

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra Geoinformatiky

Bc. Stanislav POPELKA

**ANALÝZY VIDITELNOSTI
A JEJICH VIZUALIZACE**



Magisterská práce

Vedoucí práce: Prof. RNDr. Vít VOŽENÍLEK, CSc.

Olomouc 2010

Prohlašuji, že jsem předloženou práci na téma „Analýzy viditelnosti a jejich vizualizace“ vypracoval samostatně s využitím zdrojů, které cituji a uvádím v seznamu použitých pramenů a literatury.

V Olomouci, dne 2. 5. 2010

Stanislav Popelka

Děkuji Prof. RNDr. Vítu Voženílkovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při tvorbě magisterské práce.

Vysoká škola: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta: Přírodovědecká

Katedra: Geoinformatiky

Školní rok: 2008-2009

ZADÁNÍ MAGISTERSKÉ PRÁCE

pro Stanislava POPELKU

obor Geoinformatika

Název tématu:

ANALÝZY VIDITELNOSTI A JEJICH VIZUALIZACE VISIBILITY ANALYSIS AND THEIR VISUALISATION

Zásady pro vypracování:

Cílem magisterské práce je zhodnotit způsoby výpočtu a zobrazování viditelnosti krajiny. Student provede podrobnou rešerši možných způsobů analýz viditelnosti a jejich vizualizací pro různé uživatelské skupiny. Rozsahem se bude zabývat územím obce s rozšířenou působností. Student se zaměří na současné nejmodernější a nejdostupnější technologie (např. Google Earth API), maximálně využije jejich funkcionalit a propracuje atraktivitu vizualizace.

Student odevzdá údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, pro potřeby zaevidování do Metainformačního systému katedry geoinformatiky ve formě vyplněného formuláře. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, metadatový formulář) bude odevzdána v digitální podobě na CD (DVD) a text práce se všemi přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O magisterské práci student vytvoří webovou stránku, která bude v den odevzdání práce umístěna na katedrální server. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002). Na závěr práce připojí student jednostránkové resumé v anglickém jazyce.

Rozsah grafických prací:

dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy:

maximálně 50 stran textu

Seznam odborné literatury:

diplomové práce z geoinformatiky na ZČU, VŠB-TU, ČVUT, MU

Voženílek, V. (2005): Cartography for GIS – geovisualization and map communication.

Vydavatelství UP, Olomouc, 140 s.

Voženílek, V. (2002): Diplomové práce z geoinformatiky. Olomouc, UP, 61 s.

Vernecke, J. (2008): The KML Handbook: Geographic Visualization for the Web. Addison-Wesley, 368 s.

práce Petersona, Carthwrighta, Robinsona, Ormelinga a Kraaka

časopisy GaKO, Kartografické listy

sborníky z konferencí ICA

Vedoucí magisterské práce: Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.

Konzultant magisterské práce:

Datum zadání magisterské práce: prosinec 2008

Termín odevzdání magisterské práce: květen 2010

L.S

.....
vedoucí katedry

.....
vedoucí magisterské práce

V Olomouci dne 25. 12. 2008

ÚVOD.....	8
1. CÍLE PRÁCE.....	9
2. METODY A POSTUPY.....	10
3. ANALÝZY VIDITELNOSTI.....	12
3.1. Viditelnost versus dohlednost.....	12
3.2. Metody analýz viditelnosti.....	12
3.2.1. Line of Sight	12
3.2.2. Viewshed.....	13
3.2.3. Visibility	13
3.3. Algoritmus	14
3.4. Historie.....	16
3.5. Využití analýz viditelnosti	17
3.5.1. Komunikace	17
3.5.2. Územní plánování	18
3.5.3. Další využití	19
4. TVORBA DIGITÁLNÍHO MODELU POVRCHU.....	20
4.1. Tvorba DMR.....	20
4.1.1. Příprava vstupních dat.....	21
4.1.2. Porovnání metod interpolace	22
4.2. Vytvoření vrstvy zástavby	25
4.3. Vytvoření vrstvy vegetace	27
4.3.1. Prostupnost v zimním období	28
4.4. Kombinace gridů.....	30
5. VYHLÍDKOVÉ BODY	32
5.1. Výběr vyhlídkových bodů.....	32
5.2. Výška pozorovatele.....	34
6. POROVNÁNÍ SOFTWARE	35
6.1. Nekomerční aplikace	37
6.1.1. AutoDEM.....	37
6.1.2. MicroDEM.....	38
6.1.3. SAGA.....	40
6.1.4. GRASS.....	40
6.2. Komerční aplikace	40
6.2.1. Global Mapper	41
6.2.2. IDRISI.....	41
6.2.3. ERDAS	42
6.2.4. ArcGIS	42
6.3. Výsledky	44
7. VÝPOČET A GENERALIZACE ANALÝZ	45
7.1. Způsoby převodu do KMZ.....	45
7.1.1. Rastrová vrstva.....	45
7.1.2. Rastrové dlaždice	45
7.1.3. Vektorová vrstva.....	46
7.2. Generalizace.....	46
7.3. Export.....	49

8.	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZ	50
9.	VIZUALIZACE VÝSLEDKŮ	52
9.1.	Google API	52
9.2.	Google Earth	53
10.	TVORBA PANORAMAT	56
10.1.	Typy panoramat	56
10.2.	Vytváření panoramat.....	56
10.3.	Zobrazení v Google Earth.....	57
11.	DISKUZE	58
12.	ZÁVĚR	60
13.	POUŽITÉ ZDROJE	61
	SUMMARY	65
	PŘÍLOHY	66
	SEZNAM PŘÍLOH.....	67
	1. CD-ROM.....	67
	2. Volné obrazové přílohy.....	67
	3. Smlouvy	68

ÚVOD

Výpočet viditelnosti patří mezi jednu z nejzákladnějších GIS analýz, probíhajících nad digitálním modelem terénu. V historii bylo těchto analýz využíváno především k vojenským účelům. S rozšířením GIS do soukromé sféry se objevila široká škála využití v mnoha oborech lidské činnosti.

Své uplatnění naleznou analýzy viditelnosti také v cestovním ruchu. A právě v této oblasti, více než v kterékoliv jiné, závisí na propracovaném způsobu vizualizace výsledků. Sebekvalitnější výpočet může být v praxi nepoužitelný, a to v případě, že jeho výsledek nedovedeme vhodně zobrazit a zpřístupnit cílové skupině uživatelů.

Nástroje Google Earth a Google Maps si za relativně krátkou dobu své existence získaly u široké veřejnosti značnou popularitu. Jejich velkou výhodou je také neustálé zpřesňování podkladových dat a vznik nových funkcí.

Pokud se řekne výhled, viditelnost nebo rozhledna, většina z nás si představí rozhlednu na vysokém kopci s výhledem do údolí. Práce studuje analýzy viditelnosti v území ORP Olomouc, tudíž na „placaté Hané“. I přesto je zde spousta míst s krásným výhledem do krajiny, o kterých mnohdy ani místní nemají ponětí.

O velkém potenciálu tohoto území svědčí i fakt, že v loňském roce byla zbudována vyhlídková věž v Přáslavicích a letos započne výstavba rozhledny na Velkém Kosíři.

Autor doufá, že výsledky magisterské práce budou využitelné pro propagaci olomouckého regionu, a třeba se na jejich základě alespoň začne uvažovat o stavbě dalších rozhleden.

1. CÍLE PRÁCE

Cílem magisterské práce je zhodnocení způsobu výpočtu a zobrazování viditelnosti krajiny. Součástí práce je podrobná rešerše možných způsobů analýz viditelnosti a jejich vizualizací pro různé uživatelské skupiny.

Zásadním krokem při zpracovávání tématu je vytvoření kvalitního třídímenzionálního modelu terénu v rozsahu ORP Olomouc, který je doplněn o zástavbu a vegetaci tak, aby co nejvíce odpovídal skutečnosti a poskytoval dostatečně realistický podklad pro výpočet analýz viditelnosti.

Zhodnocení funkcionality různých aplikací z hlediska výpočtu viditelnosti je také součástí práce.

Vytvořené vrstvy viditelnosti budou pomocí nejmodernějších metod a postupů vizualizovány tak, aby byly dostupné v atraktivní formě co nejširší veřejnosti.

Těmito metodami jsou nástroje Google Earth a Google Maps API, které kromě prostého zobrazení vrstev viditelnosti umožňují doplnění vizualizace o fotografie, panoramatické snímky zobrazitelné přímo v prostředí Google Earth nebo 3D modely rozhleden.

Uživatel tak bude moci nejen prohlížet výsledky analýz viditelnosti z jednotlivých vyhlídkových bodů, čímž zjistí, jaké území je z daného místa vidět, ale za pomoci multimediálního obsahu také získá představu, jak vypadá okolí tohoto bodu nebo bod samotný.

Výsledky budou dostupné prostřednictvím CD přiloženého k diplomové práci a prostřednictvím dvojjazyčných webových stránek. Kromě stránek projektu bude vytvořena webová stránka o diplomové práci, umístěná na serveru Univerzity Palackého v Olomouci a jednostránkové resumé v anglickém jazyce.

2. METODY A POSTUPY

Prvním krokem při tvorbě diplomové práce bylo seznámení se s literaturou a internetovými zdroji informací, které se zabývají problémem výpočtu analýz viditelnosti a především způsoby vizualizace výsledků. Bylo rozhodnuto, že výsledky budou zobrazovány v prostředí aplikace Google Earth případně Google Maps API. Proto bylo nutné detailně se seznámit i s jejich možnostmi a omezeními.

Než bylo možné přistoupit k výpočtu analýz viditelnosti, nebo dokonce jejich vizualizaci, bylo nutné připravit dostatečně podrobný a realistický digitální model terénu. Příprava dat pro jeho vytvoření probíhala především v systému ArcGIS s občasným využitím dalších dostupných nástrojů, jakými jsou například Janitor nebo ArcView GIS 3.3. Posledně zmiňovaný software byl využíván zejména z důvodů možnosti využití skriptů v jazyce Avenue.

Velice důležitou se ukázala volba vhodné metody interpolace digitálního modelu terénu z vrstevnic. Byla využita bakalářská práce Analýza morfometrických charakteristik různých typů reliéfu [6] a metoda RMSE pro ohodnocení kvality jednotlivých interpolačních metod.

Výsledný digitální model byl doplněn o zástavbu a vegetaci. Úřadem pro hospodářskou úpravu lesa (ÚHÚL) byla poskytnuta vrstva lesů ORP Olomouc s atributem jejich výšky. Tato data byla doplněna o digitalizovanou liniiovou vegetaci a skupiny stromů, které v datech ÚHÚLu nebyly obsaženy. Digitalizace proběhla v prostředí Google Earth.

Byly vytvořeny dvě varianty digitálního modelu povrchu lišící se od sebe právě vrstvou liniiové vegetace. Ta byla upravena tak aby odpovídala letnímu a zimnímu období. Jako nejvhodnější se ukázala metoda snížení rozlišení rastrové vrstvy představující liniiovou vegetaci a následné vymazání určité části náhodně zvolených buněk.

Výpočet analýz viditelnosti je obsažen v mnoha aplikacích umožňujících práci s digitálními modely terénu. Bylo otestováno devět komerčních i freeware softwarů, u kterých byly porovnávány výsledky analýz viditelnosti, ale také kvalita uživatelského rozhraní nebo rychlost výpočtu. Největším problémem všech volně dostupných aplikací byla nemožnost výpočtu pro území rozsahu ORP Olomouc. Komerční aplikace poskytovaly téměř totožné výsledky, a nakonec byl pro analýzy viditelnosti vybrán program ArcGIS 9.3.

Jako velice problematický se ukázal převod vytvořených vrstev analýz viditelnosti do prostředí Google Earth, ve kterém měla být tato data zobrazována. Bylo proto přistoupeno k převodu rastrových dat na vektorová, s čímž souvisela nutná generalizace. Protože ani jedna z metod generalizace obsažená v programu ArcGIS neposkytovala dostatečně kvalitní a zároveň málo objemné výsledky, bylo přistoupeno ke kombinaci metody Aggregate polygons a Simplify polygon. Po této generalizaci mohlo dojít ke konverzi shapefilů na KMZ soubory, které mohou být spuštěny v aplikaci Google Earth, respektive Google Maps.

Z důvodů nemožnosti integrace javascriptu do HTML popisu KMZ souboru bylo nutné přehodnotit metodu výběru konkrétní vrstvy analýzy viditelnosti. Původní plán totiž počítal s vytvořením formuláře, prostřednictvím kterého by si uživatel mohl zvolit vrstvu, která ho zajímá. Z možných náhradních řešení byla zvolena implementace odkazů na konkrétní soubory přímo v popisu vyhlídkového bodu. Metody formuláře bylo však využito v případě vizualizace prostřednictvím Google Maps.

Kromě všech těchto postupů, které by se daly rozdělit do částí Příprava dat a tvorba DMR, Výpočet analýz viditelnosti a Vizualizace výsledků, bylo nutné vykonat velké množství dalších úkonů. Mezi ty patří například tvorba 3D modelů, panoramatických fotografií, vytvoření fotogalerie nebo tvorba webových stránek o aplikaci.

3. ANALÝZY VIDITELNOSTI

3.1. Viditelnost versus dohlednost

Pokud se chceme zabývat analýzami viditelnosti, je nutné nejprve si definovat pojem viditelnost a také rozdíl mezi pojmy viditelnost a dohlednost. Jak uvádí Vysoudil [10], meteorologická dohlednost udává ve dne největší vzdálenost, na kterou lze spolehlivě rozeznat černý předmět o úhlové vzdálenosti mezi 0,5 – 5, umístěný u země na pozadí mlhy nebo oblohy. V noci je dohlednost největší vzdálenost, na kterou lze spolehlivě rozeznat světla stálé a směrově málo proměnlivé svítivosti.

