věnují se převážně problému, jak tematická data vizualizovat. Tito autoři rozlišují, zda jde o kvantitativní či kvalitativní typ dat nebo jestli se jedná o bodové, liniové a plošné vztahy k zemskému povrchu. Metody tematické kartografie chápou pouze jako prostředek vizualizace těchto dat, tudíž se metodám věnují méně. V některých typech vizualizací dochází také u různých autorů k využívání jiných pojmů pro jednu věc, což může vést k následným záměnám metod. Celkově lze podotknout, že by bylo vhodné, aby došlo k celosvětové standardizaci těchto metod. Globální sjednocení vizualizačních metod by vedlo ke stavu, kde by autoři mohli metody tematické kartografie využívat, odkazovat se na ně či je dále rozvíjet.

Varianty tvorby trojdimenzionálních map

Kromě problémů s různým pojetím metod tematické kartografie bylo nutné v práci vyřešit aplikaci prostoru na jednotlivé mapy. V práci bylo určeno, že efekt může být aplikován buď na metodu, terén nebo na kombinaci metody a terénu. Doplnkové mapové prvky nebyly do prostoru převáděny, neboť nejsou hlavními nositeli informace. Myšlenkou prostorového efektu je zdůraznit právě hlavní nositele informací v mapě. Po rozdělení map podle možností aplikace efektu se objevila technická úskalí.

Některé mapové výstupy nemohly být vytvořeny z logických důvodů, jiné zase pro nemožnost technického provedení. Příkladem logické nesmyslnosti je metoda izolinií. Není možné sestavit prostorový plošný znak izolinií, který by kopíroval nerovnosti terénu. Jednotná výška ploch izolinií by byla porušena, což nelze dopustit kvůli základním pravidlům tvorby izolinií. Příkladem technické limitace je metoda šraf, kdy při tvorbě prostorových znaků šraf již při malém území jdou počty znaků do desítek tisíců. Běžný výpočetní stroj není schopný s takovýmto počtem objektů pracovat. V případě využití lepších technologií, silných výpočetních zařízení a v budoucnosti novějších verzích využitých softwarů je velmi pravděpodobné, že některé ze současných technických limitů budou překonány.

Problém nedostatečné vzájemné kompatibility programů

Převod dat a vzájemná kompatibility softwarů představovala komplikaci, která provázela veškeré části práce. Vzhledem k tomu, že běžné geoinformační softwary nejsou přizpůsobeny k vytváření složité grafiky a následného kvalitního renderingu, musela být prostorová data přesunuta do jiného softwaru. Při zpracování map bylo nezbytné brát ohledy na možnosti exportních formátů. Bylo nutné zvažovat, jak exportovat vektorová data a ta následně spárovat s daty rastrovými.

V této práci byly popsány spolehlivé postupy, kterými lze provést přenos dat. Pro zvýšení efektivity daných postupů by bylo vhodné, kdyby došlo ke zvýšení podpory prostorových exportních formátů v rámci geoinformačních systémů. Lze sice předpokládat, že popularita trojdimenzionální vizualizace bude v budoucnu stoupat, ale zároveň geoinformační programy pravděpodobně nebudou nikdy obsahovat tak kvalitní prostředí a nástroje pro modelování a rendering prostorových objektů jako mají současné programy zaměřené na tyto aplikace. Nejvhodnějším řešením by mohlo být prohlubování existující symbiózy geoinformačních a vizualizačních programů skrze oficiální vývoj i komunitní vývojáře.

Úskalí *Wiggle* stereoskopické metody

V práci byl rovněž řešen problém možnosti využití metody autostereoskopie. Tato metoda navození prostorového vjemu z dvoudimenzionálního displeje je ve světě velmi dobře prozkoumána a existuje množství variací autostereoskopických displejů. Vzhledem k tomu, že tyto displeje nejsou běžným vybavením jak vědeckých pracovišť, tak domácností, byla zvolena metoda *Wiggle* stereoskopie jako hlavní vizualizační metoda pro prezentaci trojdimenzionálních map. Přese všechny výhody této metody popsané v této práci *Wiggle* stereoskopie přináší i určité problémy.

V případě lokalizace vysokých objektů ve středu mapového pole nebo jejich rozmístění na horizontální linii od středu mapového pole k okrajům dochází k porušení prostorového vjemu. Prvky v této oblasti se v animaci jeví jako prodlužující se a zkracující se objekty. Tento jev vychází z principů tvorby stereoskopických snímků. Bohužel tomuto negativnímu lze pouze těžce předcházet. Jeden z navrhovaných postupů, jak by se mohlo předejít porušení prostorového vjemu je otočení *Wiggle* efektu o devadesát stupňů. V takovém případě však dochází k částečnému porušení stereoskopického jevu a pozorování takovéto mapy není uživatelsky příjemné. Možností jak tento problém vyřešit jinými způsoby je několik. Jedná se na příklad o umístění dat do oblastí mapového pole, kde je efekt dobře viditelný. Dále je možné využít jinou tematickou metodu zobrazení dat, která nebude kolidovat se špatně čitelnými oblastmi *Wiggle* efektu.

Autostereoskopické tematické mapy

V některých případech tvorby trojdimenzionálních map docházelo k zakrytí mapového podkladu znakem. Příkladem může být metoda plošných znaků v příloze 8, kde plošné trojdimenzionální neprůhledné znaky znemožňují použití jiných mapových vrstev. Z tohoto důvodu je nezbytné podobné případy tvořit vždy s prostorovým kontextem, který může být buď ve formě přehledové mapy v legendě, nebo jako další pomocné mapy. I přes tyto řešení by bylo vhodné hledat dále cesty, jak podobné mapové výstupy tvořit přímo se vztahem k prostředí. Může toho být docíleno především technicky, kdy by bylo vyřešeno nanesení mapového podkladu přímo na plošné znaky či nalezení kompletně jiného způsobu, jak podklad do mapy začlenit. V případě hledání

nových cest vyřešení mapového kontextu by mohlo dojít k nalezení nových možností jak vytvořit i další v této práci nevyřešené metody tematické kartografie.

Zjištěné minoritní problémy

V rámci zpracování diplomové práce byly zjištěny lehké nedostatky, které se během tvorby map projeví. Prvním vyskytujícím se problémem je použití formátu GIF, u kterého dochází v některých případech k barevnému zrnění v rámci jednotlivých barevných ploch. Důvodem těchto artefaktů je konverzní algoritmus formátu GIF, který snižuje barevnou paletu snímku. V animaci pak může rozdíl v barvách mezi levým a pravým snímkem vyvolávat zrnění. Dalším případem je použití větších znaků, které jsou umístěny na terén, dochází k jejich deformaci. Takto zkreslené znaky pak tvarem přímo neodpovídají znaku v mapové legendě a tímto lehce porušují kartografické pravidlo, že znaky v mapové legendě musí odpovídat znakům použitým v mapovém poli.

Testování využitých metod

Uživatelské testování zahrnuté v této diplomové práci mělo za cíl ověřit použité základní metody. Bylo zjištěno, že v případě mapy využívající prostorový terén byl vjem prostoru z *Wiggle* efektu viditelný pro většinu respondentů. Naopak u aplikace *Wiggle* stereoskopie na metody tematické kartografie docházelo v některých případech k problémům s prostorovým vjemem a možnosti odečítání informací. Bylo by vhodné tento efekt dále testovat a z výsledků se pokusit najít nejlepší možné trojdimenzionální znakové reprezentace pro jednotlivé kartografické metody. Zároveň by mohlo být určeno, u kterých map dochází ke zlepšení odečítání informací, které mapy jsou pouze atraktivnější pro pozorovatele a u kterých dochází naopak k nesprávnému čtení. Vhodnou metodou jak otestovat *Wiggle* stereoskopické výstupy je sledování pohybu očí na eye trackingových přístrojích. Tato data by mohla umožnit výraznou optimalizaci *Wiggle* efektu u jednotlivých map.

Budoucnost prostorových tematických map v současnosti vypadá velmi pozitivně. Dochází k velkému rozvoji brýlí a dalších nástrojů podporujících virtuální realitu s možností zprostředkovat prostorový vjem u tematické mapy. Vzhledem k tomu, že *Wiggle* efekt je založen na stereoskopických snímcích, je možné dvojice stereosnímků využité pro tvorbu animací zobrazit s malými korekcemi v podobných zařízeních.

10 ZÁVĚR

Hlavním cílem diplomové práce bylo ověřit tvorbu tematických map v autostereoskopickém zobrazení. Práce probíhala ve čtyřech na sebe navazujících částech. V první řadě byl prozkoumán autostereoskopický efekt společně s metodami tematické kartografie. Zadruhé byl vytvořen návod pro tvorbu prostorových tematických map. Třetí část práce byla věnována tvorbě výstupů a čtvrtá část obsahuje uživatelské testování vytvořených mapových vizualizací.

Pro teoretický základ práce byly využity publikace předních světových kartografů. Na základě rozboru těchto zdrojů byl vytvořen seznam metod tematické kartografie, který posloužil pro vytváření ilustračních mapových výstupů.

Programové prostředky pro tvorbu autostereoskopických mapových výstupů byly vybrány s ohledem vytvoření nejpřímějšího možného pracovního postupu. Softwarové produkty byly voleny tak, aby nedocházelo k nadbytečným přesunům a konverzím dat. Na základě tohoto předpokladu byly vybrány tři stěžejní programy a to ArcGIS 10.4, Corel Draw X7 a 3D Studio Max. Za účelem tvorby autostereoskopických výstupů a případně i některých metod tematické kartografie bylo nutné do těchto programů nahrát pomocné sady nástrojů a skriptů, které rozšiřovaly použitelnost vybraných softwarů.

Vzhledem k velkému počtu tematických metod byl z hlediska omezeného rozsahu práce vybrán jeden případ pro každou z metod, pro který byla vytvořena ilustrační mapová ukázka. Cílem těchto ukázek bylo nejen ověřit možnost logického a technického vytvoření dané mapy v autostereoskopickém provedení, ale zároveň naznačit směr, jakým by další mapy u tematické metody mohly být vytvářeny.

Postupně vznikl soubor 29 ilustračních mapových výstupů a jeden výstup doplňkový, které představují možný způsob jak trojdimenzionální mapy tvořit. Kvůli častým odchylkám od popsaných pracovních postupů při tvorbě ukázek byly k jednotlivým proveditelným i neproveditelným možnostem tvorby map tematické kartografie vypracovány komentáře. Obsahem pokrývají jak tvorbu, tak v některých případech i výhody či nevýhody použití *Wiggle* stereoskopické metody u dané tematické mapy.

V závěru práce bylo provedeno uživatelské testování vytvořených ilustračních map. Cílem tohoto testování bylo ověřit, zdali je možné z *Wiggle* stereoskopického efektu aplikovaného u mapy sledovat vjem hloubky. Dále bylo zkoumáno, zda respondentům přijde autostereoskopická ukázka atraktivní a jestli shledávají trojdimenzionální vizualizaci za přínosnou.