V meteorologii a klimatologii nelze zaměňovat pojmy dohlednost a viditelnost. Pojem viditelnost vyjadřuje, zda je či není objekt na horizontu rozpoznatelný. [10]

Data o vodorovné přízemní dohlednosti jsou dostupná v hodinových intervalech na webových stránkách ČHMÚ [28].

3.2. Metody analýz viditelnosti

V GIS softwarech existují tři hlavní způsoby výpočtu analýz viditelnosti. Všechny tři samozřejmě vyžadují jako vstupní vrstvu DMR.

3.2.1. Line of Sight

První a nejjednodušší metodou je takzvaná *Line of Sight*. Pomocí této analýzy můžeme sledovat viditelnost na úsečce mezi dvěma body v terénu. Prakticky pouze určíme počáteční a koncový bod a případně výšku pozorovatele a software linii rozdělí na úseky, které jsou z počátečního bodu viditelné a které jsou skryté za překážkou.

Některé aplikace tuto metodu kombinují s profilem terénu, takže není barevně rozlišena pouze úsečka, ale křivka představující tento profil.

3.2.2. Viewshed

Viewshed je vytvářen nad DMR pomocí algoritmu, který odhaduje rozdíl nadmořských výšek z buňky pozorovacího bodu a cílovou buňkou. K určení viditelnosti cílové buňky, musí být každá buňka ležící na spojnici pozorovatele a cíle zkoumána pomocí Line of Sight. Pokud se mezi pozorovatelem a cílovou buňkou nachází buňka s vyšší hodnotou, je blokována. Pokud dojde k tomuto zablokování, je cílová buňka označena jako „Not Visible“. [33]

3.2.3. Visibility

Poslední metodou obsaženou v programu ArcGIS je příkaz Visibility. V jiných aplikacích se může tento nástroj nazývat Multiple Viewshed.

Funkce Visibility nám odpovídá na dvě základní otázky: „Která místa jsou z daných pozorovatelů viditelná?“ a „Z kolika pozorovatelů je viditelný daný objekt/místo?“.

Funkcionalitu tohoto nástroje si můžeme předvést na příkladu, kdy máme několik významných budov (například kostelů) a chceme zjistit, z kterých míst v zájmovém území bude těchto staveb vidět co nejvíce najednou.

Další analýza, kterou můžeme pomocí Visibility vypočítat, je rozdělení území podle toho, z kterých míst je viditelné. Tato funkce není vhodná pro větší počet pozorovacích bodů. Na obrázku 3.1 je znázorněna situace pro 5 pozorovacích míst. Atributová tabulka této rastrové vrstvy obsahuje sloupce pro každý pozorovací bod a pomocí hodnot „1“ a „0“ rozlišuje, zda jsou místa označená danou hodnotou z tohoto bodu viditelná.

Příkaz Visibility umožňuje také analýzu viditelnosti z liniového tématu. Pokud si však výsledek pečlivě prohlédneme, zjistíme, že jde pouze o kombinaci viditelnosti z jednotlivých lomových bodů linie. [16]



Obr.: 3.1.: Ukázka výstupu příkazu Visibility (dmr, bod, POINT, OBSERVERS) – Rastr

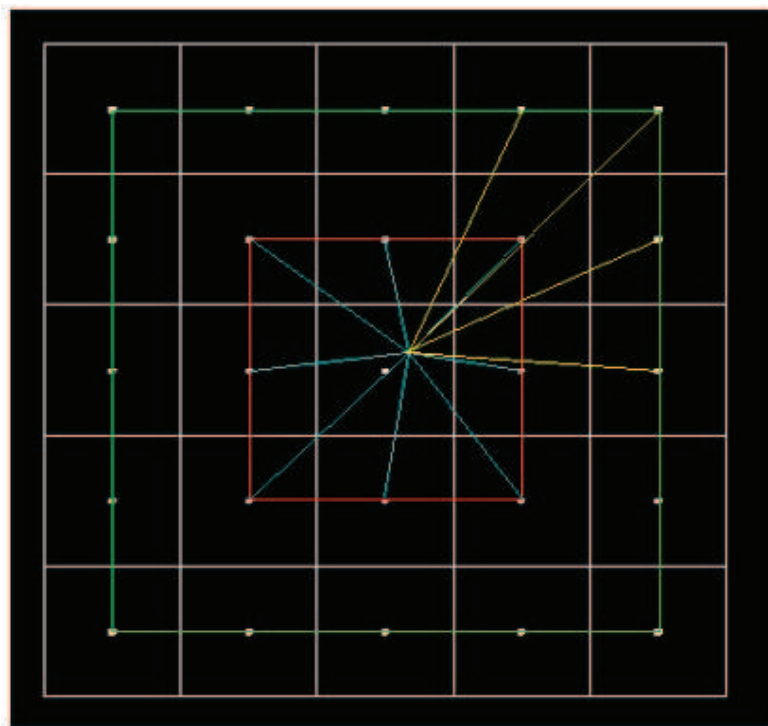
Attributes of vis_3							
Rowid	VALUE *	COUNT	OBS1	OBS2	OBS3	OBS4	OBS5
0	0	751275	0	0	0	0	0
2	2	3466	0	1	0	0	0
4	4	18274	0	0	1	0	0
6	6	35514	0	1	1	0	0
8	8	17715	0	0	0	1	0
10	10	4044	0	1	0	1	0
12	12	8916	0	0	1	1	0
14	14	11357	0	1	1	1	0
16	16	34197	0	0	0	0	1
18	18	64	0	1	0	0	1
20	20	12	0	0	1	0	1
22	22	26	0	1	1	0	1
24	24	43368	0	0	0	1	1

Obr.: 3.2.: Ukázka výstupu příkazu Visibility (dmr, bod, POINT, OBSERVERS) – Tabulka

3.3. Algoritmus

Algoritmus pro výpočet Viewshedu funguje podle Claytona Crawforda [4] v nástrojích ESRI na jednoduchém principu. Po určení počátečního bodu (místo pozorovatele) vytvoří linie viditelnosti (*Line of Sight*) ke středům všech přilehlých buněk. Na obrázku 3.3 jsou tyto linie označeny tyrkysovou barvou. Vybrané buňky jsou ohraničené červenou barvou. Dalším krokem je ověření viditelnosti těchto buněk porovnáním jejich nadmořské výšky s výškou počátku. Pokud je výška cílové buňky stejná nebo vyšší, je označena kódem „1“ a ve výsledku analýzy bude viditelná. Výškový úhel mezi počátkem a

cílem je uložen. Algoritmus přejde k dalšímu kroku zvýšením horizontu o 1 buňku (zelený rámeček).



Obr.: 3.3.: Popis algoritmu pro výpočet Viewshedu

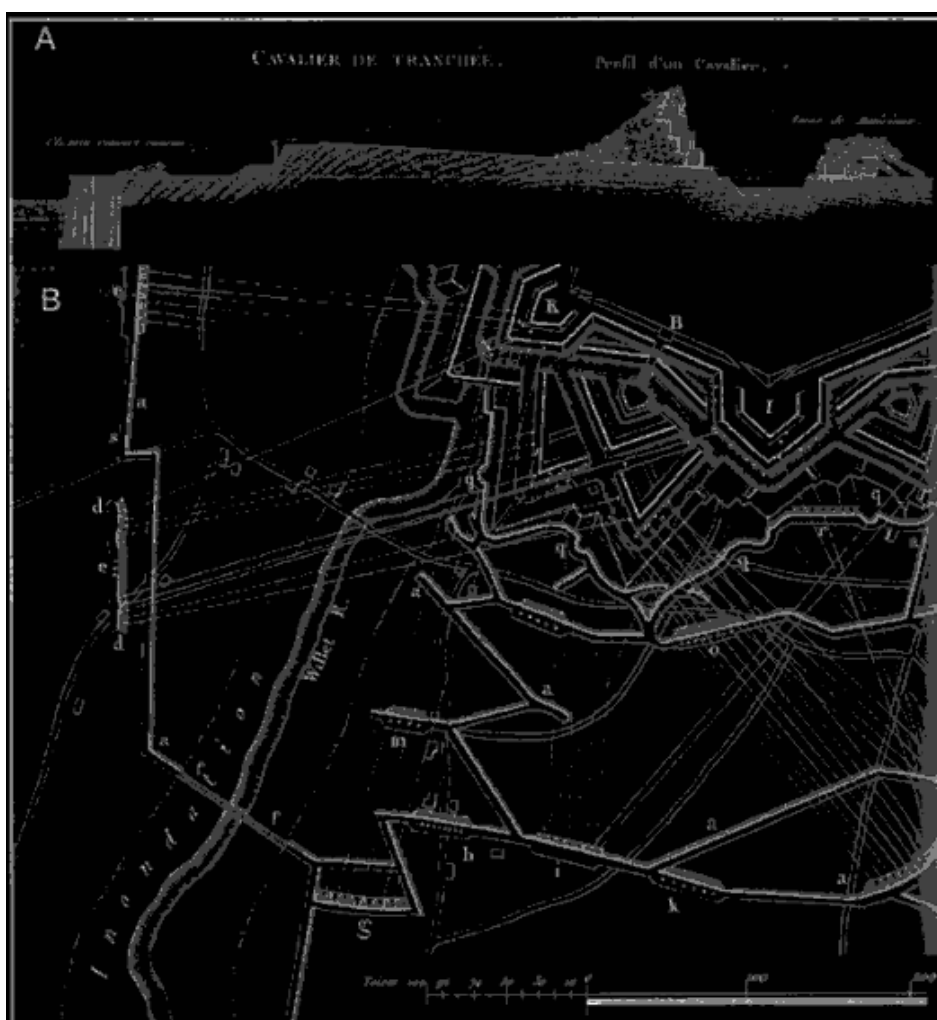
Line of Sight je spočítán pro každou z těchto buněk (označené žlutě). K určení viditelnosti dochází prostřednictvím výpočtu a porovnání dvou úhlů. První výška je odvozena pro bod, kde *Line of Sight* protne předchozí horizont (kde se protne žlutá a červená linie). Úhel mezi počátkem a odvozeným bodem je opět zaznamenán. Druhý úhel je vypočítán mezi počátkem a cílovým bodem v zeleném horizontu. Pokud je druhý úhel větší než první, je cílová buňka označena jako viditelná a druhý úhel je uložen namísto úhlu z předchozího horizontu. Pokud je první úhel vyšší než druhý, je buňka označena jako „Not Visible“.

Horizont je rozšířen, jsou odvozeny výšky, vypočítány úhly a nejvyšší je uložen. Tento proces se opakuje, dokud nejsou označeny všechny buňky gridu.

3.4. Historie

V historii byl výpočet viditelnosti využíván takřka výhradně pro vojenské účely. Zřejmě první zaznamenané využití *Line of Sight* je z počátku 18. století, kdy francouzský vojenský inženýr Prestre de Vauban (1603-1707) vytvořil mapu obléhání města Ath v Belgii. V horní části mapy je znázorněná *Line Of Sight*, v dolní pak takzvaný *Weapon Fan*, který znázorňuje akční rádius dělostřeleckých baterií [2].

Velký význam mají analýzy viditelnosti také při rekonstrukci historických vojenských operací.



Obr.: 3.4.: Jeden z prvních případů využití Line Of Sight a Weapon Fan v historii. Obléhání města Ath v roce 1706. [2]

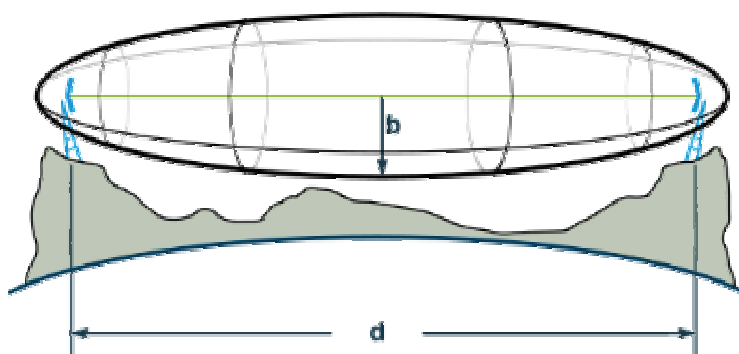
3.5. Využití analýz viditelnosti

V současné době existuje kromě vojenského široká škála využití těchto analýz. Uplatnění nalezneme například v oblasti radiokomunikací, lokalizace vysílačů mobilních telefonních sítí, ale také v archeologii, územním plánování a mnoha dalších oborech lidské činnosti.

3.5.1. Komunikace

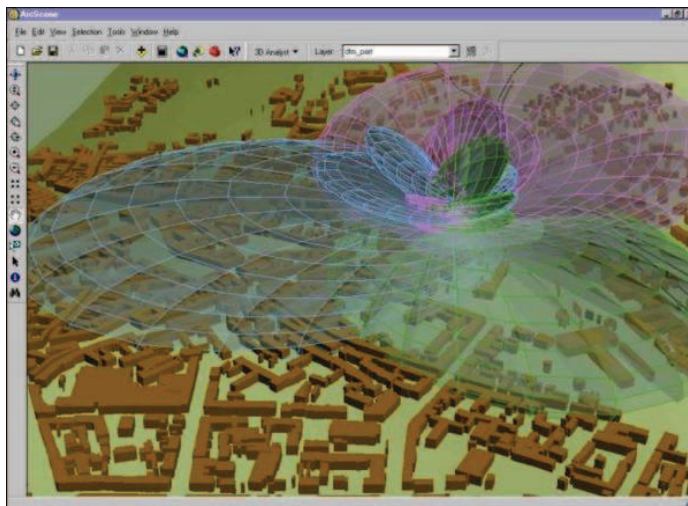
V oblasti radiokomunikací bývá užíván pojem „Commshed“ nebo „Communication Viewshed“ [4]. Specifikem v oblasti komunikací je takzvaná Fresnelova zóna.