Ve výsledku je diplomová práce souborem tematických map, které ilustrují možné použití autostereoskopie v tematické kartografii. Ukazují, jakými způsoby je možné vizualizovat tematická prostorová data. Dále nastiňují možnosti, jak tyto mapy mohou být vytvořeny a graficky zpracovány. Diplomová práce prokázala, že autostereoskopie je metodou, která ve správném použití rozšiřuje možnosti použití tematických map.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

- ALTOFT, John, 2011. *Data Visualization for ESM and ELINT Visualizing 3D and Hyper Dimensional Data Defence R & D Canada – Ottawa* [online; cit. 4. 5. 2016]. ISBN 216545131456. Dostupné z: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA554566>
- AUTODESK, 2016. *Stereo Camera for 2015/2016* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2016. Dostupné z: <https://apps.autodesk.com/3DSMAX/en/Detail/Index?id=1556853397419214236&appLang=en&os=Win64>
- AUTRATA, Rudolf, 2002. *Nauka o zraku*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví. ISBN 8070133627.
- BALASUBRAMANIAN, Karuppanan, 2013. Autostereoscopic Imaging Techniques for 3D TV : Proposals for Improvements. roč. 9, č. 8, s. 666–672.
- BOURKE, Paul, 2002. *Stereographics theory* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2002. Dostupné z: <http://paulbourke.net/exhibition/vpac/theory.html>
- CAVANAGH, Patrick a George MATHER, 1989. Motion: The long and short of it. *Journal of Chemical Information and Modeling*. roč. 53, s. 1689–1699. ISSN 1098-6596. DOI:10.1017/CBO9781107415324.004
- CURTIN, Dennis, 2011. *Stereo photography* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2011. Dostupné z: <http://www.shortcourses.com/stereo/stereo1-17.html>
- DEMPSEY, Caitlin, 2012. *How To Make Area Cartogram Maps in ArcGIS* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2012. Dostupné z: <https://www.gislounge.com/how-to-make-area-cartogram-maps-in-arcgis/>
- DODGSON, Neil A., 2005. Autostereoscopic [online; cit. 4. 5. 2016]. s. 31–36. Dostupné z: doi:0018-9162/05
- FIELD, Kenneth, 2015. *Take your terrain mapping to new heights* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2015. Dostupné z: <https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2015/05/21/take-your-terrain-mapping-to-new-heights/>
- FIELD, Kenneth a Linda BEALE, 2015. *Terrain Tools Sample v1.0 beta* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2015. Dostupné z: <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=4b2ea7c5f87d476a8849c804b81667aa>
- FUKA, Josef a Bedřich HAVELKA, 1961. *Optika a atomová fyzika: část 1. optika*. Státní pedagogické nakladatelství.
- GIFMAKER.ME a XDGIF.COM, 2012. *Gif maker* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2012. Dostupné z: <http://gifmaker.me/>

- GNU, 2016. *Why There Are No GIF Files on GNU Web Pages* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2016. Dostupné z: <https://www.gnu.org/philosophy/gif.html>
- GRÉZLOVÁ, Jana, 2011. *3D Vidění* [online; cit. 4. 5. 2016]. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: <http://theses.cz/id/aj0vvc/?furl=%2Fid%2Faj0vvc%2F;so=nx;lang=en>
- GROSS, Tom, 2015. *Cartogram geoprocessing tool* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2015. Dostupné z: <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=d348614c97264ae19b0311019a5f2276>
- GUILLOT, B.J., 2001. A History of Parallax and Brief Introduction to Standard Candles. s. 1–44.
- HAKALA, Jussi, 2010. *The added value of stereoscopy in still images*. Alato University
- KÁBRT, Milan, 2015. *Aplikovaná statistika* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2015. Dostupné z: <http://www.milankabrt.cz/testNezavislosti/>
- KRAAK, M a Ferjan ORMELING, 2003. *Cartography*. 2nd ed. New York: Prentice Hall. ISBN 01-308-8890-7.
- LANDY, M S, B a DOSHER, G SPERLING a M E PERKINS, 1991. The Kinetic Depth Effect and Optic Flow .2. 1st-Order and 2nd-Order Motion. *Vision Res.* roč. 31, č. 5, s. 859–876.
- LORENZ, Marc, 2015. *Populate Terrain* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2015. Dostupné z: <http://populate3d.com/products/terrain/>
- NEČASOVÁ, Hana, 2007. *Dvojstředové promítání, anaglyfy* [online; cit. 4. 5. 2016]. Masarykova univerzita v Brně. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/78316/prif_m/
- PEZZULLO, John, 2016. *Calculation for the Chi-Square Test* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2016. Dostupné z: <http://www.quantpsy.org/chisq/chisq.htm>
- REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA, 2016. *Encyklopedie fyziky* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2016. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/488-zorne-pole>
- ROBINSON, Arthur Howard, Joel MORRISON, Phillip MUEHRCKE a Jon KIMERLING, 1995. *Elements of cartography*. 6th ed. New York: John Wiley & Sons. ISBN 0471555797.
- SLOCUM, Terry, Robert MCMASTER, Fritz KESSLER a Hugh HOWARD, 2009. *Thematic Cartography and Geovisualization*. ISBN 978-0-13-229834-6.
- STINE, Dan, 2015. *Revit 2016's New Physical-Realistic Rendering Engine* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2015. Dostupné z: <http://www.aecbytes.com/tipsandtricks/2015/issue72-revit.html>

- STREET, Pembroke, 1997. Autostereo displays: 3D without glasses [online; cit. 4. 5. 2016]. roč. 97, č. c, s. 18–20. Dostupné z: <http://neildodgson.com/pubs/EID97.pdf>
- UNISYS, 2004. *LZW Patent Information* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2004. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20090602212118/http://www.unisys.com/about_unisys/lzw
- VLACHOVÁ, Jana, 2009. *Stereoskopické promítání*. Univerzita Karlova v Praze.
- VOŽENÍLEK, Vít a Jaromír KAŇOK, 2011. *Metody tematické kartografie*. ISBN 978-80-244-2790-4.
- WEB3D, 1997. *The Virtual Reality Modeling Language* [online; cit. 4. 5. 2016]. 1997. Dostupné z: <http://www.web3d.org/documents/specifications/14772/V2.0/index.html>
- YU, Tong, 2010. *An introduction to 3D Movies* [online; cit. 4. 5. 2016]. 2010. Dostupné z: <http://www.csci.csusb.edu/tongyu/courses/cs621/notes/3dmovies.php>
- ZHU, Zhe, Ralph R. MARTIN, Robert PEPPERELL a Alistair BURLEIGH, 2016. 3D modeling and motion parallax for improved videoconferencing. *Computational Visual Media*. roč. 2, č. x, s. 1–12. ISSN 2096-0433. DOI:10.1007/s41095-016-0038-4

SEZNAM ILUSTRACÍ

- Obr. 1: Vývojový diagram postupu magisterské práce.
- Obr. 2: Zorný úhel dvou stejně dlouhých úseček v různé vzdálenosti od oka (Nečasová, 2007).
- Obr. 3: Konvergence očních os u (b) blízkého bodu A a (a) velmi vzdáleného bodu A_{∞} (Vlachová, 2009).
- Obr. 4: Off-axis a toe-in nastavení os kamer (Bourke, 2002).
- Obr. 5: Ilustrace plochy nulové paralaxy a oblastí s pozitivním a negativním paralaktickým úhlem (Yu, 2010).
- Obr. 6: Ukázka lentikulárního displeje (a), paralaktické bariéry (b) a displeje s poloprůhledným zrcadlem (c) (Dodgson, 2005).
- Obr. 7: Ilustrace chyb při použití Base Heights extruzní funkce u více vektorových vrstev.
- Obr. 8: Postup práce s vektorovými daty v programu Corel Draw X7.
- Obr. 9: Nastavení při importu VRML souboru.
- Obr. 10: Nastavení importu DWG souboru.
- Obr. 11: Možnosti nastavení pluginu Populate Terrain.
- Obr. 12: Postup zpracování terénu – A vrstevnice, B terén triangulovaný v programu 3D Studio Max a C aplikace Populate Terrain 1.86.
- Obr. 13: Slate material editor.
- Obr. 14: Ukázka pluginu Stereo cameras.
- Obr. 15: Příklad struktury složkového systému na DVD příloze.
- Obr. 16: Graf výsledků uživatelského testování.
- Obr. 17: Výpočet hodnoty Chí-Kvadrátu (Pezzullo, 2016).

PŘÍLOHY

Seznam příloh

Vázané přílohy:

- Příloha 1: Metoda bodových znaků s prostorovým reliéfem
- Příloha 2: Metoda bodových znaků s prostorovými znaky
- Příloha 3: Metoda bodových znaků s kombinací prostorových znaků a reliéfu
- Příloha 4: Metoda liniových znaků s prostorovým reliéfem
- Příloha 5: Metoda liniových znaků s prostorovými znaky
- Příloha 6: Metoda plošných znaků s prostorovým reliéfem
- Příloha 7: Metoda plošných znaků s průhlednými prostorovými znaky
- Příloha 8: Metoda plošných znaků s neprůhlednými prostorovými znaky
- Příloha 9: Metoda izolinií s prostorovým reliéfem
- Příloha 10: Metoda izolinií s prostorovými znaky
- Příloha 11: Metoda teček s prostorovým reliéfem
- Příloha 12: Metoda teček s prostorovými znaky
- Příloha 13: Metoda teček s kombinací prostorových znaků a reliéfu
- Příloha 14: Metoda kartodiagramu s prostorovým reliéfem
- Příloha 15: Metoda kartodiagramu s prostorovými znaky
- Příloha 16: Metoda kartodiagramu s kombinací prostorových znaků a reliéfu
- Příloha 17: Dasymetrická metoda s prostorovým reliéfem
- Příloha 18: Dasymetrická metoda s prostorovými znaky
- Příloha 19: Metoda kartogramu s prostorovým reliéfem
- Příloha 20: Metoda kartogramu s prostorovými znaky
- Příloha 21: Metoda šraf s prostorovým reliéfem
- Příloha 22: Metoda kartotypogramu s prostorovým reliéfem
- Příloha 23: Metoda kartotypogramu s prostorovými znaky
- Příloha 24: Metoda kartotypogramu s kombinací prostorových znaků a reliéfu
- Příloha 25: Metoda profilových linií s použitím prostorových znaků
- Příloha 26: Metoda šikmých profilových linií s použitím prostorových znaků
- Příloha 27: Metoda statistických povrchů s prostorovým reliéfem
- Příloha 28: Metoda statistického povrchu s prostorovým statistickým povrchem
- Příloha 29: Metoda kartografické anamorfózy s použitím prostorových znaků
- Příloha 30: Doplnková vizualizace scény budovy

Volné přílohy:

Příloha 31: Poster

Příloha 32: DVD 1

Příloha 33: DVD 2

Popis struktury DVD 1

Adresáře:

Data z tvorby ilustračních mapových příloh

Metoda bodových znaků

Metoda dasymetrická

Metoda izolinií

Metoda kartodiagramu

Metoda kartografické anamorfózy

Metoda kartogramu

Metoda kartotypogramu

Metoda liniových znaků

Metoda plošných znaků

Metoda profilových linií

Metoda statistických povrchů

Metoda šikmých profilových linií

Metoda teček

Scéna budovy

Ilustrační přílohy

Metadata

Textová část práce

Tiskové podklady

Poster

Uživatelské testování

Webové stránky

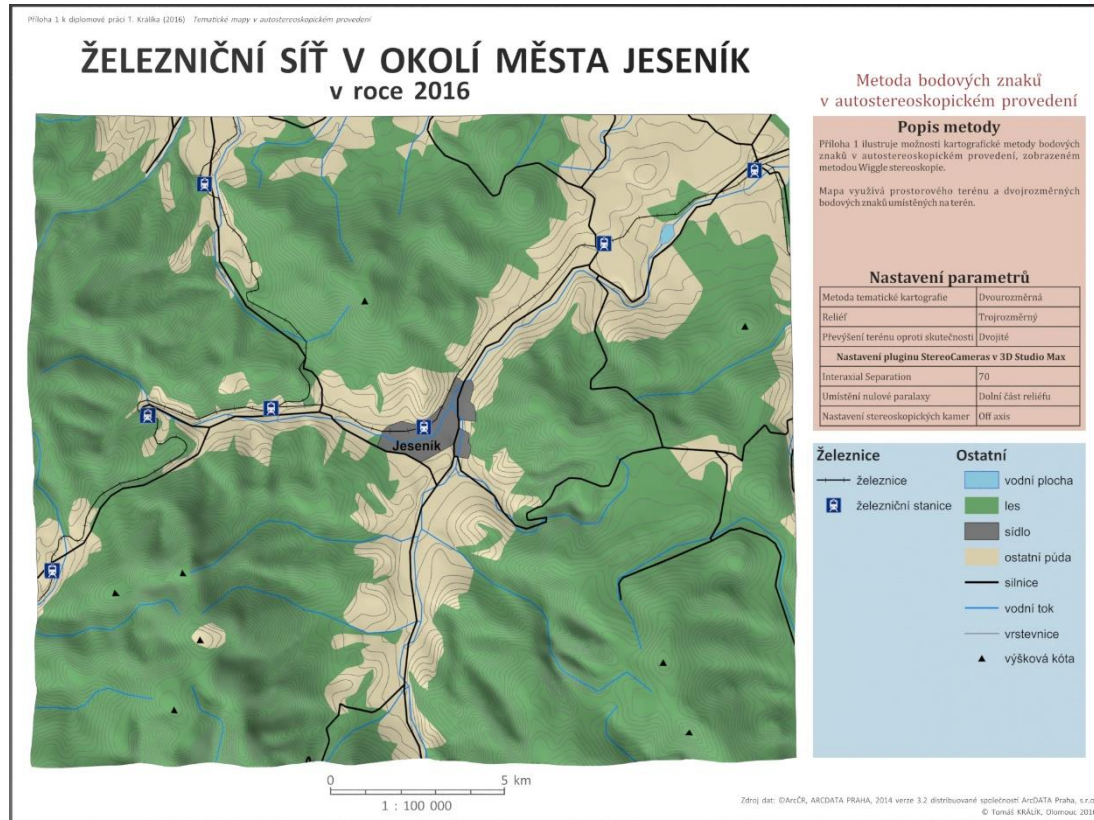
Popis struktury DVD 2

Adresáře:

Data z tvorby ilustračních mapových příloh

Metoda šraf

Příloha 1: Metoda bodových znaků s prostorovým reliéfem



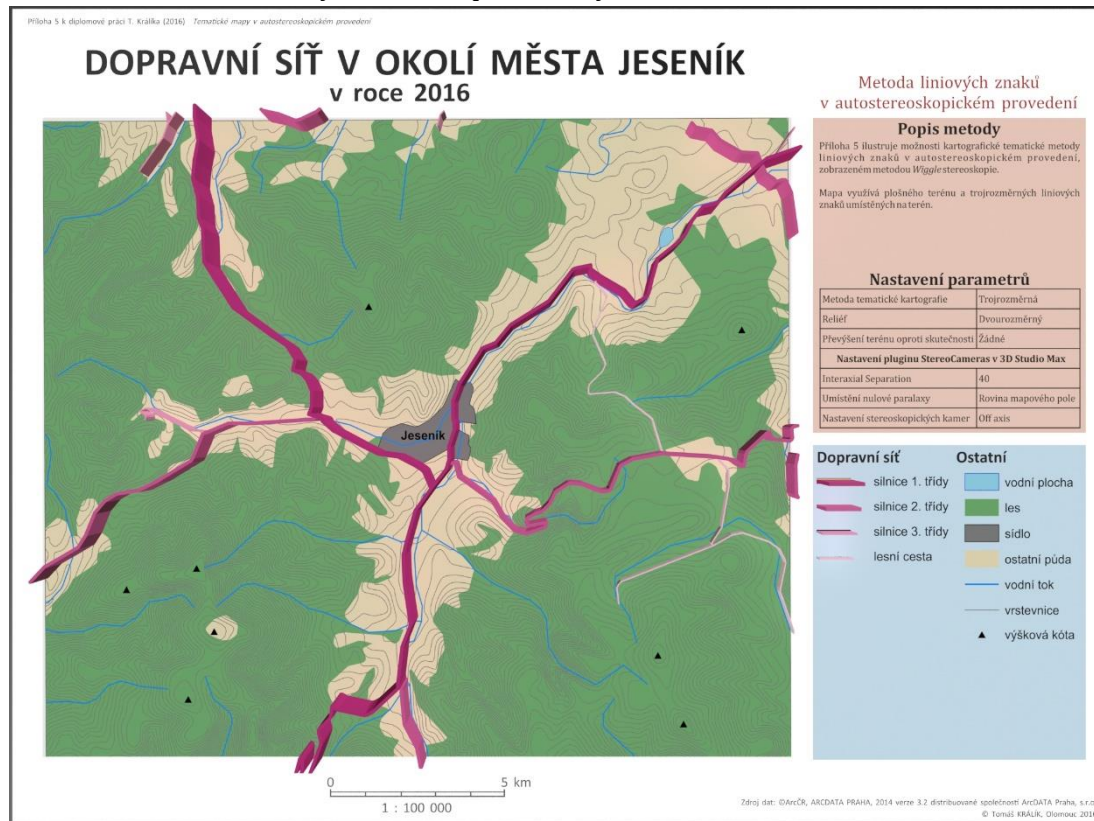
Příloha 2: Metoda bodových znaků s prostorovými znaky



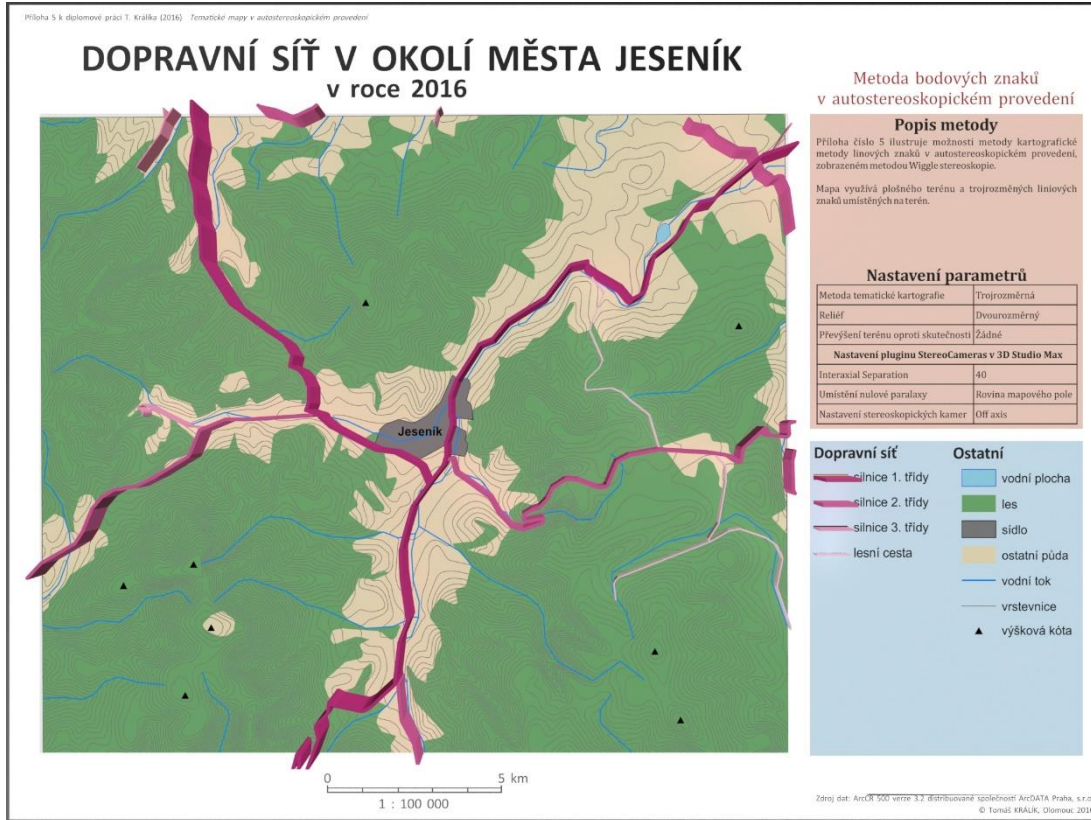
Příloha 3: Metoda bodových znaků s kombinací prostorových znaků a reliéfu



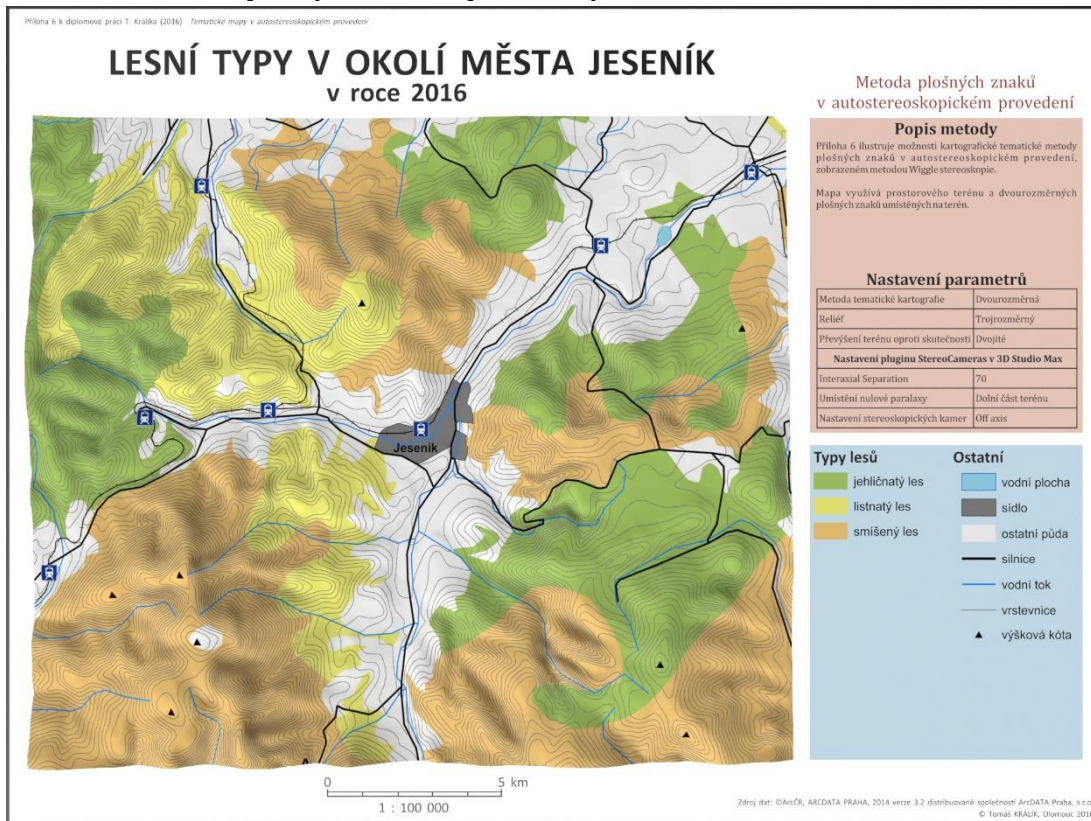
Příloha 4: Metoda liniových znaků s prostorovým reliéfem



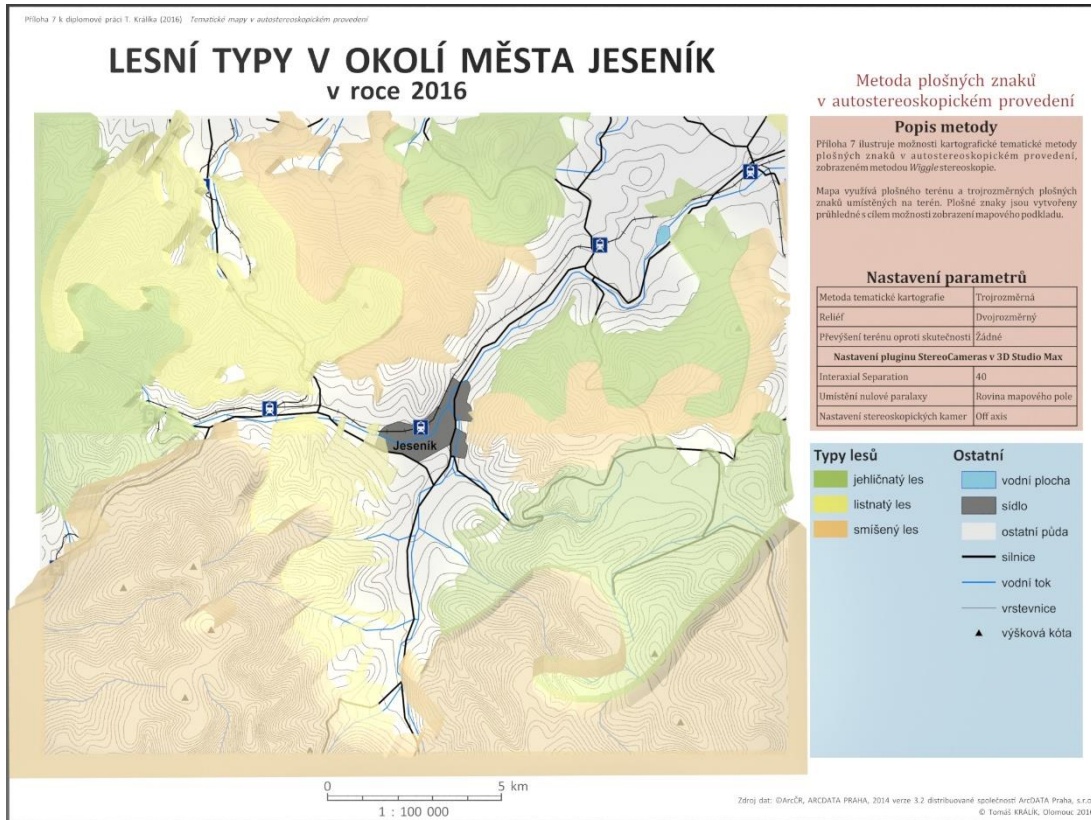
Příloha 5: Metoda liniových znaků s prostorovými znaky