Přestože je přímá spojnice antén vysílače a přijímače volná, je nezbytné, aby v okolí této spojnice byl dostatek volného místa, přičemž zmíněným okolím je v daném případě tzv. první Fresnelova zóna. Pokud není tato oblast volná, dochází vždy k útlumu signálu. Fresnelova zóna má tvar rotačního elipsoidu [31].



Obr.: 3.5.: Fresnelova zóna. Hodnota d je vzdálenost mezi vysílačem a přijímačem, b potom poloměr Fresnelovy zóny.[31]

Pro analýzu šíření radiového signálu je možné využít například doplněk pro ArcGIS Cellular Expert [26].



Obr.: 3.6.: Doplněk pro ArcGIS „Cellular Expert“ sloužící k analýze šíření radiového signálu [26]

3.5.2. Územní plánování

V oblasti územního plánování bývají analýzy viditelnosti často využívány například v případě výstavby průmyslových areálů a podobných rozlehlých staveb. Výpočtem viditelnosti můžeme určit, do jaké míry dojde k zastínění výhledu na přírodní panorama apod. Na příkladě města Boulder v Coloradu a ovlivnění výhledu na jeho symbol, skalní masiv zvaný Flatirons, se touto problematikou zabývá [46].

Další oblastí, ve které bývají tyto analýzy často využívané, je vizualizace větrných elektráren. Může tak být zjišťováno nejen to, odkud bude plánovaná stavba viditelná, ale také jak se tato oblast změní při použití různých typů větrných elektráren [50].

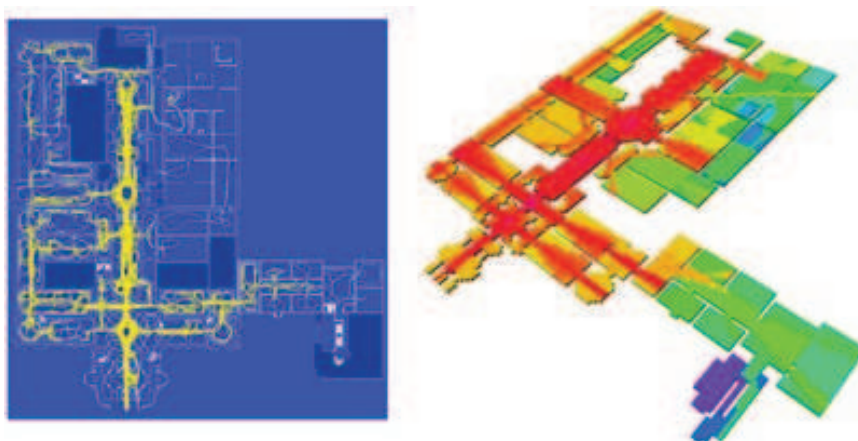
Tyto studie bývají často doplněny o fotovizualizaci neboli pohledovou studii, aby byl dopad stavby na změnu panoramatu co nejnázornější.

3.5.3. Další využití

Mezi další oblasti, ve kterých mohou být analýzy viditelnosti využitelné, patří například cestovní ruch.

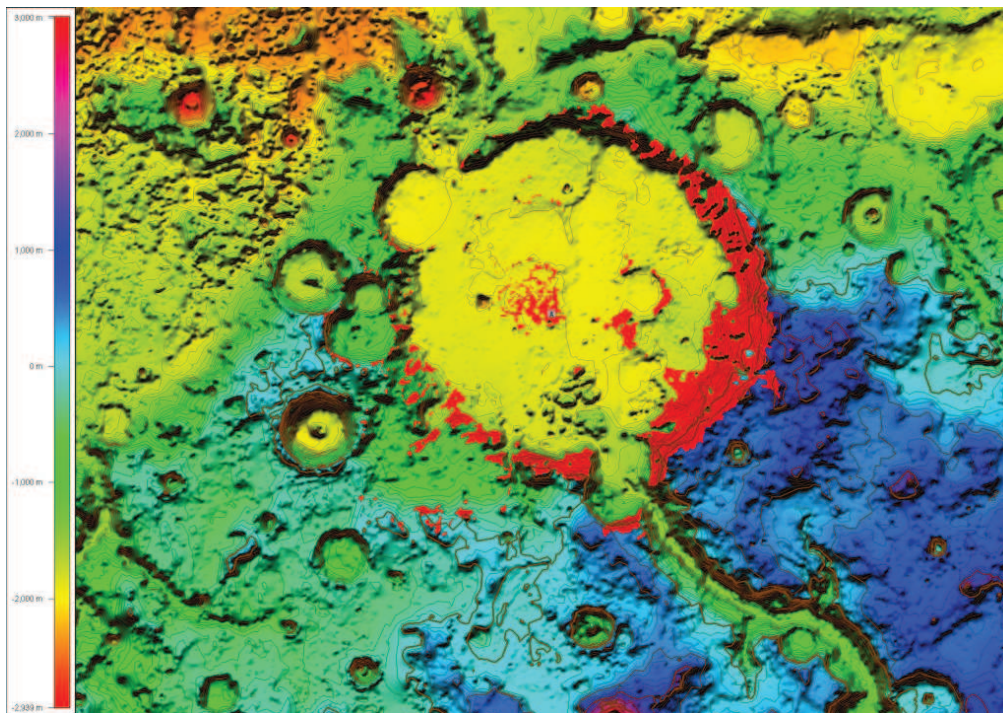
Mimo oblasti, kterou se zabývá i tato práce, může být sledována například viditelnost z historických stezek, tak jak tomu bylo v projektu Rock Springs Field Office ve Wyomingu [23]. Na rozdíl od předchozích aplikací v tomto případě byl zkoumán Viewshed z linie, ne z bodu.

Analýzy mohou být aplikovány nejen na otevřenou krajinu, ale může být studována například viditelnost obchodů uvnitř nákupních center. Příklad můžeme vidět na obrázku 3.7.



Obr.: 3.7.: Kombinace studie pohybu chodců a viditelnosti v případě Tate Gallery. [47]

Že využití analýz viditelnosti není omezené jen na planetu Zemi, dokazuje projekt USGS, analyzující viditelnost v místech plánovaného přistání vozítek Spirit a Opportunity, sloužících pro průzkum planety Mars v rámci projektu Mars Exploration Rover [48]. Výstup můžeme vidět na obrázku 3.8.



Obr.: 3.8.: Analýza viditelnosti z místa přistání vozítka Spirit projektu Mars Rover v kráteru Gusev na Marsu. [48]

4. TVORBA DIGITÁLNÍHO MODELU POVRCHU

4.1. Tvorba DMR

Z hlediska přesnosti a reálnosti výstupů z analýz viditelnosti je nejvýznamnější bezesporu kvalita vstupního digitálního modelu terénu. Velmi důležité je vycházet z dostatečně přesných výškových dat, ale také vhodně zvolená interpolační metoda a její nastavení.

Ovšem i v tomto případě nemusí být výsledek uspokojivý. Ve skutečnosti je totiž terén doplněn o zástavbu, vegetaci, lesy atd. Abychom získali věrný obraz zemského povrchu, muselo by dojít k jeho snímání pomocí metod dálkového průzkumu země jako je například laserscanning. Tyto metody jsou ovšem velice nákladné. Proto byl terén, interpolovaný z vrstevnic o základním intervalu 5 metrů, doplněn o zástavbu, lesy a liniovou vegetaci.

4.1.1. Příprava vstupních dat

Pro účely magisterské práce vznikal digitální model terénu z vrstevnicových dat v majetku katedry Geoinformatiky, a to z dat DMÚ 25.

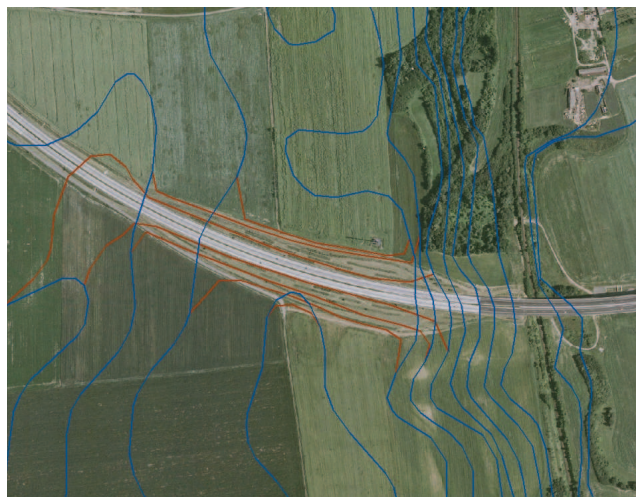
Prvním krokem bylo spojení jednotlivých mapových listů do jedné celistvé vrstvy, která byla následně z linií převedena na body pomocí příkazu aplikace ArcGIS 9.3 *Feature to Vertices*. Tento krok byl nezbytný, protože ze všech interpolačních metod pouze *Topo to Raster* umožňuje použít jako vstupní data liniovou vrstvu. Tato metoda však nevykazovala dostatečně vysokou přesnost.

Za zájmové území bylo dle zadání diplomové práce uvažováno území ORP Olomouce bez katastrálního území obce Libavá, kde se nalézá vojenský újezd Libavá. Toto území bylo rozšířeno o buffer 1500 metrů, a to zejména z důvodů plánované výstavby rozhledny na vrcholu Velký Kosíř (442 m n. m.), který by se do zájmového území těsně nevešel.

Pomocí metody *Clip* byly tedy vybrány pouze body spadající do řešeného území. Jednalo se celkem o 215727 bodů. Pro testování přesnosti digitálního modelu terénu byla zvolena metoda Cross Validation. Princip této metody bude podrobně popsán v kapitole 4.1.2. Důležitá je selekce určité části bodů, která do interpolace nebude vstupovat a která bude sloužit k porovnání vypočítaných a původních (vstupních) hodnot. Tato selekce byla provedena prostřednictvím nástroje RandomSelection [20]. Poměr bodů, které budou vstupovat do interpolace, a bodů, které zůstanou pouze pro kontrolu správnosti vypočteného DMR, byl zvolen na 85:15.

V datech byla provedena korekce v oblasti, kde je nově vybudovaný obchvat Olomouce a kde byl uměle odstraněn vrchol kopce. Průběh vrstevnic byl opraven podle ortofotosnímku tak, aby odpovídal skutečnosti po tomto zásahu, jak můžeme vidět na obrázku 4.1.

Velká část tohoto obchvatu je realizována na silničním náspe, který také tvoří bariéru při analýze viditelnosti, a proto byl DMR o tento násep také doplněn.



Obr.: 4.1.: Korekce průběhu vrstevnic v místě nově zbudovaného obchvatu Olomouce (modrá – původní, červená – opravený průběh)

4.1.2. Porovnání metod interpolace

Podle Svobodové [9] jsou třemi nejčastěji používanými metodami prostorové interpolace gridového DMR Metoda inverzních vzdáleností, Kriging a Spline. Porovnáváním těchto tří interpolačních metod se zabývá také bakalářská práce Jitky Ondráčkové [6].

Pro hodnocení kvality DMR byla vybrána metoda RMSE, která měří rozptyl rozdělení četností odchylek mezi původními výškovými daty a daty DMR. Matematicky je vyjádřena jako: [8]

$$RMSE_Z = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_{di} - Z_{ri})^2}$$

kde Z_{di} je hodnota nadmořské výšky z povrchu DMR

Z_{ri} je korespondující původní nadmořská výška (odpovídá hodnotám vyjmutých z množiny vstupních bodů)

n je počet kontrolovaných bodů

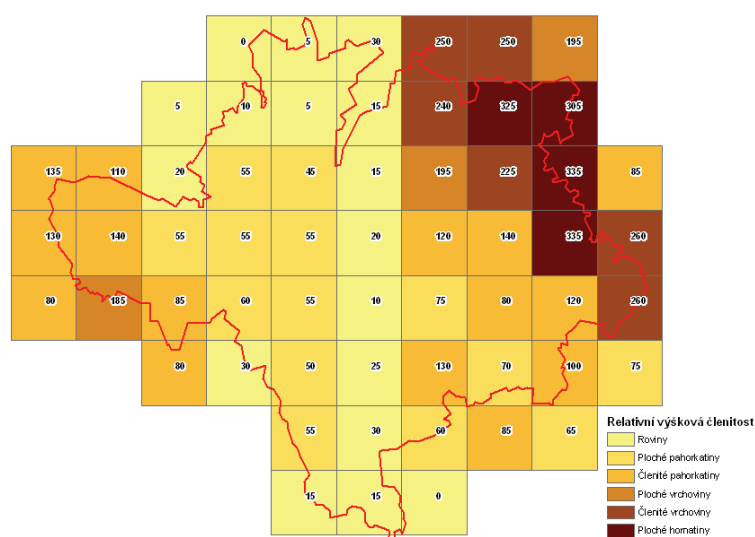
Větší hodnota RMSE odpovídá většímu rozptylu mezi interpolovanými a vstupními daty. Ideální hodnota by neměla přesáhnout polovinu hodnoty základního intervalu vrstevnic. V našem případě by tedy neměla být vyšší než 2,5.

Jako první krok jsme zájmové území rozdělili na čtverce o hraně 4 km za pomoci skriptu pro ArcView GIS 3.3. V těchto čtvercích byl potom vybrán nejvyšší a nejnižší bod a následně spočítán jejich rozdíl. Tím jsme získali hodnotu relativní výškové členitosti.

Podle Demka [3] jsme tyto hodnoty rozdílů rozdělili do kategorií relativní výškové členitosti.

tabulka 4.1.: Relativní výškové členitosti a jejich rozložení. [3]

Název	Výšková členitost (m)	Počet čtverců
Roviny	do 30	17
Ploché pahorkatiny	30-75	14
Členité pahorkatiny	75-150	15
Ploché vrchoviny	150-200	3
Členité vrchoviny	200-300	6
Ploché hornatiny	300-450	4
Členité hornatiny	450-600	0
Velehornatiny	více než 600	0



Obr.: 4.2.: Rozdělení relativních výškových členitostí v zájmovém území

Z tabulky můžeme vidět, že v zájmovém území převažují roviny a pahorkatiny, proto z bakalářské práce [6] vybereme nastavení interpolačních metod, které dosahovaly nejlepších výsledků právě v těchto charakteristikách. Vzniklé gridy otestujeme metodou RMSE a grid s nejlepším výsledkem použijeme jako DMR pro analýzy viditelnosti.

Z přílohy bakalářské práce [6] jsme si v tabulce vazene_poradi.xls vyseletovali šestici testovacích území s obdobnou relativní výškovou členitostí, jako má ORP Olomouc a vybrali nastavení s nejlepším hodnocením. Získali jsme tak 8 různých nastavení interpolací. Jedná se o tři krigingy a pět splinů s tenzí. Velikost buňky byla u všech gridů zvolena 5 * 5 metrů.

tabulka 4.2.: Nastavení interpolační metody kriging

Název	Method	Semivariogram model	Search radius	No. of points
Krig-u-l-25	Universal	Linear	Variable	25
Krig-o-s-12	Ordinary	Spherical	Variable	12
Krig-o-s-25	Ordinary	Spherical	Variable	25

tabulka 4.3.: nastavení interpolační metody Spline

Název	Type	Weight	No. of points
Splinet-5-20	Tension	5	20
Splinet-01-12	Tension	0,1	12
Splinet-1-20	Tension	1	20
Splinet-5-10	Tension	5	10
Splinet-20-10	Tension	20	10

Těchto 8 gridů bylo dle výše uvedených nastavení interpolováno. Tyto výpočty byly časově velice náročné. Například výpočet krigingů trval více než 24 hodin. Vzniklé DMR byly dále testovány tak, aby bylo zjištěno, které nastavení je nejvhodnější pro ORP Olomouc.

Pro toto ohodnocení gridů byly spočítány základní statistické charakteristiky, mezi které patří minimum, maximum, průměr, rozsah,

směrodatná odchylka a poté vypočítaná RMSE. Tyto hodnoty byly vypočteny vůči zbývajícím 15% bodů, které jsme pro generování gridů nezahrnuli. Nyní tak můžeme zkontrolovat, jak přesné gridy jsou vůči původním datům. Výsledky jsou přehledně zobrazeny v tabulce 4.4.

tabulka 4.4.: Srovnání interpolačních metod. Seřazeno RMSE.

Název	min	max	mean	range	sd	rms
Splinet-5-10	193.2	681.2	286.9	488.0	101.6	1.14
Splinet-20-10	196.6	681.2	286.9	484.5	101.6	1.18
Splinet-01-12	169.6	681.3	286.7	511.6	101.8	1.38
Krig-u-l-25	92.27	677.6	286.4	585.3	101.7	3.01
Krig-o-s-12	199.9	679.3	286.9	479.4	101.3	3.09
Krig-o-s-25	199.5	677.5	286.8	477.9	101.2	3.71
Splinet-5-20	190.8	836.1	286.8	645.2	101.6	4.44
Splinet-1-20	184.4	681.3	286.8	496.9	101.7	4.48

Z tabulky můžeme vidět, že nejlepší hodnotu RMSE má grid vzniklý metodou spline s tenzí s váhou 5 a počtem bodů 10.

4.2. Vytvoření vrstvy zástavby

Vytvořený digitální model terénu musí být ovšem doplněný o zástavbu a vegetaci tak, aby lépe odpovídal skutečnosti a výsledky analýz viditelnosti byly reálné.

Pokud se jedná o zástavbu, byla pro účely diplomové práce dostupná data z DMÚ 25, jednalo se však pouze o bloky budov bez atributové složky. Další dostupnou vrstvou byla polygonová vrstva představující půdorysy budov, ovšem pouze pro rozsah města Olomouc. Obě vrstvy byly zkombinovány, takže výsledný DSM je v centru Olomouce přesnější než mimo město.

Problémem byla absence atributu odpovídajícího výšce staveb v oblasti mimo město Olomouc. Tato informace byla získána z bodové vrstvy adresních bodů pro celé ORP a z dbf tabulky obsahující technické parametry budov. Adresní body sice neobsahují přímo údaj o výšce objektu, ale je u nich

uveden počet podlaží. Z této hodnoty a údaje o stáří a využití budovy (obsaženo v technických parametrech budov) byla zjištěna přibližná výška polygonu (bloku budov) nacházejícího se na odpovídajících souřadnicích.



Obr.: 4.3.: Ukázka vrstvy zástavby. Rozdíl mezi přesností dat v Olomouci a mimo město

Výška budov, které jsou pro účely práce označeny jako vyhlídkový bod, byla snížena na úroveň vyhlídkové plošiny, okna kostelní věže atd.

Protože v některých místech docházelo ke kolizi mezi vrstvou lesů a budov, byla tato místa z vrstvy budov odstraněna. Volba padla na vrstvu zástavby z toho důvodu, že se jednalo především o bloky budov mimo město Olomouc, jejichž přesnost není tak vysoká jako přesnost vrstvy vegetace ve stejném místě. Odstranění společných částí bylo nutné z důvodů následného sčítání gridů.

Bylo uvažováno o možnosti zpracovat centrum města Olomouc v programu SketchUp a tento detailní model centra použít pro analýzu viditelnosti. Výhled přes jednotlivé budovy by potom byl realističtější (např. mezi kostelními věžemi atd.) Bohužel data z programu SketchUp je možné v ArcGIS zobrazit pouze jako součást databáze MultiPatch (*.mdb). Neexistuje

však způsob, kterým bychom tato data mohli zahrnout do výpočtu analýzy viditelnosti. Budeme se tudíž muset spokojit pouze s blokovým modelem.

4.3. Vytvoření vrstvy vegetace

Vrstva lesů z DMÚ 25 bohužel neobsahuje atribut výšky stromů. Proto byl kontaktován Ústav pro hospodářskou úpravu lesa s žádostí o poskytnutí dat LHP/LHO. Ta obsahují údaj o střední výšce v celých metrech pro jednotlivé dřeviny v porostní skupině a tato data mohou být maximálně 11 let stará. Žádosti bylo vyhověno, tudíž je digitální model terénu doplněn nejen o zástavbu, ale i o relativně přesné výšky lesa.

Prostorový rozsah dat je naprosto stejný jako u DMÚ 25, pouze jsou jednotlivé polygony rozděleny podle porostních skupin. Po porovnání těchto dat s ortofotosnímkiem (1px~20cm zdroj: Geodis Brno prostřednictvím Google Earth) byla zjištěna absence malých skupin stromů, ale především liniové vegetace okolo vodních toků nebo silnic. Ty však mohou mít zásadní vliv na analýzu viditelnosti. Proto byla tato data digitalizována nad ortofosnímkiem.

Digitalizace byla prováděna za použití nástroje *Přidat mnohoúhelník* v aplikaci Google Earth. Ta totiž oproti systému ArcGIS umožňuje mnohem rychlejší načítání podkladových snímků, které jsou nadto ve vyšší kvalitě, než jaké obsahuje například WMS služba České informační agentury životního prostředí (CENIA). Nevýhodou tohoto postupu je ovšem nemožnost přidávat jakékoliv atributové informace k vytvořeným polygonům. V tomto případě to však nebylo nutné.



Obr.: 4.4.: Zobrazení digitalizované liniové vegetace (červená) a původních dat DMÚ 25 (zelená)

Vytvořená kmz vrstva byla prostřednictvím online convertoru [39] převedena na shapefile a zobrazena v prostředí ArcGIS. Atributy o výšce byly tam, kde to bylo možné, převzaty z dat LHP/LHO (pokud docházelo k překryvu) a v ostatních případech byla hodnota výšky nahrazena průměrnou hodnotou výšky vegetace v území ORP Olomouc.

4.3.1. Prostupnost v zimním období

Protože v letním období tvoří vegetace mnohem větší bariéru ve vztahu k viditelnosti než v období vegetačního klidu, byly uvažovány dvě varianty vstupního DSM. Jedna pro období léta, kdy je „prostupnost“ přes vegetaci minimální, a druhá pro zimní období, kdy dochází k opadu listů a přes tyto stromy je vidět mnohem více.

Ze vzniklé vrstvy vegetace byla vybrána většina nově vytvořených ploch, neboť byla digitalizována především liniová vegetace a dále polygony s rozlohou, u které je možné předpokládat, že se na prostupnosti projeví změna ročních období.

Bylo by možné aplikovat tento rozdíl na celou vrstvu vegetace, ale u polygonů s velkou rozlohou by se stejně prostupnost neprojevila a následná generalizace by byla mnohem náročnější na výpočetní čas.

Dalším krokem bylo vytvoření náhodného gridu, o třech různých velikostech buňky. První varianta měla prostorové rozlišení 25 * 25 metrů, druhá 15 * 15 metrů a poslední měla stejné prostorové rozlišení jako DMR, tudíž 5 * 5 metrů. Tyto náhodné gridy byly následně reklasifikovány opět do několika kategorií. Co se týče zimní varianty, byly testovány varianty, kdy bylo smazáno 50, 75 a 85% pixelů. V letní variantě bylo odstraněno 25 a 35% pixelů.

Těmito vrstvami s náhodnými hodnotami pixelů byla pronásobena vrstva vegetace, u níž přichází v úvahu změna prostupnosti v závislosti na ročním období. Tato vrstva byla následně přičtena k DMR doplněnému o zástavbu a ostatní vegetaci a mohla posloužit jako vstup do analýzy viditelnosti.

Testování, které z výše uvedených nastavení je nejvhodnější pro kvalitní reprezentaci změny prostupnosti vegetace v závislosti na ročním období bylo provedeno na vyhlídkovém bodě „Čertoryje“. V jeho okolí se nachází dostatek liniové vegetace a kde mohou být výsledky analýzy viditelnosti porovnány s realitou.

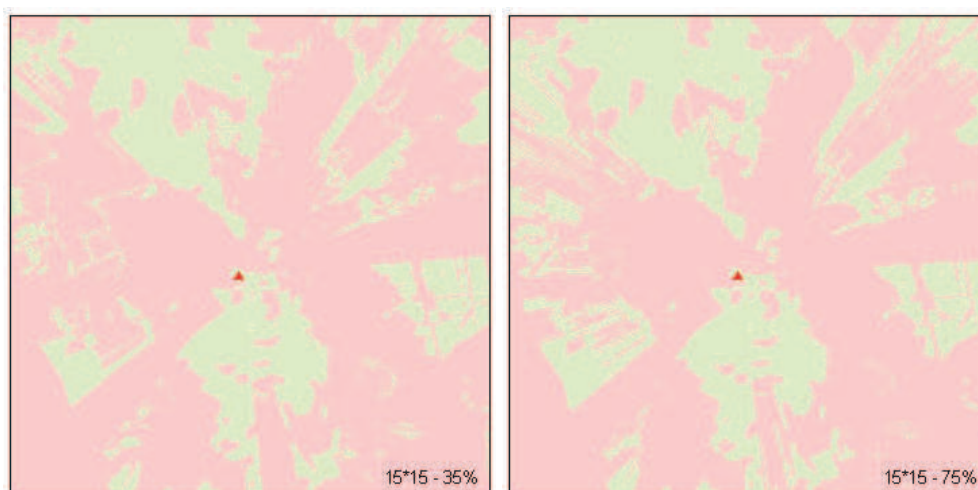
tabulka 4.5.: Nastavení úrovně prostupnosti vegetace

Velikost buňky rastru	Odstraněná část buněk
5*5	50%
5*5	75%
5*5	85%
25*25	50%
25*25	75%
25*25	85%
15*15	75%
15*15	85%

Pro zimní období bylo vytvořeno celkem 8 variant nastavení úrovně prostupnosti vegetace. Srovnání všech těchto vrstev je součástí práce jako příloha 1 a 2.

Realitě nejlépe odpovídalo nastavení *CellSize* na 15 * 15 metrů a odstranění 75% pixelů. Pro letní období byla zvolena stejná *CellSize* a odstraněno 35% buněk.

Porovnání analýzy viditelnosti s realitou je zobrazeno v příloze č. 3. V horní části obrázku je výřez analýzy viditelnosti z vyhlídkového bodu Čertoryje zobrazeného nad ortofotosnímkiem a v dolní části je pak stejná oblast zachycená na panoramatickém snímku.



Obr.: 4.5.: Porovnání viditelnosti v letním (vlevo) a zimním (vpravo) období na příkladě vyhlídkového bodu Čertoryje.

4.4. Kombinace gridů

Posledním krokem k vytvoření digitálního modelu terénu vstupujícího do analýz viditelnosti je převedení všech vytvořených vrstev na rastry a jejich následné spojení do jediné vrstvy.

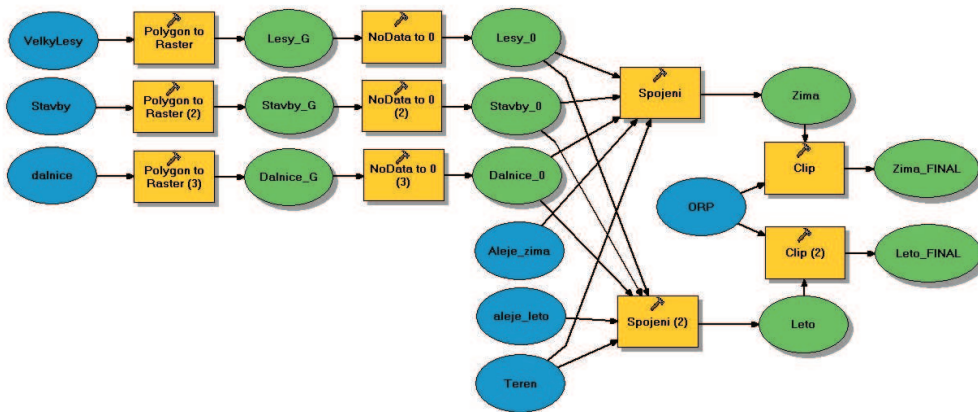
Kombinace těchto gridů probíhala jako většina dalších dílčích činností prostřednictvím aplikace ArcGIS 9.3. Specifikem tohoto softwaru je to, že operace patřící pod sadu nástrojů *Single Output Map Algebra*, kam patří i

prosté sečtení rastrových vrstev, neuvažují pixely s hodnotou NoData a tyto do výpočtu nezařadí.