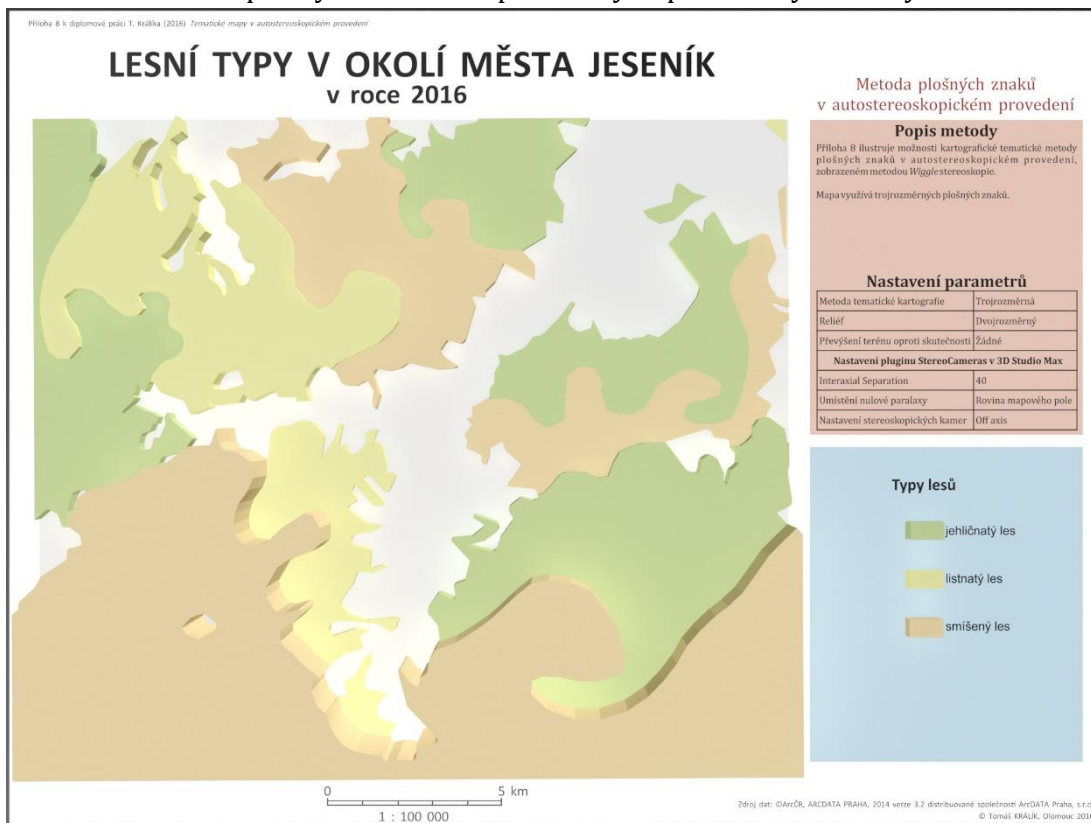
Příloha 6: Metoda plošných znaků s prostorovým reliéfem



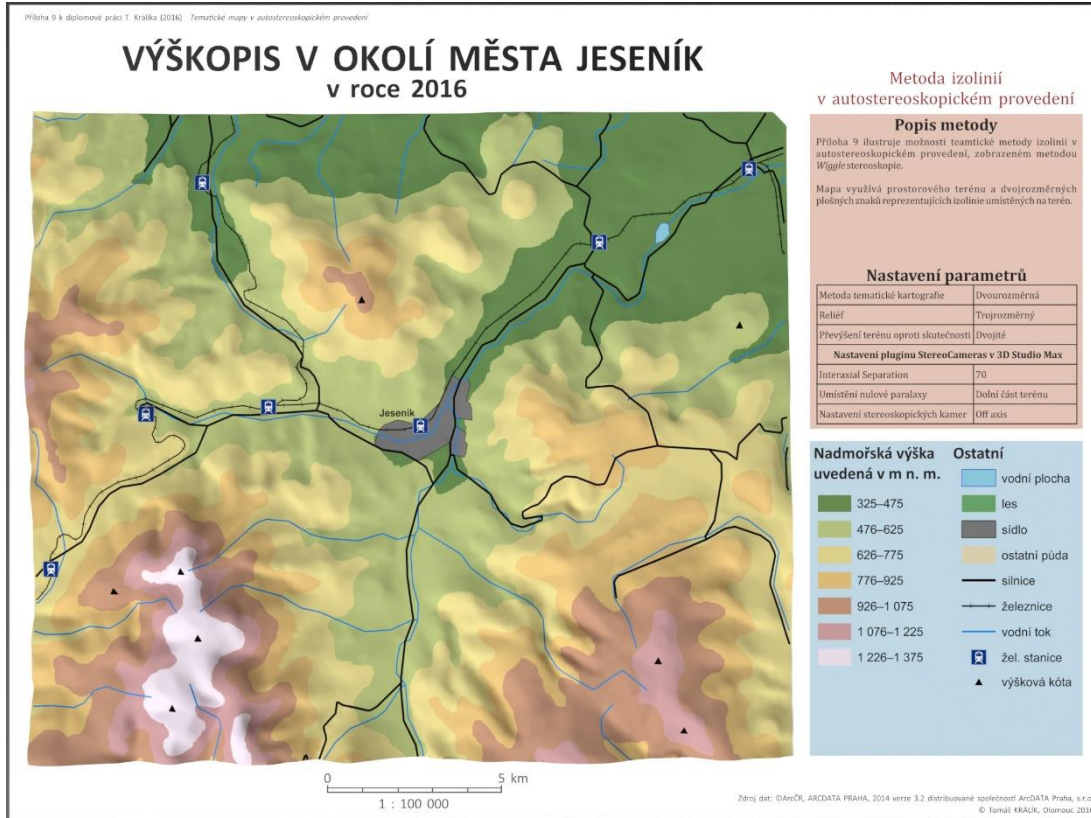
Příloha 7: Metoda plošných znaků s průhlednými prostorovými znaky



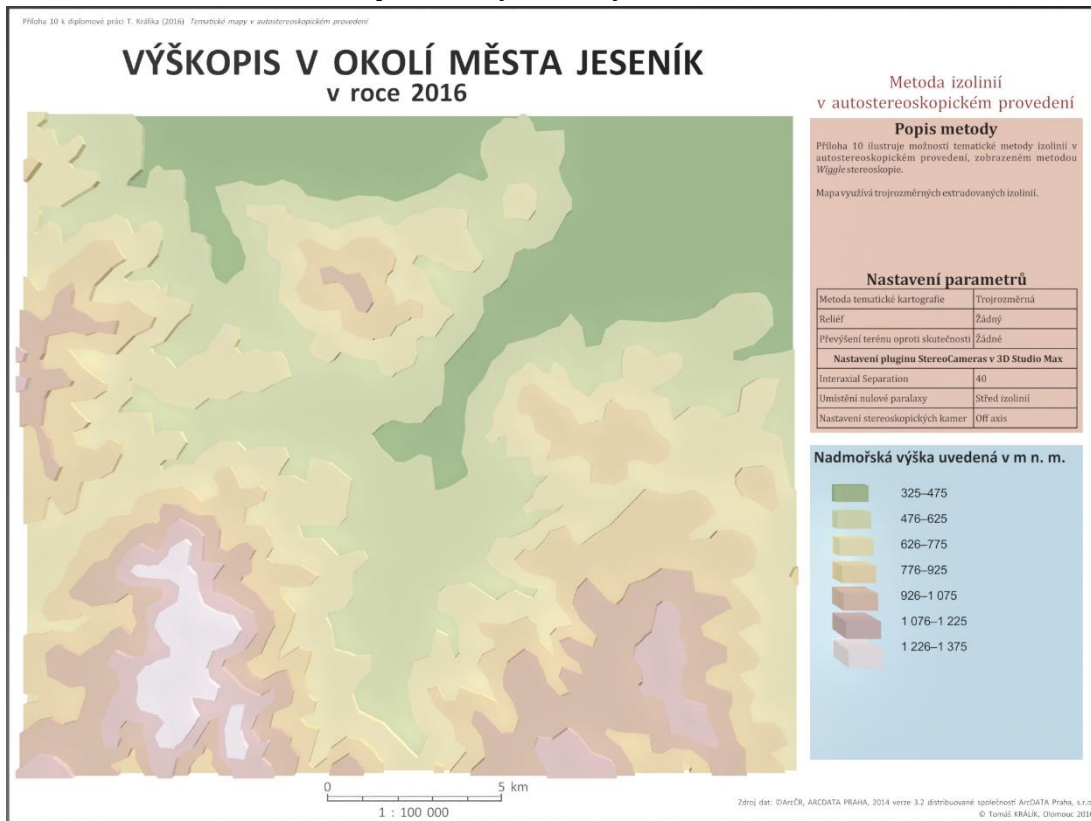
Příloha 8: Metoda plošných znaků s neprůhlednými prostorovými znaky



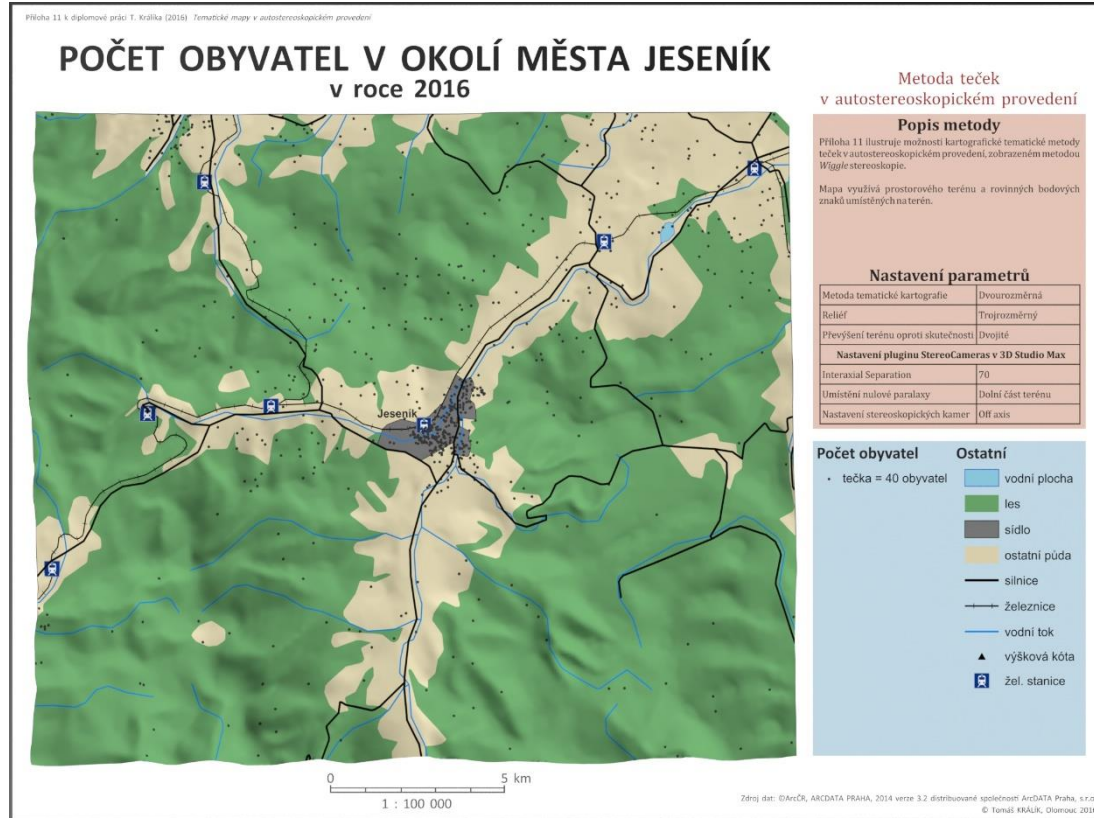
Příloha 9: Metoda izolinií s prostorovým reliéfem



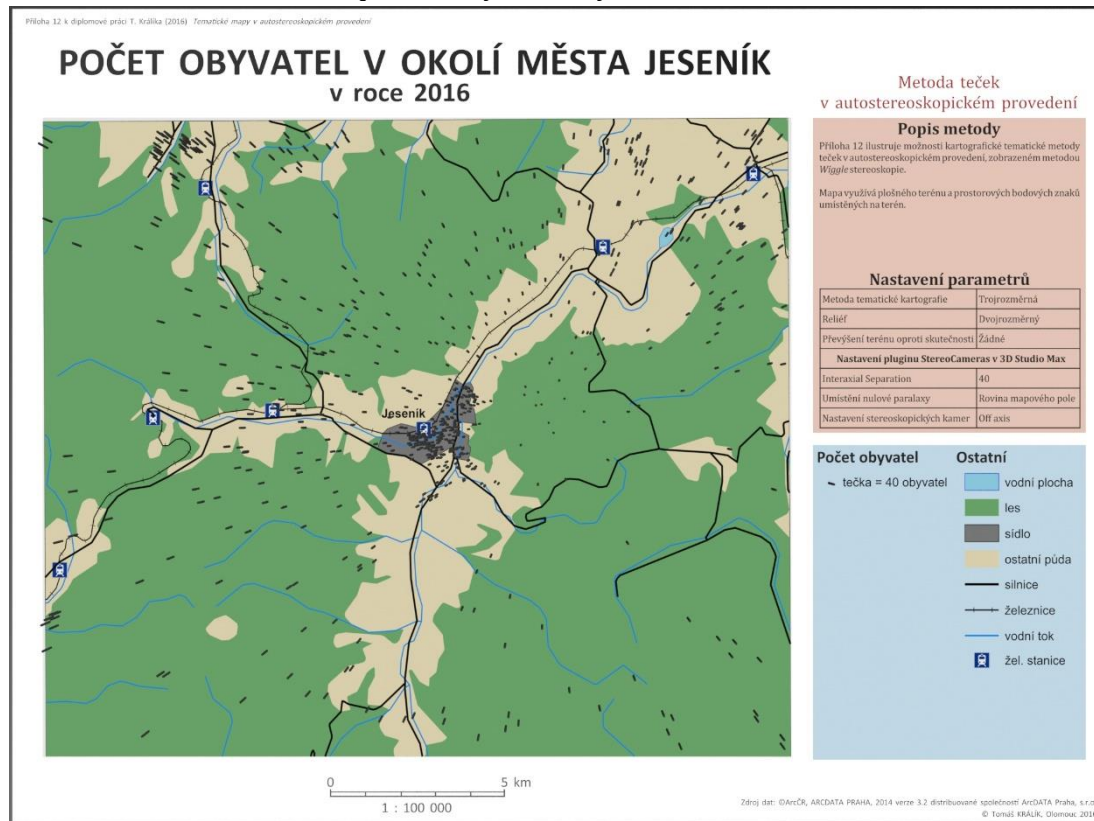
Příloha 10: Metoda izolinií s prostorovými znaky



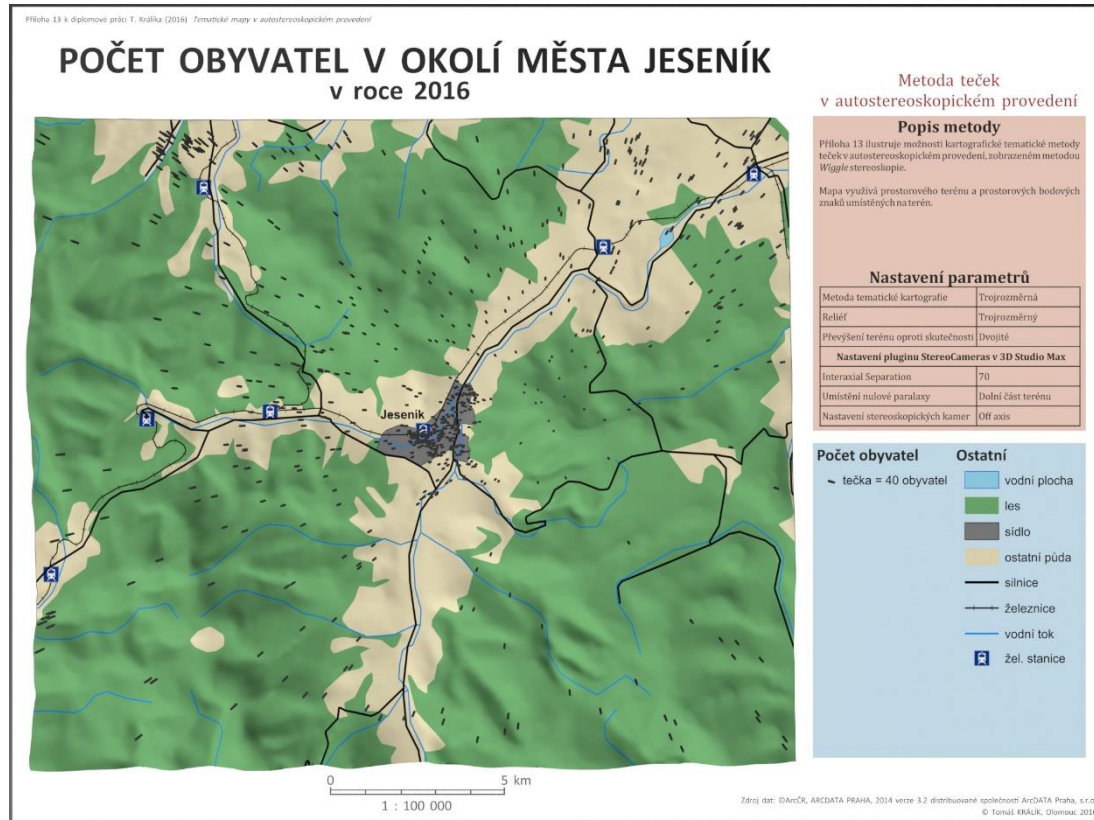
Příloha 11: Metoda teček s prostorovým reliéfem



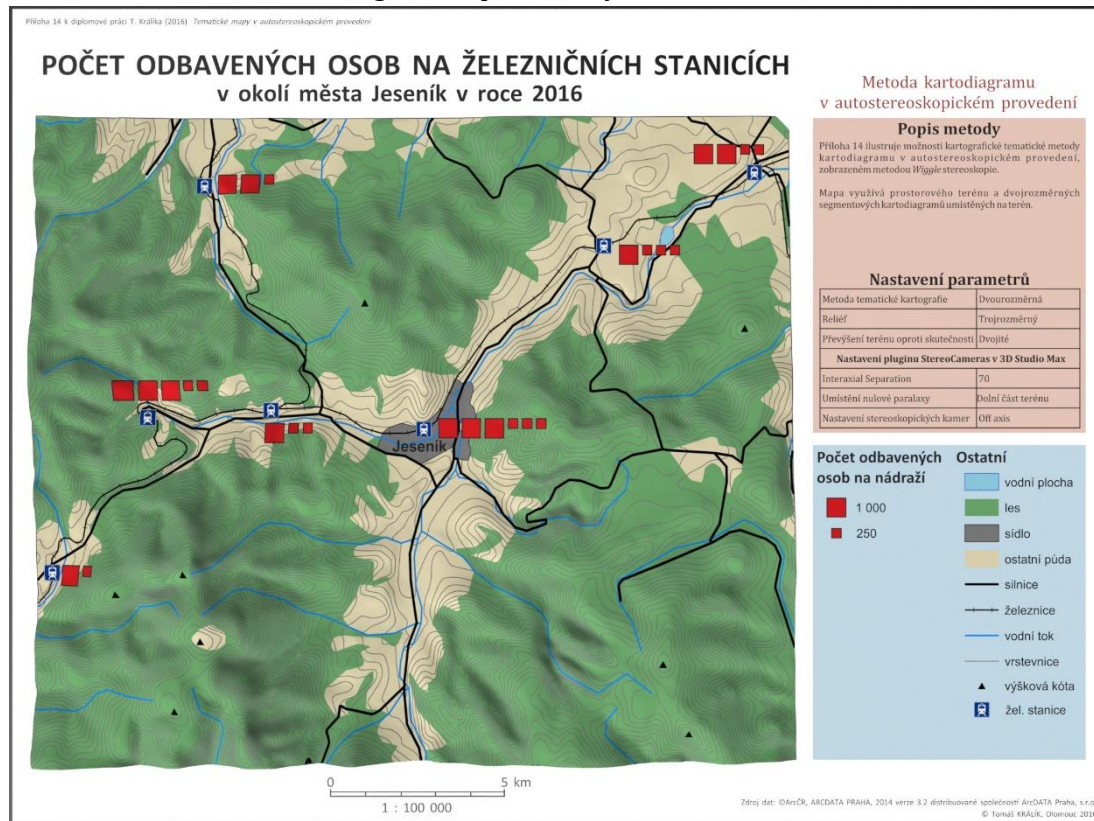
Příloha 12: Metoda teček s prostorovými znaky



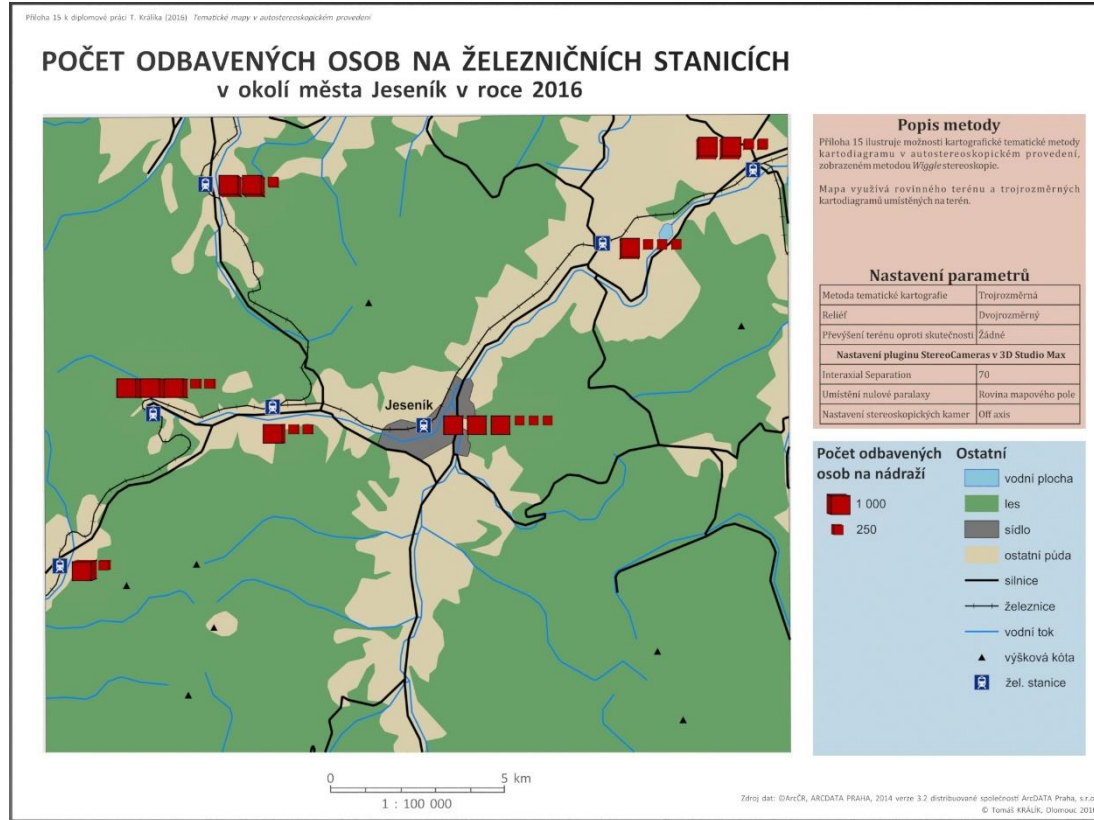
Příloha 13: Metoda teček s kombinací prostorových znaků a reliéfu



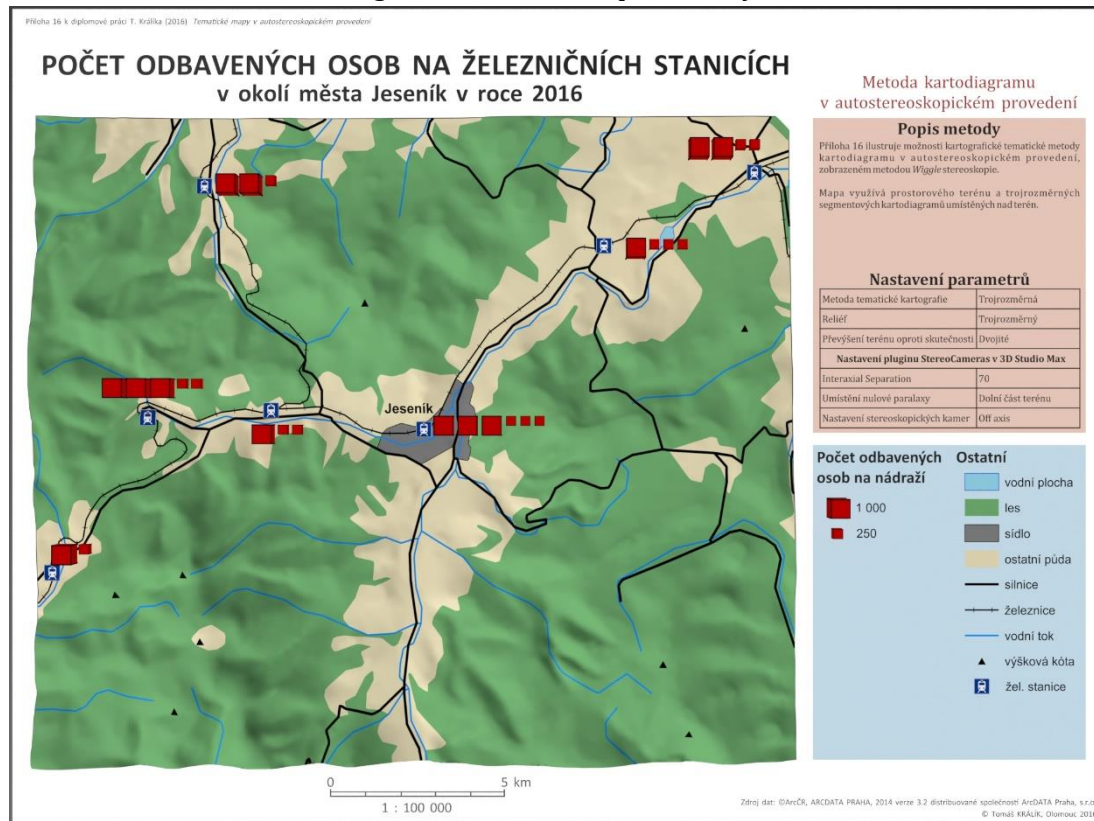
Příloha 14: Metoda kartodiagramu s prostorovým reliéfem