Řešením je podle [27] využití funkcí *CON* a *IsNull*. Jejich kombinací můžeme hodnoty NoData nahradit například nulovými hodnotami. Pokud bychom tohoto chtěli docílit například u gridu s názvem „Les“, bude celá funkce vypadat následovně:

$$\text{Vystup} = \text{CON}(\text{IsNull}([\text{les}]), 0, [\text{les}])$$

Celý postup kombinace vrstev a tvorby dvou variant digitálního modelu povrchu vstupujícího do analýz viditelnosti můžeme vidět na vývojovém diagramu 4.6.



Obr.: 4.6.: Schéma tvorby dvou variant digitálního modelu povrchu.

5. VYHLÍDKOVÉ BODY

Významný vyhlídkový bod je jako jedna z kategorií Územně analytických podkladů definován jako „Veřejně přístupné místo, jehož vyvýšené umístění v terénu (vrchol kopce, úbočí) nebo v rámci stavby (rozhledna, věž) umožňuje přehlédnout významnou a atraktivní část okolního území. Veřejně přístupné místo s významnými výhledy a rozhledy na souvislou část města.“ [14]

5.1. Výběr vyhlídkových bodů

Území ORP Olomouc, konkrétně jeho část bez Vojenského újezdu Libavá, je relativně málo členitým územím. Přesto se zde vyskytuje velké množství zajímavých míst, která lze označit jako významný vyhlídkový bod. Jedná se zejména o přírodní vrcholy, množství sakrálních staveb nebo technické stavby.

Výběr těchto bodů byl proveden dle kritéria viditelnosti z daného bodu, ale také s ohledem na dostupnost daného bodu. Bylo proto nutné zvolit kompromis mezi nadmořskou výškou daného bodu a jeho vzdáleností od komunikací, polních cest atd. Výběr těchto bodů byl realizován s využitím mapových podkladů (turistické mapy, vrstevnice z DMÚ25, ortofoto) v kombinaci s terénním šetřením a místní znalostí území. Na základě těchto informací byly vyčleněny stavby (kostely, rozhledny, věže, budovy) a přírodní vrcholy, které splňují kritérium významného vyhlídkového bodu.

Celkem bylo vybráno 40 vyhlídkových bodů relativně rovnoměrně rozmístěných v území ORP Olomouc. K největší koncentraci bodů dochází na území města Olomouc, které leží v centru ORP a kde se nachází velké množství výškových staveb a dále ve východní části zájmové oblasti z důvodů vyšší relativní výškové členitosti.

Bylo vybráno několik kategorií vyhlídkových bodů. Těmito kategoriemi jsou: přírodní místa, technické a sakrální stavby a potenciální vyhlídkové body.

Největší zastoupení mají body patřící do první kategorie. Přírodních míst bylo vybráno celkem 20. Počet sakrálních a technických staveb, které byly do výběru zahrnuty, je téměř vyrovnaný, jedná se o 8, respektive 9 bodů.

V zájmovém území se nachází také několik potenciálních míst, kde díky bariéře vegetace v současné době žádný výhled není, stavbou rozhledny by se však tato situace změnila. Jedná se o lokality „Velký Kosíř“, „Jedová“ a „Chlum“.

Součástí práce je databáze těchto vyhlídkových bodů ve formátu xls. Kromě názvu a kategorie bodu jsou v ní uvedeny informace o přístupnosti daného bodu, nadmořské výšce, úhlu rozhledu a krátký popis vyhlídkového bodu. Nezbytnou součástí jsou také údaje o procentuální části viditelného území.



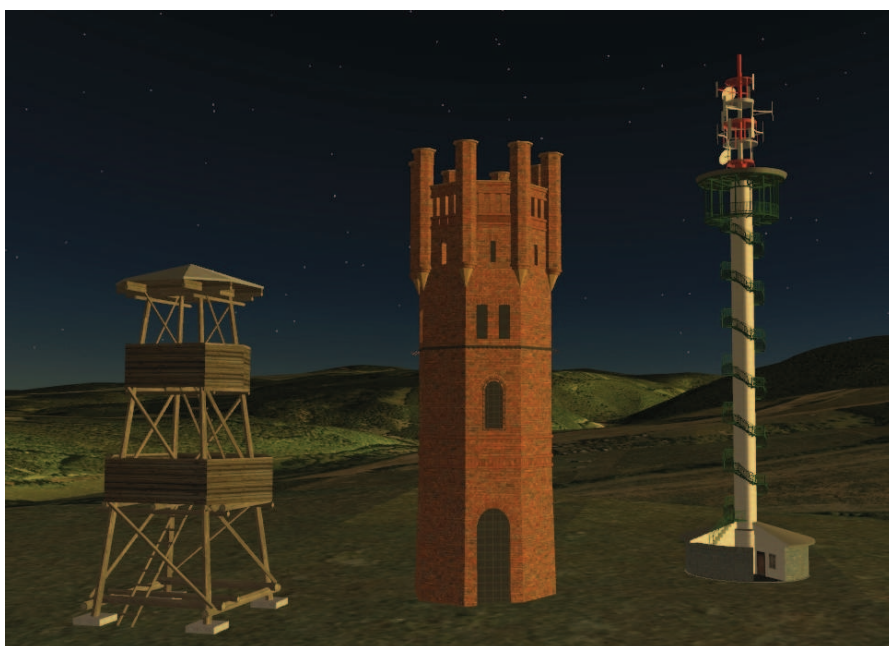
Obr.: 5.1.: Ukázka rozmístění vyhlídkových bodů (technické-červená, sakrální-oranžová, přírodní-zelená, potenciální-modrá)

5.2. Výška pozorovatele

V kategorii sakrální a technická stavba odpovídá výška pozorovatele výšce vyhlídkové plošiny, okna kostela atp. Oproti tomu u přírodních míst je uvažována základní výška pozorovatele 2 metry nad zemí.

Důležitou součástí práce je i studie, jak se změní poměrná část viditelného území v případě, že by se výška pozorovatele změnila na 8, 15 respektive 30 metrů. Pro lepší představu o výšce rozhledny a také pro zvýšení atraktivity vizualizace byly vytvořeny 3D modely těchto rozhleden, a to tak aby odpovídaly výšce pozorovatele a zároveň vystihovaly tři různé typy rozhleden běžné v České republice.

3D modely byly vytvářeny prostřednictvím 3D modelovacího volně dostupného softwaru Google SketchUp 7. Byly optimalizovány pro zobrazení v prostředí Google Earth, čemuž byla uzpůsobena i jejich velikost tak, aby tyto modely nebyly příliš objemné a nezpomalovaly běh aplikace. Všechny modely zobrazené v prostředí Google Earth můžeme vidět na obrázku 5.2.



Obr.: 5.2.: 3D modely rozhleden v prostředí Google Earth (zleva: 8m, 15m a 30m)

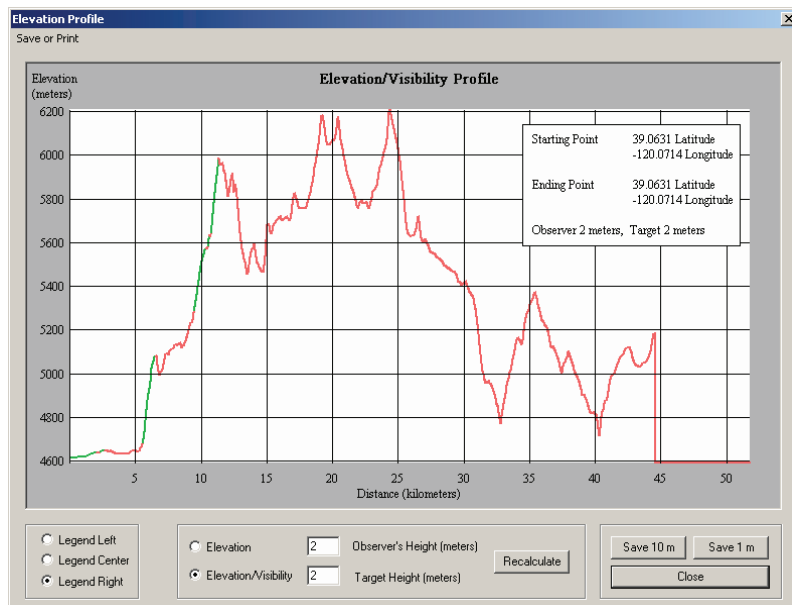
6. POROVNÁNÍ SOFTWARE

Většina GIS softwarů, které mohou pracovat s třídímními daty, umožňuje nějakým způsobem zobrazit analýzu viditelnosti. Různé způsoby těchto analýz jsou popsány v kapitole 3.2.

3D GIS softwarů existuje velké množství a není v možnostech této práce otestovat výpočet analýz viditelnosti u všech z nich. Proto bylo vybráno několik jak volně dostupných, tak komerčních aplikací, u nichž bylo zjišťováno, zda vůbec umožňují výpočet analýzy viditelnosti, jakým způsobem a jaké výsledky poskytují.

Inspirací při výběru volně dostupných programů byla bakalářská práce Petra Kupky „Porovnání volně dostupných nástrojů pro 3D geovizualizaci“ [5] vypracované v roce 2007 na VŠB Ostrava. Tato práce byla zaměřena pouze na vizualizaci geodat v 3D prostředí a jakýmkoliv analýzami se nezabývala.

Testováno bylo velké množství softwarů. Mnohé z nich slouží pouze pro vizualizaci nebo analýzy viditelnosti neumožňují. Další skupinou programů jsou ty, které umožňují pouze základní analýzu viditelnosti v rámci výškového profilu terénu, ale analýzy *Viewshed* ani *Line of Sight* neumožňují. Ty do srovnání nebyly zařazeny. Mezi tyto aplikace patří například 3DEM [12]. Ukázkou výškového profilu kombinovaného s viditelností můžeme vidět na obrázku 6.1.



Obr.: 6.1.: Ukázka kombinace výškového profilu a viditelnosti v programu 3DEM

Srovnáváno bylo celkem devět aplikací, které umožňují analýzu viditelnosti typu Viewshed. Jednalo se o pět komerčních a čtyři volně dostupné aplikace. Seznam těchto aplikací a jejich základní charakteristiky jsou obsaženy v tabulce 6.1.

tabulka 6.1.: Seznam aplikací umožňujících výpočet Viewshed, které byly porovnávány

Aplikace	Verze	Licence	Formát DMR	Line of Sight	Multiple Viewshed
AutoDEM	1.6.2	Freeware	Různé	ANO	NE
MicroDEM	2010.1.1.0	Freeware	USGS	ANO	ANO
SAGA	2.0.4	Freeware	Surfer	NE	NE
TNTmips	2009	Trial	DEM	NE	ANO
GRASS	6.4.0	Freeware	TIF	NE	NE
ERDAS	2010	Komerční	TIF	NE	ANO
ArcGIS	9.3	Komerční	Různé	ANO	ANO
ArcView GIS	3.3	Komerční	GRID	NE	ANO
IDRISI	Kilimanjaro	Komerční	Idrisi/asci	NE	ANO

6.1. Nekomerční aplikace

Nekomerční softwary byly testovány na zkušebním území, neboť území celého ORP nebyly schopné zpracovat. V příloze č. 4 vidíme výstup ze tří z nich ve srovnání s výstupem z komerční aplikace ArcGIS. Můžeme si všimnout, že u žádného nedochází k významným odchylkám. Drobné nepřesnosti mohou být způsobeny také nepřesným zadáním pozorovacího bodu z důvodů absence možnosti vložení souřadnic u některých softwarů.

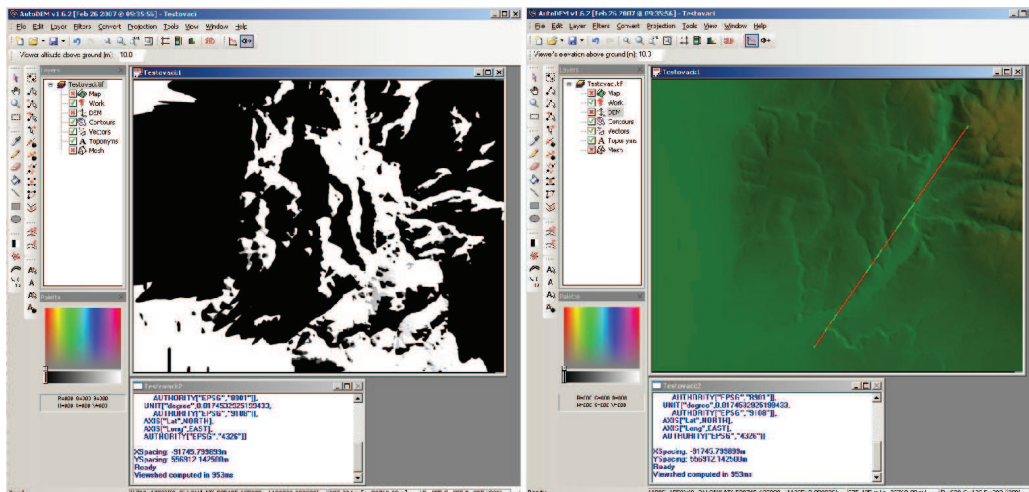
6.1.1. AutoDEM

Jak je uvedeno na oficiálních stránkách produktu [22], je AutoDEM známý také jako AutoMNT freewarový GIS sloužící k tvorbě digitálního modelu terénu z naskenovaných topografických map. Mezi jeho hlavní přednosti patří extrapolace a rekonstrukce vrstevnic a jejich následná interpolace.

AutoDEM však umožňuje také otevřít již vytvořený DMR a to například ve formátu DEM nebo TIF. S velkými soubory má ale tento program problémy a data nezobrazí. Co se týče analýz viditelnosti, umožňuje AutoDEM jak *Line of Sight* tak i *Viewshed*. Polohu pozorovatele není možné specifikovat například bodovou vrstvou nebo souřadnicemi, jediným způsobem je kliknutí do DMR.

Největší předností tohoto programu v oblasti analýz viditelnosti je rychlost výpočtu, protože vrstvu viditelného a skrytého území AutoDEM zobrazí takřka v reálném čase ihned po kliknutí.

Ukázka pracovního prostředí a výsledku LOS i Viewshedu je zobrazena na obrázku 6.2.

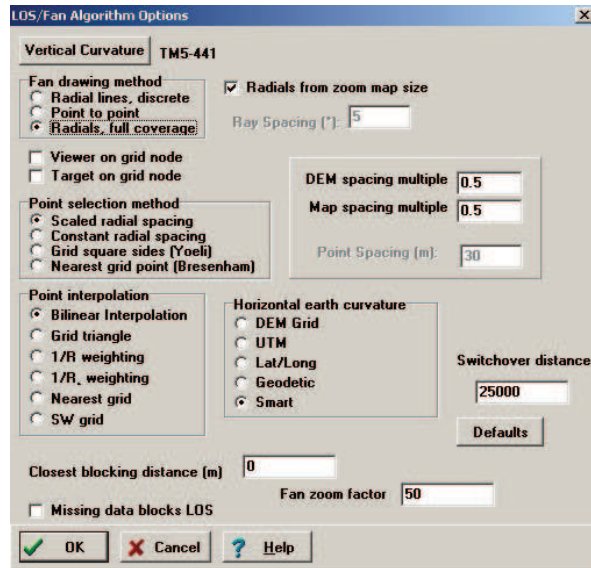


Obr.: 6.2.: Analýzy viditelnosti v prostředí AutoDEM

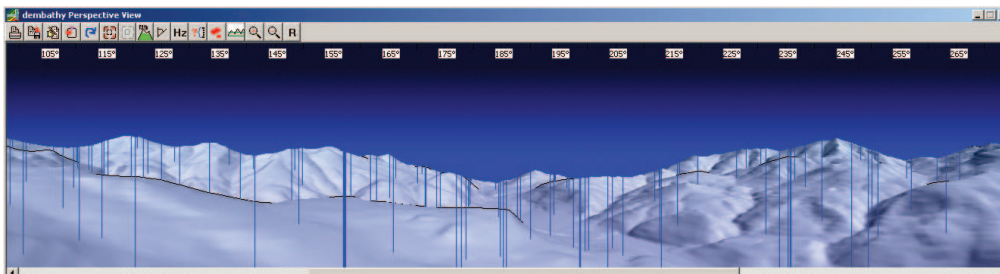
6.1.2. MicroDEM

MicroDEM je freeware vytvořený profesorem Peterem Guthem z Oceanography Department, U.S. Naval Academy [42]. MicroDEM umožňuje zobrazovat a kombinovat digitální modely terénu, satelitní snímky, vektorová data a GIS databáze. DMR je možné načíst ve většině běžných formátů, bohužel nad nimi poté není možné počítat analýzy viditelnosti. Jediným formátem který do těchto analýz může vstupovat, je USGS DEM. Tento formát je podle [49] digitální reprezentací kartografické informace v rastrové formě, které produkuje U.S. Geological Survey jako součást National Mapping Program. Veřejně dostupné je velké množství dat pro oblast Spojených států. Nevýhodou ovšem je, že žádný z dostupných programů neumožňuje konverzi gridu vzniklého v ArcGIS do formátu USGS DEM. Z tohoto důvodu nemohla být aplikace testována na datech ORP Olomouc.

Analýzy viditelnosti je možné v tomto softwaru analyzovat jako LOS i jako Viewshed. Oproti všem ostatním testovaným softwarům umožňuje MicroDEM nastavení algoritmu pro výpočet viditelnosti. Možnosti můžeme vidět na obrázku 6.3.



Obr.: 6.3.: nastavení algoritmu analýz viditelnosti v programu MicroDEM



Obr.: 6.4.:Panoramatický pohled v prostředí MicroDEM

Další velice zajímavou funkcí aplikace MicroDEM je možnost uložení analýzy viditelnosti vytvářené z linie do videosouboru. Ukázka takto vytvořeného videa je dostupná na [15]. Posledním specifickým je možnost zobrazení panoramatického pohledu z vybraného bodu. Takové panorama nám může velice dobře pomoci představit si, jaká je z tohoto bodu viditelnost.

MicroDEM obsahuje ohromné množství funkcí pro práci s digitálním modelem terénu. V mnoha ohledech předčí komerční softwary. Jeho problémem ovšem zůstává nemožnost analýz nad jiným formátem dat, než je USGS DEM, a především nestabilita, díky které dochází k častým pádům aplikace a ztrátě vytvořených dat. Nicméně i přes tyto nedostatky zůstává MicroDEM aplikací, která nabízí v oblasti analýz viditelnosti asi nejvíce možností.

6.1.3. SAGA

Jiří Petrák ze Západočeské univerzity uvádí, že SAGA je software vyvíjený na univerzitě v Goettingenu v Německu. V současnosti je ale vydáván pod licencí GPL a na jeho vývoji se tak může podílet kdokoli. [44]

Program je psán v jazyce C++ s využitím objektově-orientovaného přístupu a je koncipován modulárním způsobem. Umí pracovat i s vektorovými daty a tabulkami, ale jeho nejsilnější zbraní je zpracování dat rastrových. Petrák dále uvádí, že v oblasti zpracování rastrových dat nabízí díky své specializaci větší možnosti než mnohé komerční aplikace. Například v oblasti hydrologických analýz je dostupný modul počítající čas potřebný k opuštění povodí, který například v ArcGIS nenajdeme. [44]

V oblasti analýz viditelnosti však SAGA žádné speciální vlastnosti neobsahuje.

6.1.4. GRASS

Posledním zástupcem nekomerčních aplikací je známý software GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*), který však také žádné zvláštní nastavení pro analýzy viditelnosti neobsahuje. Jediné, co jej odlišuje od ostatních programů, je možnost zahrnutí binární masky do výpočtu analýzy viditelnosti. Celkově jsou tyto analýzy v GRASSu velice časově náročné a pro oblast o poloměru vyšším než 5000 metrů od pozorovacího bodu se viditelnost dokonce nepodařilo spočítat.

6.2. Komerční aplikace

Mezi testovanými softwary bylo pět komerčních aplikací. Jednalo se o produkty ArcGIS, ArcView GIS, ERDAS, IDRISI a trial verze produktu TNTMips. Dále analýzy viditelnosti umožňují aplikace Geomedia s nastavbou Geomedia Terrain a Global Mapper, na které bohužel nebyla k dispozici licence, tudíž nemohl být jejich potenciál detailně prozkoumán.

6.2.1. Global Mapper

Co se týče posledně jmenovaného produktu, ten podle uživatelského manuálu [34] umožňuje využití analýz viditelnosti v oblasti šíření radiového signálu, o čemž svědčí i možnost specifikace *Fresnel Zone*.

Dalším specifikem analýz viditelnosti v GlobalMapperu je možnost vložení vektorové vrstvy, která bude sloužit jako překážka ve výhledu. Tato možnost u ostatních komerčních i nekomerčních aplikací chybí, a proto je nutné vždy překážky, kterými může být například vrstva zástavby, převést na grid.

6.2.2. IDRISI

Podle Sedláka je IDRISI rastrově orientovaný programový systém rozvíjený univerzitním týmem Clark University ve Worchesteru v Massachusetts a představuje rozsáhlou aplikaci koncipovanou z počátku pro výuku geografických informačních systémů. Fyzicky představuje IDRISI soubor mnoha programů. Jednotlivé příkazy jsou seskupeny do modulů podle funkcí. [7]

Pro výpočet analýz viditelnosti slouží modul Viewshed. Kromě běžného nastavení výšky pozorovatele a vzdálenosti, po kterou se má analýza počítat, obsahuje IDRISI možnost výběru mezi typem Boolean a Proportional. Tato volba souvisí s tím, že jako pozorovací bod nevstupuje do analýz vektor, ale rastr. Analýzy viditelnosti se tak mohou počítat nejen pro body, ale také pro linie, nebo dokonce polygony. Pokud převedeme několik bodů na rastr a vložíme je jako vstupní vrstvu do analýzy s nastavenou volbou proportional, bude výsledek rozdělen do kategorií podle toho, z kolika bodů je dané místo viditelné. Obdobnou funkci nabízí ArcGIS jako Visibility.

IDRISI je prvním ze tří softwarů, které jsou schopné vypočítat Viewshed pro území celého ORP Olomouc.

6.2.3. ERDAS

Software firmy ERDAS Inc. je zaměřený na práci s leteckými a družicovými snímky, usnadňuje řešení úloh dálkového průzkumu Země (DPZ), fotogrammetrické zpracování i 3D vizualizace. K rozšiřujícím modulům patří například IMAGINE VirtualGIS — prostředí pro dynamickou 3D vizualizaci i analýzu geografických dat [45].

Právě pomocí modulu VirtualGIS umožňuje ERDAS výpočet analýz viditelnosti. Předností ERDASu je především možnost výpočtu *Multiple Viewshed*, kterou zvládá rychleji než například ArcGIS prostřednictvím *Visibility*.

Právě díky tomu byl využit například firmou Geodis Brno při zpracovávání projektu „Vizualizace větrných elektráren Jihomoravského kraje“ [24]. Využití *Multiple Viewshed* v tomto případě umožnilo nejen sledovat, jestli jsou větrné elektrárny viditelné z daného místa či nikoliv, ale kolik elektráren současně je možné vidět.

6.2.4. ArcGIS

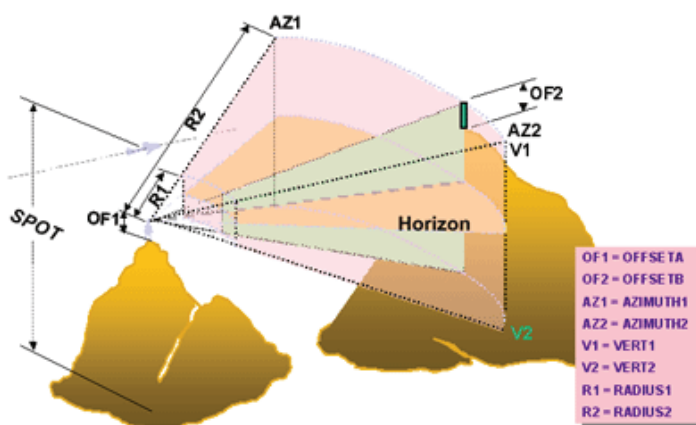
Algoritmus výpočtu viditelnosti se od verze ArcView GIS 3.x nezměnil, což dokazují naprosto totožné výsledky, jako poskytuje ArcGIS 9.3. Analýzy viditelnosti jsou obsaženy v extenzích 3D Analyst a Spatial Analyst.

ArcGIS umožňuje analýzy viditelnosti všech tří typů, tj. *Line of Sight*, *Viewshed* i *Visibility*.

První zmiňovaný typ analýzy viditelnosti je dostupný prostřednictvím ikony přímo v základním rozhraní panelu nástrojů extenze 3D analyst. Další možností jak vypočítat *Line Of Sight* v prostředí ArcGIS je využití volně dostupné extenze Military Analyst [29]. Toto rozšíření umožňuje také výpočet radiálního LOS, což je pouze jiné označení pro *Viewshed*, a to dokonce pro více pozorovatelů. Výsledek je zobrazen atypicky jako vektor. U radiálního LOS můžeme také specifikovat azimut, rozsah a výšku pozorovatele nebo

terénu. Na rozdíl od stejné funkce v 3D Analyst je toto nastavení mnohem lépe vyřešeno, uživatel může hodnoty zadávat přímo do dialogového okna. Bohužel jsou operace v prostředí Military Analyst velice časově náročné a nebylo možné vypočítat viditelnost ani pro malé testovací území.

Co se týče analýzy typu Viewshed v 3D Analyst nebo Spatial analyst, je nutné specifikovat vlastnosti vyhlídkových bodů pomocí atributové tabulky pozorovacího bodu. Základní vlastností je výška pozorovatele (OFFSETA) a výška povrchu (OFFSETB). Dalšími vlastnostmi jsou horizontální (AZIMUTH1, AZIMUTH2) a vertikální (VERT1, VERT2) úhel pohledu. Poslední možností, jak můžeme ovlivnit výsledek analýzy, je nastavení vzdálenosti, do které se bude viditelnost počítat (RADIUS1, RADIUS2). Význam jednotlivých hodnot poznáme z obrázku 6.5. V porovnání s ostatními testovanými aplikacemi je tento způsob nastavení vlastností analýzy viditelnosti jeden z nejméně uživatelsky příjemných.



Obr.: 6.5.: Možnosti specifikace nastavení Viewshed v prostředí ArcGIS [39]

Posledním nástrojem aplikace ArcGIS je využití příkazu VISIBILITY prostřednictvím nástroje Single Output Map Algebra. Tato možnost je nejkompexnější a umožňuje také například analýzu liniového tématu, viditelnost z více pozorovacích míst atd.