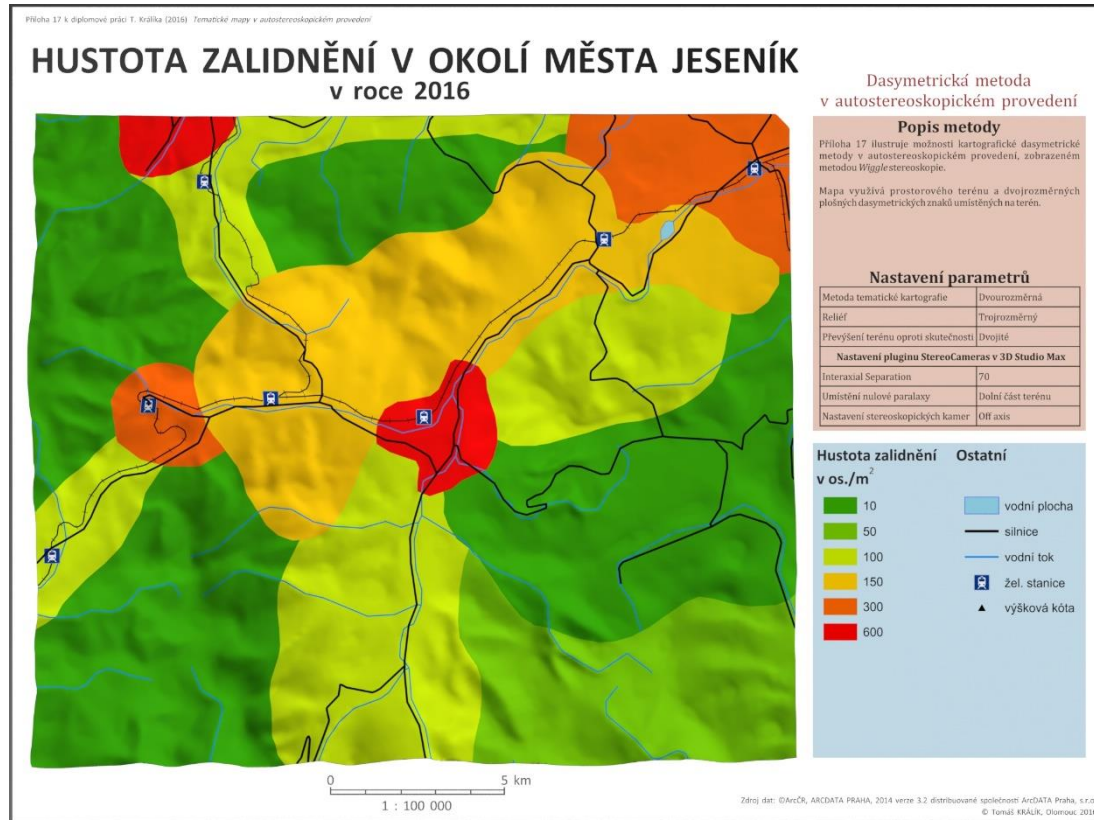
Příloha 15: Metoda kartodiagramu s prostorovými znaky



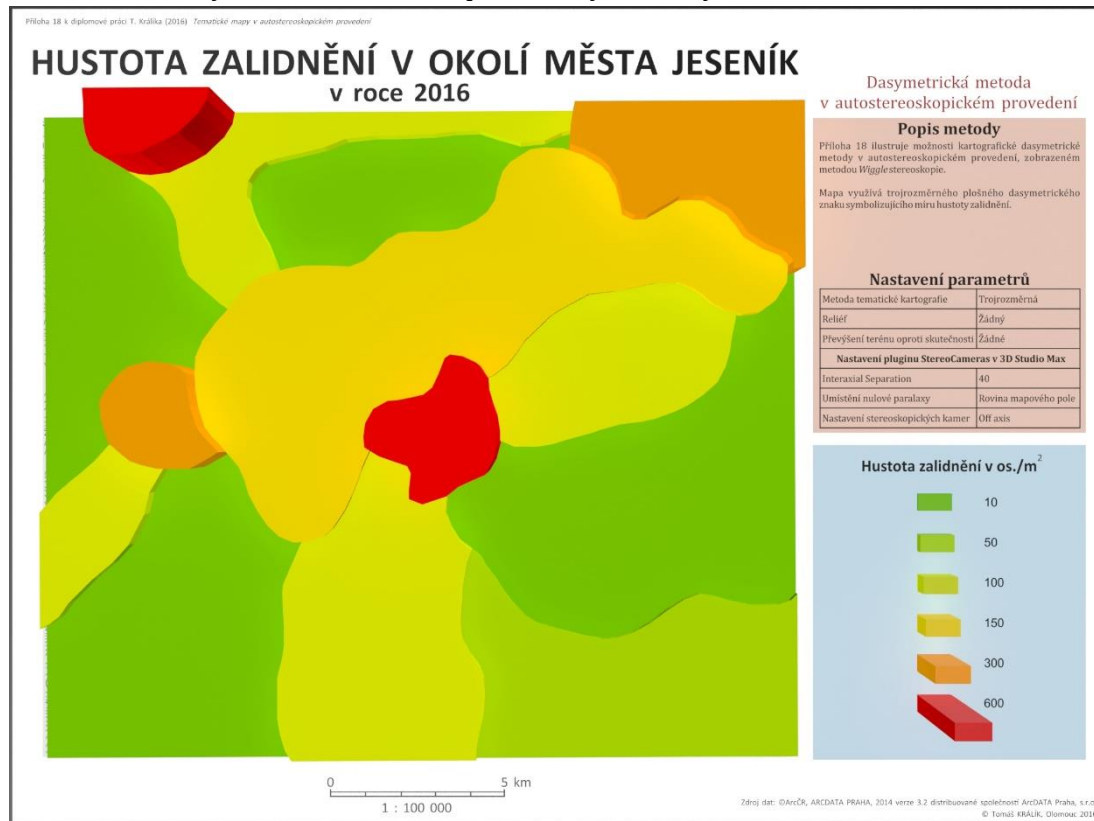
Příloha 16: Metoda kartodiagramu s kombinací prostorových znaků a reliéfu



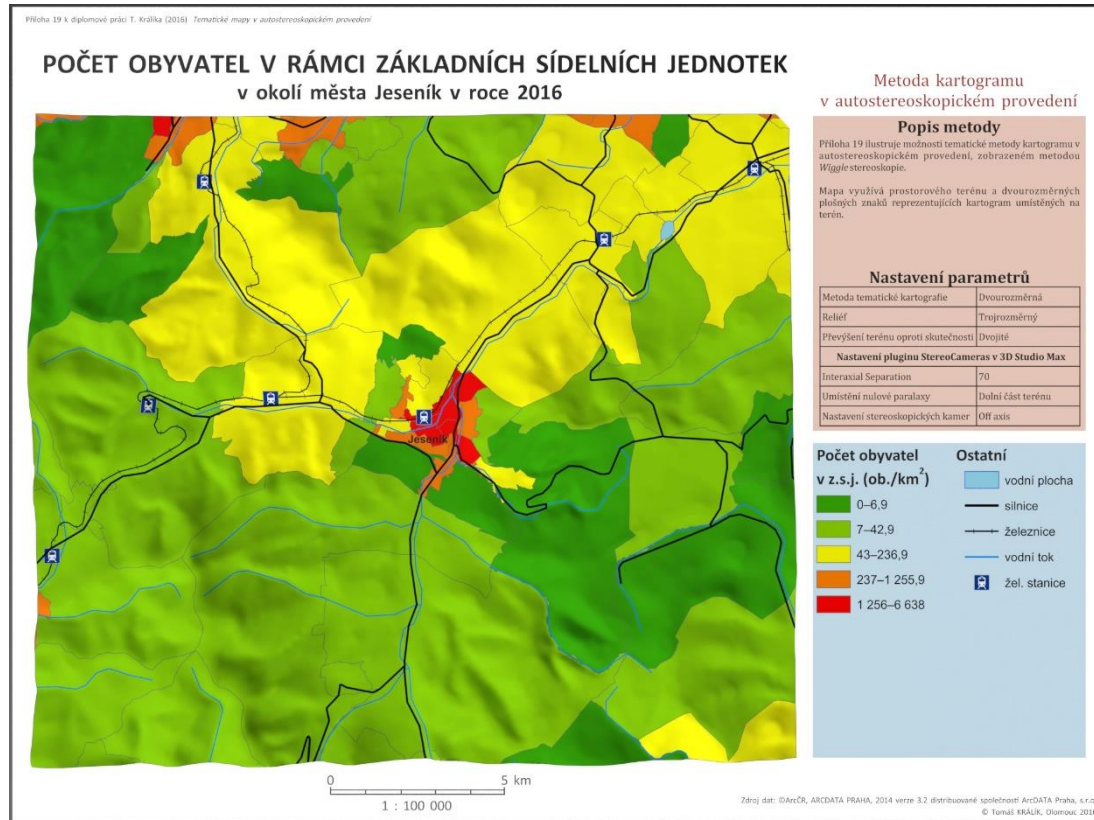
Příloha 17: Dasymetrická metoda s prostorovým reliéfem



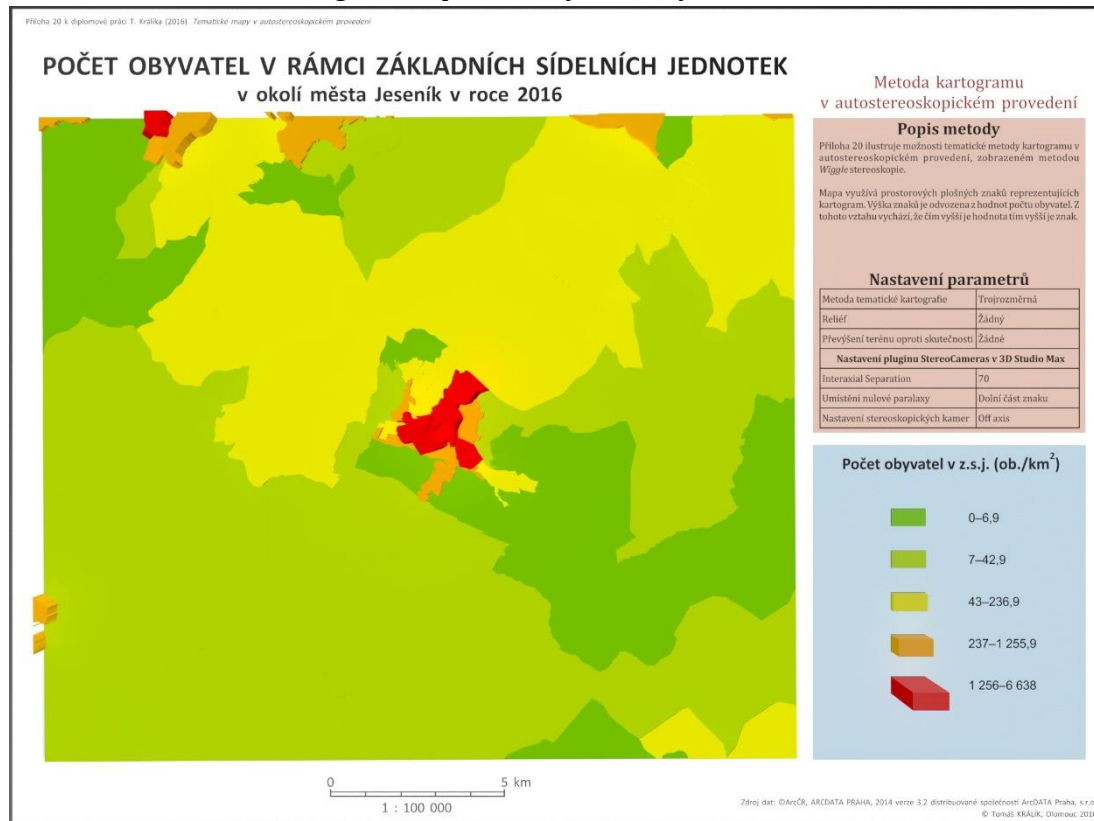
Příloha 18: Dasymetrická metoda s prostorovými znaky