6.3. Výsledky

Rozdíl mezi komerčními a nekomerčními aplikacemi nebyl v kvalitě výstupu z analýzy viditelnosti nebo v kvalitě ovládacího rozhraní, které často u volně dostupných aplikací nabízelo více možností a bylo přehlednější než v případě komerčních softwarů. Největší a zásadní rozdíl mezi těmito skupinami programů spočíval v možnostech výpočtu pro velké území. Většina volně dostupných aplikací nebyla schopna digitální model terénu ORP Olomouce ani zobrazit. Ostatní pro něj nedovedly spočítat Viewshed.

I přes tento zásadní nedostatek mají tyto aplikace velké množství pozitiv, ze kterých by se měli autoři komerčních aplikací poučit, a některé funkce těchto programů implementovat do svých komerčních produktů.

Mezi komerčními softwary, které byly schopné spočítat analýzu viditelnosti pro celé zájmové území, nebyly z hlediska kvality výstupu zaznamenány žádné významné odlišnosti. Porovnání těchto tří výstupů je obsaženo v příloze č. 5. Výstupy ze všech tří aplikací jsou takřka totožné.

Otázka vstupních dat je velice atypicky řešená v případě IDRISI, kdy je nejprve nutné bodovou vrstvu převést na rastr. Ze tří softwarů použitelných pro výpočet viditelnosti v ORP Olomouc má nastavení vstupních parametrů nejlépe vyřešen ERDAS, kdy si může uživatel přímo nastavit výšku pozorovatele, rádius, azimut atd. Oproti tomu v ArcGIS je nutné tyto informace vložit do atributové tabulky jednotlivých pozorovacích bodů.

Z hlediska ovládání a možností nastavení patří mezi nejkvalitněji zpracované aplikace nekomerční MicroDEM nebo komerční Global Mapper, u nichž však nemohla být ověřena kvalita výstupu. V případě Global Mapperu z licenčních důvodů a v případě MicroDEM z důvodů nekompatibility vstupních dat.

Pro výpočet analýz viditelnosti pro ORP Olomouc byl nakonec zvolen systém ArcGIS 9.3.

7. VÝPOČET A GENERALIZACE ANALÝZ

Jak již bylo uvedeno výše, pro výpočet analýz viditelnosti byl zvolen program ArcGIS 9.3 s rozšířením 3D analyst. Funkci *Viewshed* nalezneme v nabídce *Surface Analysis*. Prostředí dialogového okna *Viewshed* nenabízí žádné nastavení, pouze pole pro vstupní vrstvy, jimiž jsou DMR a bodová vrstva reprezentující místo pozorovatele. Je nutné vždy nahrát pouze vrstvu s jedním jediným bodem. Veškeré další nastavení se specifikuje prostřednictvím záznamu v atributové tabulce, tak jak je to popsáno v kapitole 6.2.4. V našem případě bodová vrstva obsahovala pouze údaj *OFFSETA* specifikující výšku pozorovatele.

Výstupem *Viewshedu* je rastrová vrstva obsahující pouze dvě kategorie: „1“ pro viditelné území a „0“ znamenající, že toto místo je skryté.

7.1. Způsoby převodu do KMZ

Jelikož chceme výsledky prezentovat v prostředí Google Earth, musíme vyřešit problém, jakým způsobem data převést do formátu KMZ. Existují tři způsoby jak to provést.

7.1.1. Rastrová vrstva

Nejjednodušší způsob je využití funkce *Layer to KML*, která je v ArcGIS dostupná od verze 9.3. V záložce *Output Image Properties* je možné specifikovat rozlišení výsledného překryvného obrázku, který bude zobrazován v Google Earth. Problémem ale je, že při velikosti obrázku větší než cca 10000 pixelů se kmz sice vytvoří, ale aplikace Google Earth jej nezobrazí. Při nižším rozlišení dochází ke ztrátě detailu, a proto tuto variantu exportu nemůžeme využít.

7.1.2. Rastrové dlaždice

Problém s nedostatečným rozlišením můžeme vyřešit využitím volně dostupné aplikace *MapTiler* [40], pomocí které dojde k rozřezání rastru na

takzvané dlaždice (*Tiles*) a vytvoření *Super-Overlay* [37]. Princip je obdobný jako u známé aplikace Zoomify. Jedná se o pyramidové načítání vrstev neboli vrstev s různou úrovní detailu (*LOD – Level of Detail*).

Využití rastrových dlaždic se nabízí především u zobrazování starých leteckých snímků, historických map atd. V našem případě, kdy má překryvná vrstva pouze dvě kategorie, je výhodnější využít poslední možnost exportu dat do KML, kterou je převod vektorových dat.

7.1.3. Vektorová vrstva

Pro převod vektorových dat do Google Earth si můžeme vybrat z několika metod. Nejjednodušší řešení umožňuje již výše zmíněná funkce *Layer to KML*, při jejímž použití nezvolíme volbu *Return single composite image*, která slouží k převodu dat na rastr. Další možností je využití různých extenzí. Velice kvalitní je například volně dostupná „Export to KML“ [21], která nám na rozdíl od defaultního exportu z ArcGIS umožní definovat HTML popis nebo export atributových dat z tabulky.

Pro zobrazení výsledků analýz viditelnosti byla zvolena právě tato cesta.

7.2. Generalizace

Jak již bylo uvedeno výše, byl zvolen export do KMZ jako vektor. Abychom takto mohli postupovat, je nutné nejdříve vrstvu analýz viditelnosti převést z rastru na vektor. K tomu je určena funkce *Raster to Polygon*. Nevýhodou tohoto postupu je, že nám vznikne obrovské množství polygonů, mnohdy představující pouze jednu buňku původního rastru. Velikost takto vytvořeného KMZ by omezila použitelnost celé aplikace, která má fungovat v prostředí internetu. Z tohoto důvodu bylo nutné přikročit ke generalizaci.

Prvním z kritérií bylo snížení počtu polygonů s atributem „1“, tudíž polygonu odpovídajícímu viditelnému území. Druhým kritériem bylo snížení vertexů u polygonu, který odpovídal skrytému území. Aplikace Google Earth

tabulka 7.1.: Počet polygonů a vertexů při různém nastavení metody Aggregate Polygons

Název	Aggregation Distance	Minimum Area	Minimum Hole Size	Počet plg „1“	Počet Vertexů „0“
Původní	-	-	-	25072	213220
Agg 1	25	25	50	3880	121730
Agg 2	50	50	100	1490	86093
Agg 3	100	100	200	629	56000
Agg 5	150	150	250	340	41000
Agg 4	200	200	400	208	33113
Agg 8	25	25	200	3880	117353

tabulka 7.2.: Počet polygonů a vertexů při různém nastavení metody Simplify Polygon

Název	Typ	Offset	Min. Area	Počet plg „1“	Počet Vertexů „0“
Simp1	POINT_REMOVE	1	5	14429	93525
Simp2	POINT_REMOVE	1	25	18041	134134
Simp4	POINT_REMOVE	25	100	5525	38738

tabulka 7.3.: Počet polygonů a vertexů při kombinaci metod Aggregate polygons a Simplify polygon

Kombinace	Počet plg „1“	Počet Vertexů „0“
Agg2Simp1	1211	25351
Agg2Simp2	1490	40087
Agg1Simp3	3495	45753
Agg8Simp4	3495	43519



Obr.: 7.2.: Srovnání původních a generalizovaných dat

7.3. Export

Výpočet analýz viditelnosti, generalizace a další následné úpravy dat proběhly pomocí modelu vytvořeného prostřednictvím ModelBuilderu v ArcGIS. Vstupními vrstvami byl DMR a bodová vrstva obsahující údaj o výšce pozorovatele. Kromě již zmíněné generalizace došlo k výpočtu plochy polygonů, která byla později využita pro statistické ohodnocení viditelnosti z jednotlivých bodů.

Po vyexportování vrstev byly zjištěny problémy, které se týkaly se vrstev „Cyril“ a „Dub“. K nápravě došlo pomocí přesunu pozorovacího bodu. Jak už bylo zmíněno v projektu Mgr. Buriana a Mgr. Svobodové [1], pokud je bod umístěn blízko hranice pixelu, přesune se na vedlejší pixel a přes bariéru potom není vidět.

Výstupem z modelu, jehož schéma je dostupné jako příloha 6, byla polygonová vrstva obsahující údaj o ploše a druhá vrstva připravená na export do KMZ.

Tento export probíhal s využitím extenze „Export to KML“. Tato extenze vytváří soubory ve formátu KML. Z důvodů úspory místa došlo ke komprimaci těchto souborů metodou ZIP a tím k převedení na formát KMZ.

8. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZ

Jak už bylo uvedeno výše, byly vypočítány analýzy viditelnosti pro 40 vyhlídkových bodů na území ORP Olomouc. V závislosti na typu vyhlídkového bodu bylo počítáno 2 až 8 variant. Celkem se tedy jedná o 202 analýz viditelnosti.

Porovnáním s realitou bylo zjištěno, že ve většině případů výsledky odpovídají skutečnosti. Srovnání analýzy z vyhlídkového bodu „Čertoryje“ a panoramatického snímku ze stejného místa je v příloze č. 3. K rozdílům oproti realitě dochází většinou z důvodů méně podrobných dat zástavby mimo území města Olomouce.

V několika případech bylo nutné vstupní parametry upravit. Jednalo se například o špatně zvolenou výšku pozorovatele vzhledem k okolnímu terénu a nebo k situaci zobrazené na obrázku, kdy dochází k posunu pozice pozorovatele a tím pádem k nepřesným výsledkům. Tento problém byl popsán již v projektu Významné vyhlídkové body v ORP Olomouc [1].



Obr.: 8.1.: Nepřesnost způsobená posunem bodu do sousední buňky [1]

Pro každou vrstvu byla vypočítána hodnota, jak velká část území je z daného bodu při daném nastavení viditelná.

Jednou z kategorií vyhlídkových bodů byla potenciální místa pro novou rozhlednu. Jedná se o místa, která v současnosti vyhlídkovým místem

nejdou, ale mají potenciál se jimi po stavbě rozhledny stát. O správnosti volby právě těchto míst svědčí fakt, že všechny tři se umístily mezi první čtveřicí v žebříčku míst s nejlepším výhledem. Pro účely tohoto srovnání bylo uvažováno pouze letní období. Celkový počet variant pro srovnání je tedy 101.

Nejlépe umístěným reálným místem je vyhlídkový bod „Radíkovská pevnůstka“, který se umístil na třetím místě. Pokud se jedná o přírodní místa, nejlépe se umístila vyhlídka na Svatém Kopečku, a to až na 24. místě.

Dalším zajímavým údajem je nárůst viditelnosti v závislosti na změně výšky pozorovatele. Nejvyšší nárůst mezi základní výškou a osmimetrovou rozhlednou je v případě vyhlídkového bodu „Velký Týnec“ 9,85%. V případě srovnání mezi 8 a 15 metrovou rozhlednou dochází k největšímu nárůstu u vyhlídkového bodu „Véska“. V případě nejvyšší rozhledny je nárůst maximální v případě vyhlídkového bodu „Kopeček“ a to více než 23%. Nárůsty jsou ještě markantnější v případě zimní varianty.

Posledním srovnáním jsou rozdíly mezi letní a zimní variantou, které se velmi liší v závislosti na konkrétním vyhlídkovém bodě a pohybují se v intervalu od 0 do 10 procent.

Všechny tyto statistiky včetně grafů jsou přiloženy k diplomové práci na CD. Součástí práce je také porovnání výstupu z této diplomové práce a analýzy viditelnosti ze stejného místa, tak jak byla vypočítána v rámci projektu [1], na který tato práce navazuje.

Jedná se o přílohu č. 7 a jde o srovnání viditelnosti z místa „Hvězdárna“.

9. VIZUALIZACE VÝSLEDKŮ

Výsledky analýz byly vizualizovány prostřednictvím nástrojů Google Earth a Google API.

9.1. Google API

První metodou vizualizace výsledků je využití API. Zvolena byla kombinace Maps API a Earth API. První varianta je výhodná zejména proto, že není nutné instalovat žádný plugin, data jsou zobrazena přímo v okně internetového prohlížeče. Druhou výhodou je možnost volby podkladových dat, kdy si uživatel může vybrat mezi mapou, satelitním snímkem nebo zobrazením terénu.

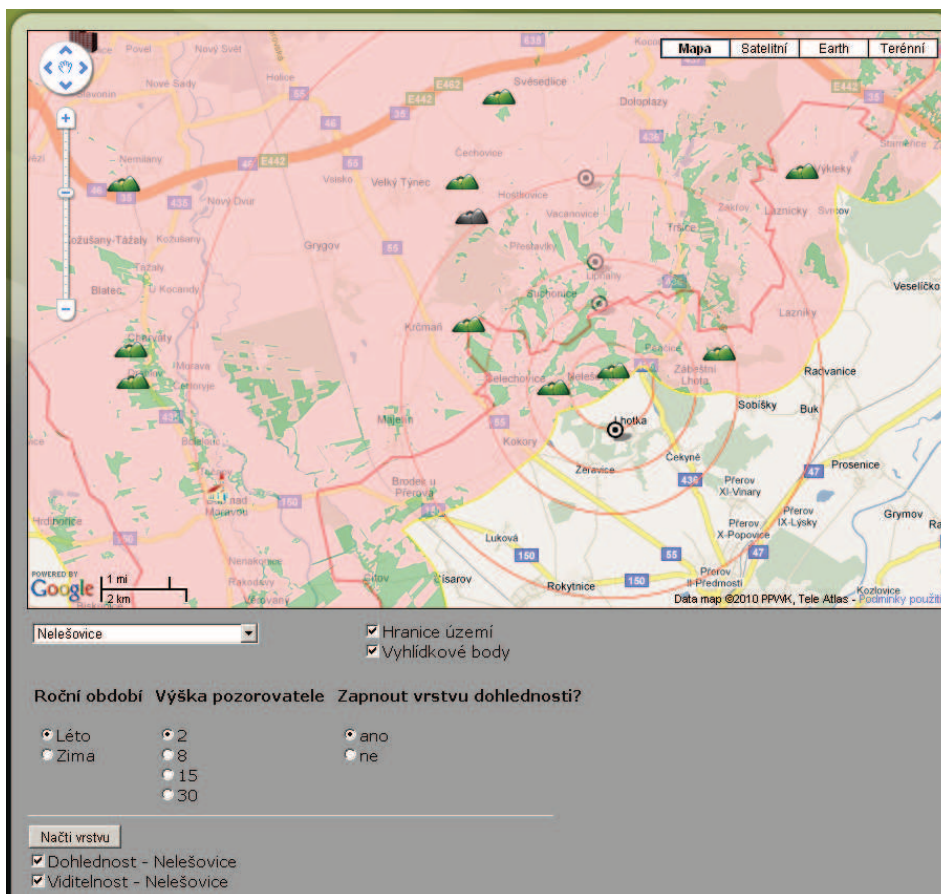
Nevýhodou Google API je nižší rychlost načítání dat v porovnání s Google Earth.