Příloha 19: Metoda kartogramu s prostorovým reliéfem



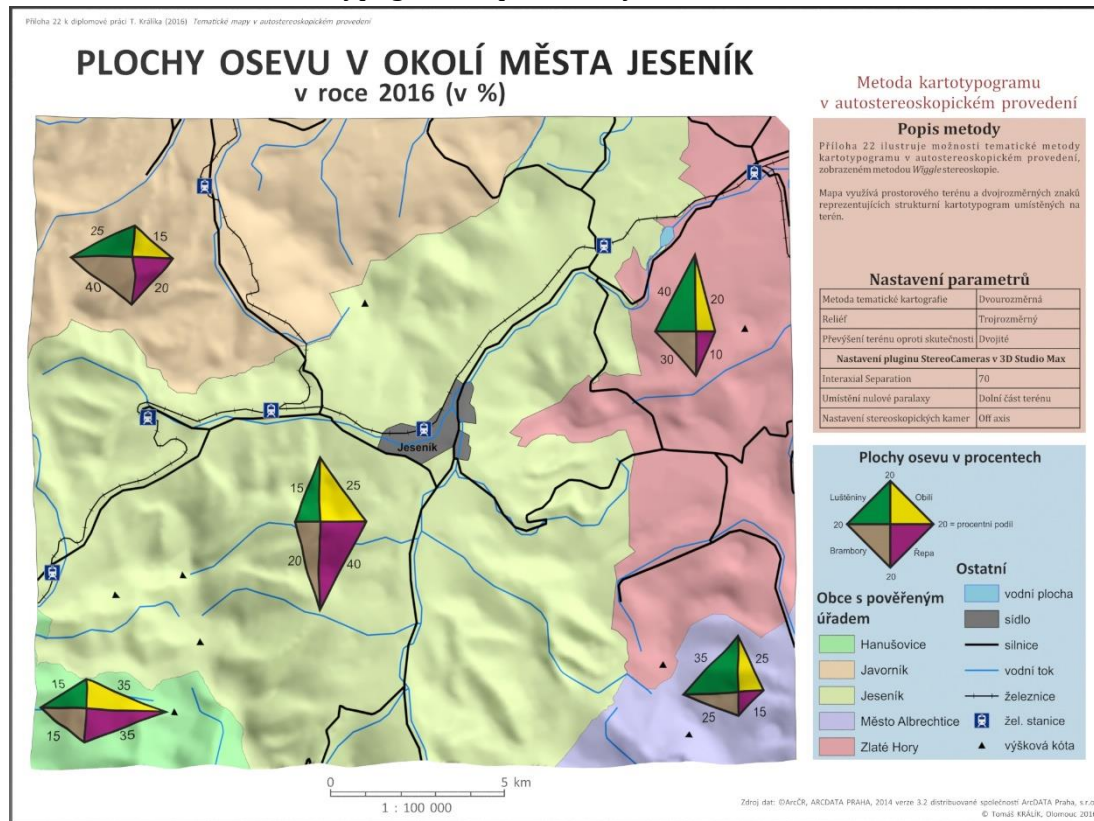
Příloha 20: Metoda kartogramu s prostorovými znaky



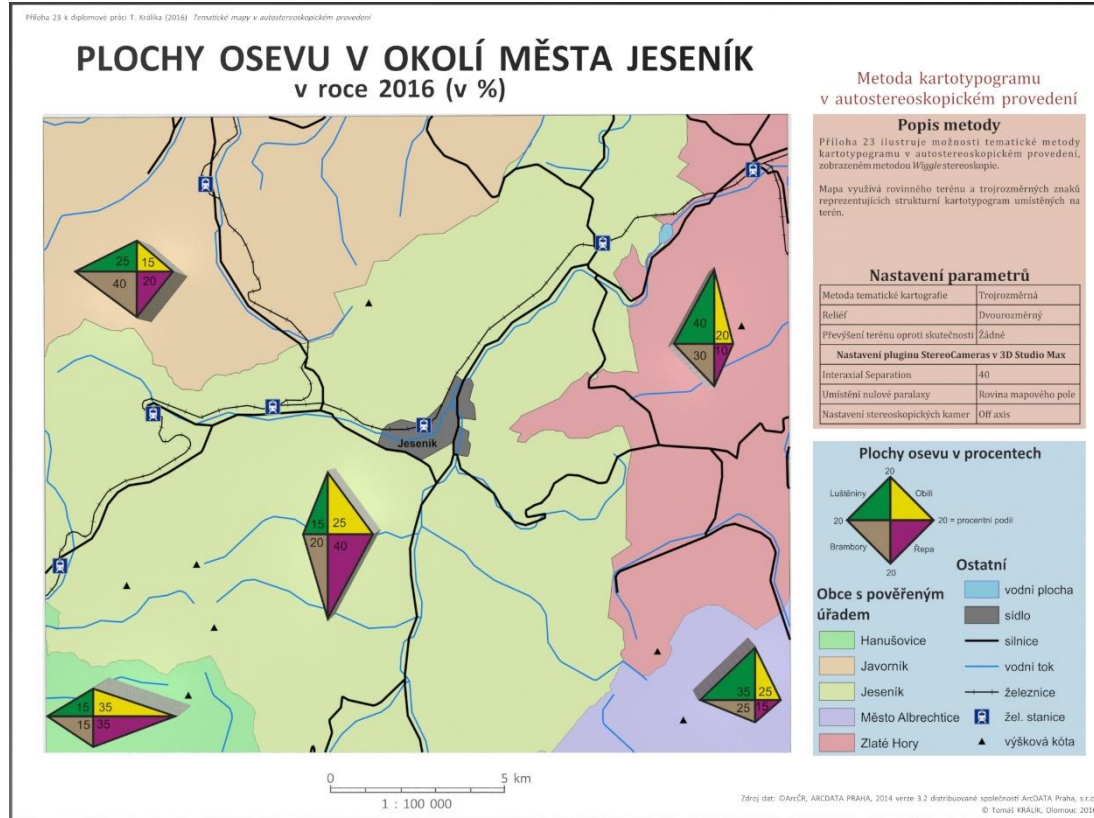
Příloha 21: Metoda šraf s prostorovým reliéfem



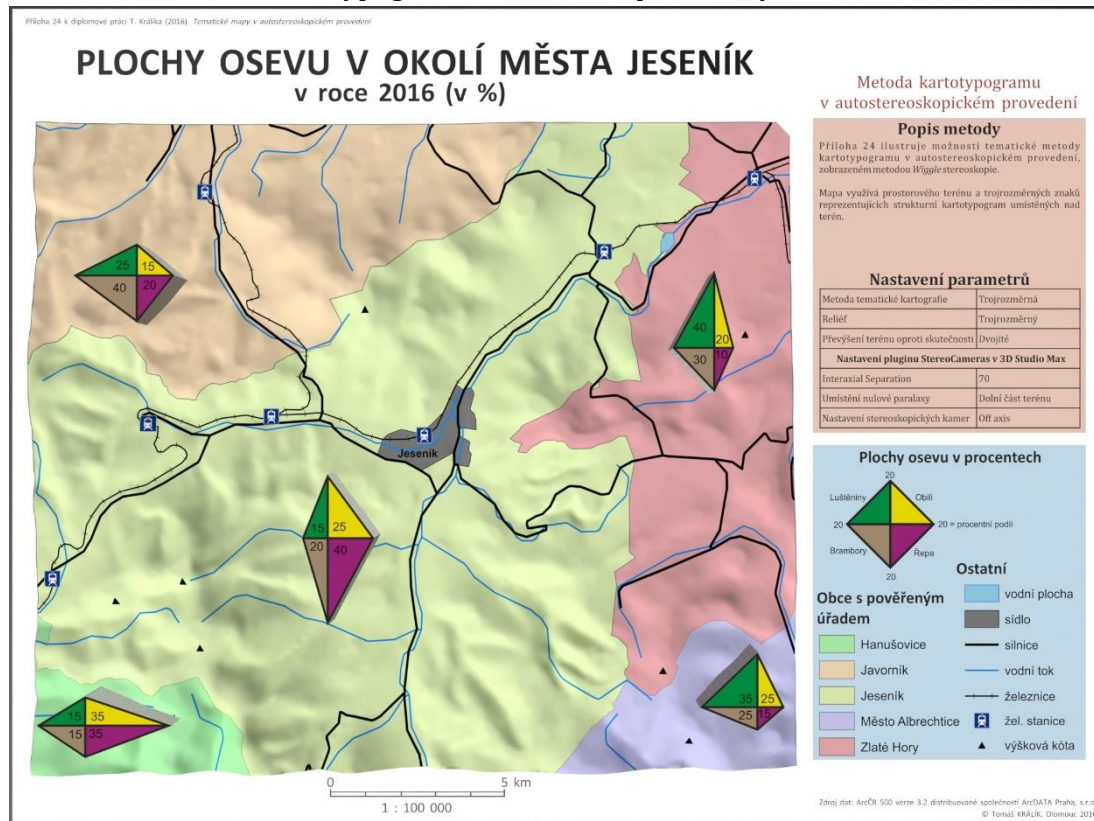
Příloha 22: Metoda kartotypogramu s prostorovým reliéfem



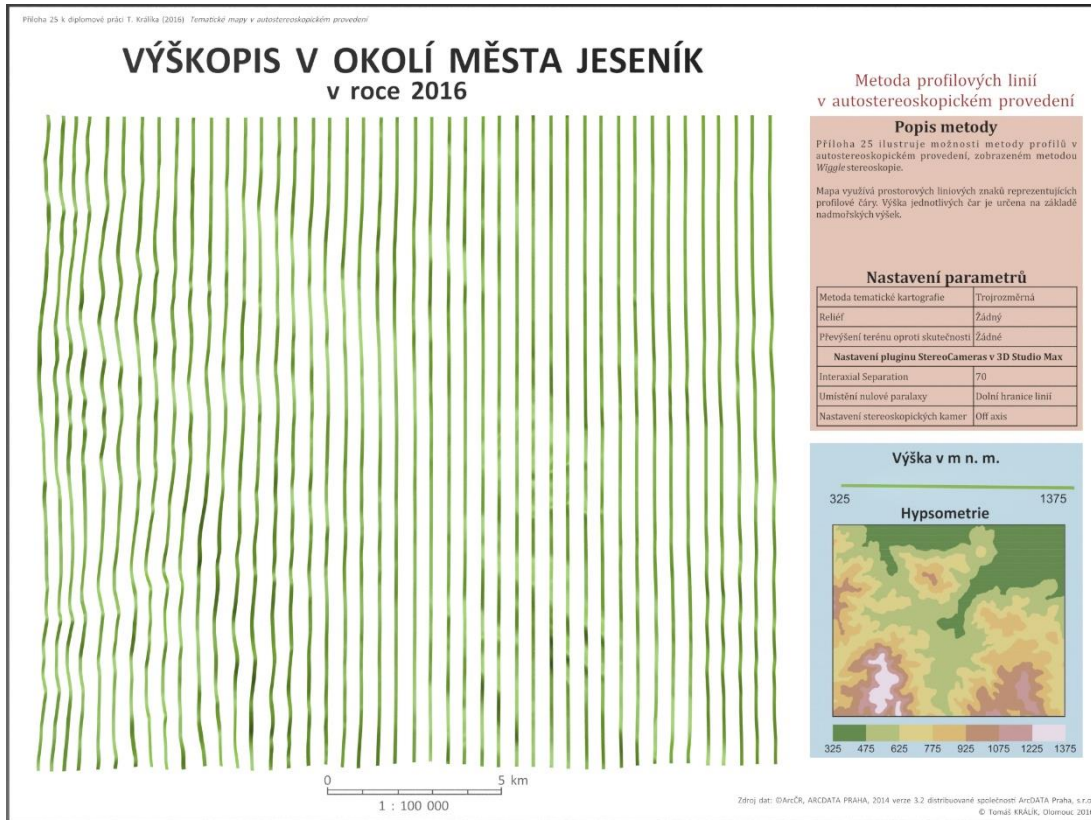
Příloha 23: Metoda kartotypogramu s prostorovými znaky



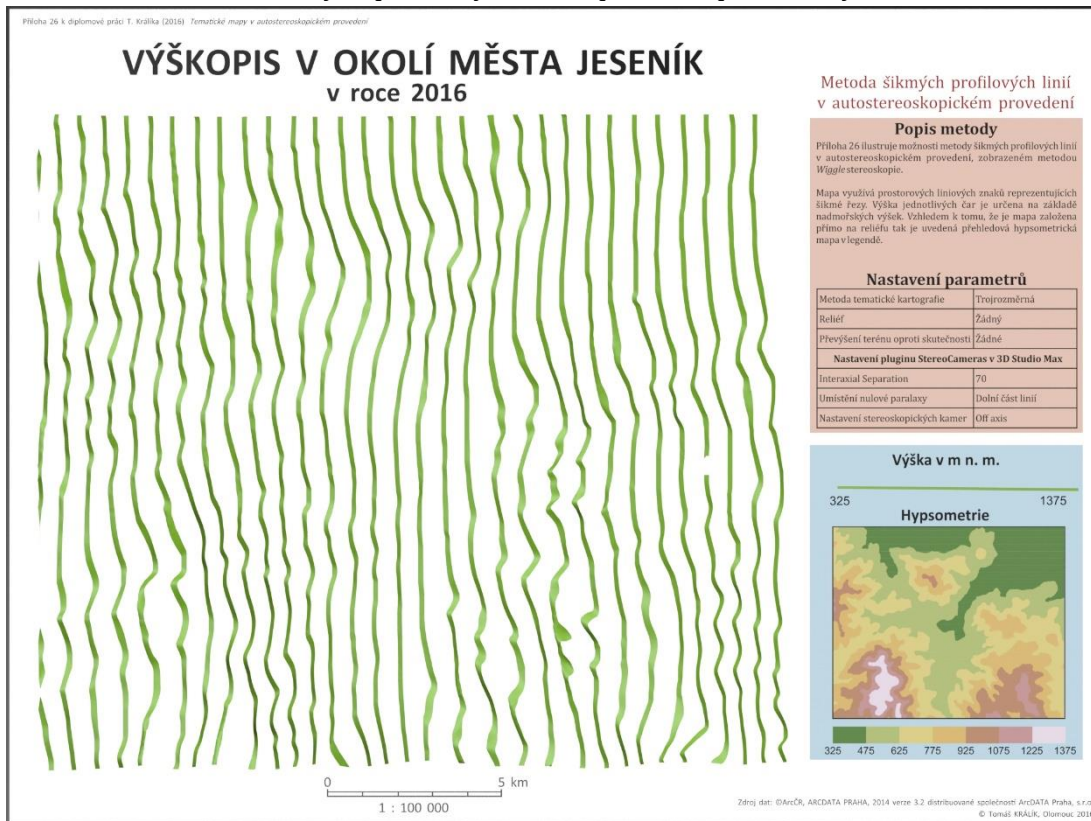
Příloha 24: Metoda kartotypogramu s kombinací prostorových znaků a reliéfu



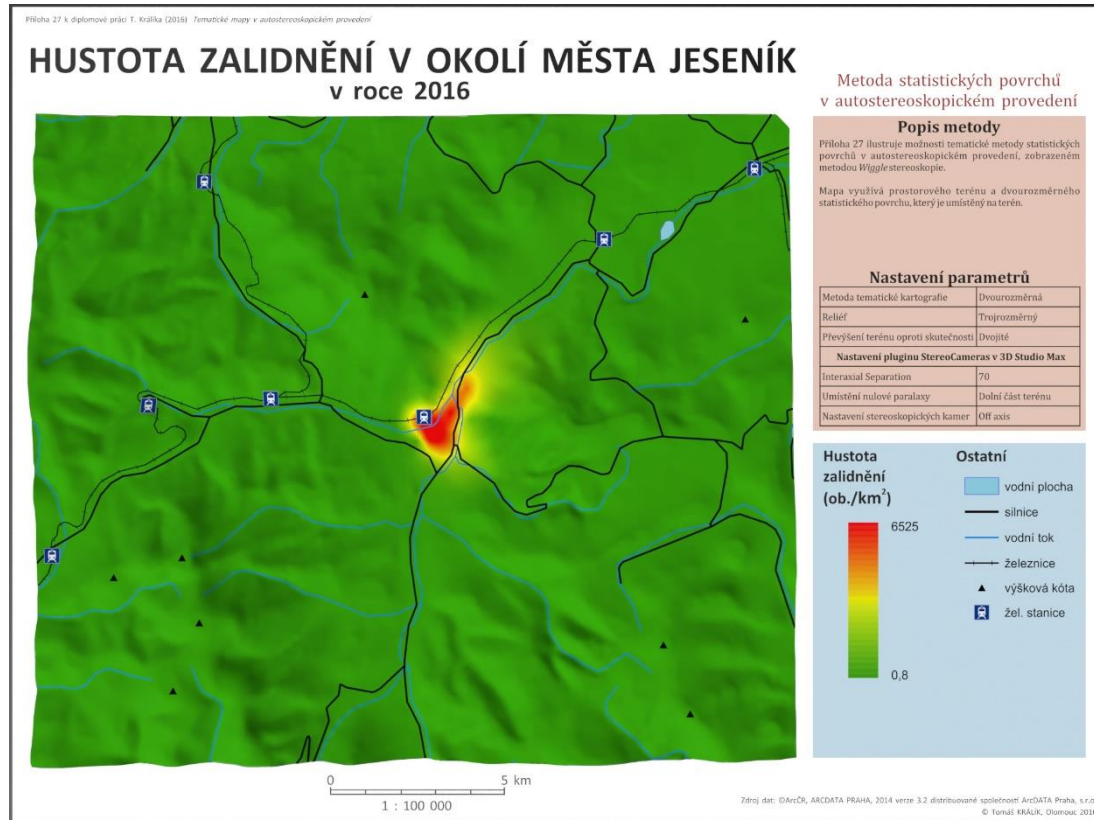
Příloha 25: Metoda profilových linií s použitím prostorových znaků



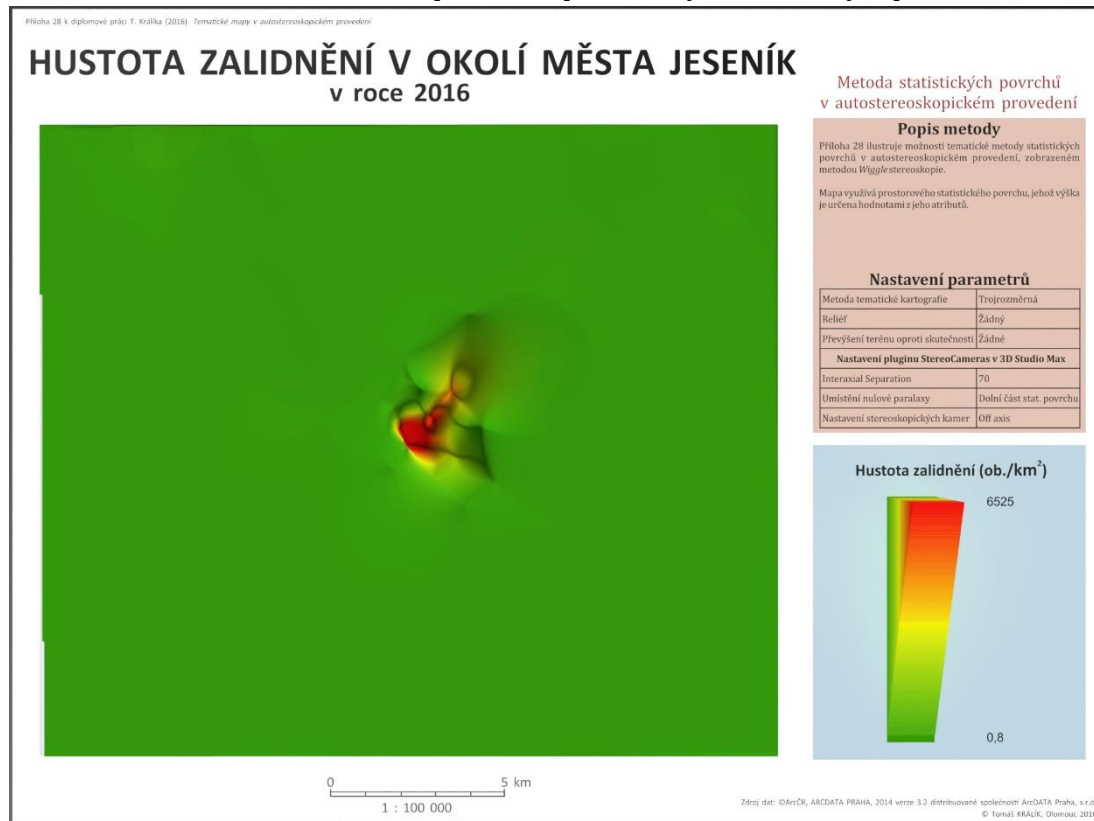
Příloha 26: Metoda šikmých profilových linií s použitím prostorových znaků



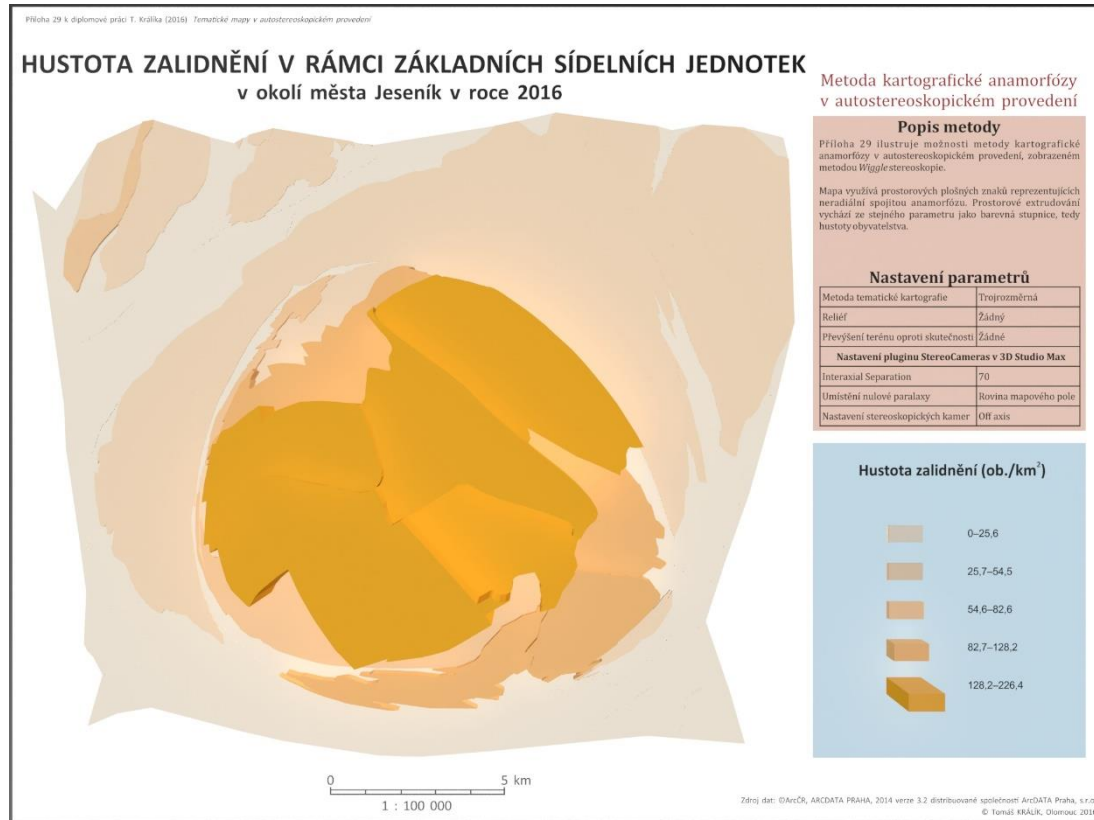
Příloha 27: Metoda statistických povrchů s prostorovým reliéfem



Příloha 28: Metoda statistického povrchu s prostorovým statistickým povrchem



Příloha 29: Metoda kartografické anamorfózy s použitím prostorových znaků



Příloha 30: Doplnková vizualizace scény budovy