Pro vizualizaci informací o vyhlídkových bodech byla vytvořena bodová vrstva ve formátu KML. Kliknutím na jednotlivé body si může uživatel zobrazit základní informace o vyhlídkovém bodě a fotogalerii.

Pro zobrazení výsledků analýz viditelnosti byla zvolena metoda javascriptového formuláře, pomocí kterého si uživatel vybere vyhlídkový bod, roční období, výšku pozorovatele a zda chce zobrazit kružnice dohlednosti či nikoliv. Po tomto výběru se zobrazí checkbox umožňující zapínání a vypínání těchto vrstev.

Vrstvám viditelnosti byla nastavena průhlednost 65%, aby byl vidět mapový podklad. Nástroj Opacity Control for Google Maps Overlay [41] bohužel není možné použít pro KML soubory. Proto musela být napevno nastavena hodnota průhlednosti přímo v jednotlivých KML souborech.

Ukázka vizualizace v prostředí Google Maps API je na obrázku 9.1.



Obr.: 9.1.: Ukázka vizualizace analýz viditelnosti v prostředí Google Maps

9.2. Google Earth

Kromě vyšší rychlosti umožňuje Google Earth také větší funkcionalitu a její ovládání je pro uživatele jednodušší.

Oproti verzi pro Google Maps je možné zobrazit také panoramatické fotografie nebo 3D modely rozhleden. To by bylo možné i prostřednictvím Google Earth API, ale práce v Google Earth je pohodlnější a rychlejší.

Původní záměr byl zobrazovat vrstvy viditelnosti stejným způsobem, který byl zvolen v prostředí Google Maps API, tudíž javascriptovým formulářem. Bohužel do HTML popisu KML souborů není možné vkládat javascript ani například tag `<iframe>`, `<object>` nebo `<embed>` [35]. V úvahu tedy přicházela možnost odkazu na externí stránku, kde by si uživatel vyplnil

formulář a následně stáhnul KMZ soubor, což je komplikované a uživatelsky velmi nepříjemné. Druhou možností je využití NetworkLinků v panelu „Moje místa“ [36]. Zjednodušeně si tuto variantu můžeme představit jako adresářovou strukturu, kde by si uživatel postupně volil roční období, výšku, vyhlídkový bod. Pro vysoký počet kombinací je tato varianta ovšem také uživatelsky nevhodná.

Proto bylo zvoleno řešení odkazů na KMZ soubor přímo v HTML popisu jednotlivých bodů. Uživatel si tak může zvolit bod přímo v mapě, a po kliknutí a otevření popisu zvolí jeden z odkazů (kterých je v závislosti na typu bodu 2 až 8) a přímo se mu z internetu stáhne a zobrazí požadovaná vrstva.

Kromě těchto vrstev viditelnosti je možné ke každému bodu zobrazit kružnice dohlednosti, 3D model některého ze tří typů rozhledny nebo panoramatický snímek. Všechny tyto objekty se zobrazí přímo v prostředí Google Earth jako KMZ soubory. Popis jednoho z vyhlídkových bodů je zobrazen na obrázku 9.2.

Kromě bodové vrstvy obsahující 40 vyhlídkových bodů a jejich popisů obsahuje KMZ soubor hranice zájmového území a tři výstupy z analýzy typu *Visibility*. Jedná se o viditelnost kostelů a městského panoramatu. Na rozdíl od vektorových viditelností z jednotlivých bodů jsou tyto vrstvy rastrové a do Google Earth byly převedeny prostřednictvím již výše zmíněné aplikace MapTiler [40].

Poslední součástí KMZ souboru je tiráž, která je vytvořena prostřednictvím aplikace Screen Overlay Maker [30].

Kryštof Název bodu



JTSK: -1126519.55; -548212.86
WGS: 49.547705; 17.243438
246 m n.m. **GPS**

Popis bodu

Patron všech poutníků a cestovatelů sv. Kryštof drží straž nad řidiči jedoucími po olomouckém silničním obchvatu. Jeho bronzová socha v nadživotní velikosti se totiž stala společně s pamětní deskou příjemnou připomínkou stavby úseku rychlostní silnice R 35 vedoucí ze Slavonína do Přáslavic. Umělecké dílo, jež by stále připomínalo význam stavby, na kterou obyvatelé Moravy tak dlouho čekali, bylo součástí projektu. Úsek rychlostní silnice R 35, který tvoří převážnou část obchvatu Olomouce, získal v roce 2004 ocenění Stavba roku.



Fotografie (kliknutím otevřeme v novém okně)



Z místa Kryštof je výhled 30-170 stupňů a je vidět 10% území. Toto místo má tedy 29. nejlepší viditelnost v ORP Olomouc.

Základní informace o viditelnosti.

Hodnoty jsou vztažené k základní výšce a letnímu období.

Zobraz KMZ soubor obsahující: Kliknutím na obrázek otevřete požadovaný objekt

Věš 8 m



Věš 15 m



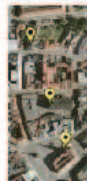
Věš 30 m



Dohled



Orientace



Panoramatická fotografie



Kliknutím zobrazíme 3D model
rozhledny o dané výšce

Kliknutím zobrazíme
dohlednost nebo
orientační body

Po kliknutí se nám přímo v Google Earth
otevře panoramatická fotografie

Zobraz vrstvu viditelnosti: Kliknutím na odkaz otevřete požadovanou vrstvu viditelnosti

Viditelnost v Zimě	Viditelné	Viditelnost v Létě	Viditelné
Základní	11%	Základní	10%
Věš 8m	14%	Věš 8m	12%
Věš 15m	21%	Věš 15m	18%
Věš 30m	29%	Věš 30m	18%

Kliknutím na odkaz otevřeme viditelnost z vybraného vyhlídkového bodu, zvoleného ročního období a výšky pozorovatele.

Odkaz na WWW stránky projektu



Obr.: 9.2.: Ukázka popisu vyhlídkového bodu s popisem ovládacích prvků

10. TVORBA PANORAMAT

Z důvodů zvýšení atraktivity vizualizace vyhlídkových bodů, ale také pro lepší představu o skutečné viditelnosti z daného místa bylo vytvořeno množství panoramatických snímků.

10.1. Typy panoramat

Existují tři druhy panoramat. Nejjednodušším z nich je prosté obdélníkové panorama, většinou složené z menšího množství fotografií. Dalším typem je panorama, u kterého dochází k projekci na plochu válce. Může se jednat o panorama s horizontálním výhledem do 360 stupňů, nebo jen o část válce. Toto panorama bývá nazýváno také cylindrické.

Posledním typem panoramatu je panorama sférické. To bývá podle [13] někdy také označované jako kulové nebo $360^\circ \times 360^\circ$ panorama. Jedná se o panoramatický snímek, který je promítán v plném rozsahu 360° horizontálně i 360° vertikálně, zobrazuje tedy rovnoměrně celý prostor. Oproti panoramatu cylindrickému je doplněno vrchlíkem i podstavou. Využitím této projekce je dosahováno nejlepšího možného podání reality, sférický panoramatický snímek totiž umožňuje pohled i kolmo nad sebe či pod sebe [13].

10.2. Vytváření panoramat

Pro účely práce byly vytvořeny všechny tři typy panoramatických snímků. Podrobné informace o tom, pro který snímek bylo použit který typ, jsou uvedeny v databázi vyhlídkových bodů, která je součástí práce na přiloženém CD. Nejnáročnější je tvorba sférického obrazu, proto bude postup popsán právě na tomto případě.

Nezbytnou pomůckou při tvorbě panoramatu je stativ, bez kterého se neobejdeme. Ještě vhodnější alternativou by byla panoramatická hlava, ta ale nebyla k dispozici. Její výhodou oproti běžnému stativu je to, že při rotaci

fotoaparátu nedochází k paralaktickým chybám [43]. Nicméně pokud nevytváříme panorama s velmi blízkými objekty (např. zábradlí), je možné využít i běžného stativu.

Pokud již máme celou scénu vyfotografovanou, můžeme přistoupit ke spojování snímků. K tomu byl využit volně šiřitelný software Hugin [38], který je dostupný dokonce v české lokalizaci. Tento program za využití nástroje *Autopano – sift - C* vyhledá na sérii fotografií totožné kontrolní body. V případě nutnosti je možné tyto body editovat, mazat nebo vytvářet nové.



Obr.: 10.1.: Klíčové body vytvořené v programu Hugin

Pokud se nám podaří zarovnat všechny fotografie, můžeme přistoupit k optimalizaci a vyrovnaní expozice. V případě sférického panoramatu nastavíme výslednou projekci na *Equirectangular* a bude vytvořen obraz v poměru stran 2:1. Ten můžeme v případě nutnosti upravit v grafickém editoru. Nutné je například vyretušování stativu.

10.3. Zobrazení v Google Earth

K zobrazení panoramatických snímků v prostředí Google Earth můžeme využít například jednoduchou aplikaci [25], která výsledné panorama rozřeže na dlaždice o velikosti 256*256 pixelů a vytvoří kml soubor.

Po jeho správném geografickém umístění můžeme zobrazit panoramatický pohled přímo v místě, ze kterého byl vyfotografován.

11. DISKUZE

Magisterskou práci můžeme rozdělit na tři pomyslné části. V první bylo nutné připravit si data DMR, dalším krokem byl samotný výpočet analýz a konverze do formátu KMZ a poslední částí byla vizualizace výsledků.

Co se týče první části, pro zvýšení přesnosti digitálního modelu povrchu by bylo možné využít data z fotogrammetrického průzkumu. Tohoto postupu využila například firma GEODIS Brno v projektu zabývajícím se vizualizací viditelnosti větrných elektráren v Jihomoravském kraji [24]. Tato metoda je bohužel velice finančně nákladná.

Jelikož ani jeden z freeware produktů nebyl schopen vypočítat analýzy pro území rozsahu Olomouckého ORP a komerční aplikace poskytují takřka totožné výstupy, závisela volba nástroje pro výpočet analýz na možnostech uživatelského rozhraní nebo na formátu vstupních a výstupních dat. Zvolen byl systém ArcGIS 9.3, ale bylo možné použít i ERDAS nebo IDRISI.

Velice důležitou se ukázala volba mezi rastrovým a vektorovým formátem zobrazovaných dat a s tím související metoda generalizace výstupů. Pokud bychom místo vektorů zvolili rastrovou formu, bylo by nutné využít nástroje MapTiler k vytvoření pyramidových vrstev, aby nedocházelo ke ztrátě kvality při změně měřítka. Další nevýhodou tohoto postupu je nemožnost změny barvy jednotlivých kategorií nebo jejich úplné vypnutí. Při využití vektorové varianty si může uživatel v prostředí Google Earth upravit vizualizaci dle svých estetických požadavků. Toto by při volbě rastrů nebylo možné.

Stěžejní část diplomové práce, vizualizace výsledků, proběhla v prostředí aplikace Google Earth a v internetovém prohlížeči za využití nástrojů Google Maps API. Jako alternativu můžeme uvažovat například prostředí Bing Maps (dříve Virtual Earth) nebo aplikaci Geoshow3D [32], která byla využita pro vizualizaci výše zmíněného projektu firmy GEODIS.

Prostředí aplikace Google Earth ale nabízí zdaleka nejvíce možností vizualizace, a proto byla pro zobrazování výsledků zvolena právě ona. Jejím nedostatkem je nemožnost využití javascriptu v HTML popisu jednotlivých bodů, a proto byla zvolena varianta odkazů na jednotlivé KMZ soubory. Tu však můžeme využít pouze v případě, že vybíráme z malého počtu výsledků. Maximální počet odkazů v našem případě byl 8. Pokud bychom však do výběru zahrnuli jen jednu proměnnou navíc, počet výsledků by se zdvojnásobil a odkazů bychom z důvodů nepřehlednosti nemohli využít.

Co se týče zvýšení atraktivity vizualizace, bylo v práci použito 3D modelů rozhleden, panoramatických snímků a fotogalerie. Pokud bychom chtěli projekt dále rozšířit, nabízí se například možnost doplnění vizualizace o 3D modely staveb uvažovaných jako vyhlídkový bod, audio, případně video, komentář k jednotlivým výsledkům nebo třeba využití animací.

Právě díky těmto možnostem, ale také díky kvalitě podkladových dat, jednoduchosti a rychlosti ovládání je potenciál aplikace Google Earth pro vizualizaci výsledků různých prostorových analýz obrovský.

12. ZÁVĚR

Cílem magisterské práce byl výpočet analýz viditelnosti z významných vyhlídkových bodů v území ORP Olomouc. Hlavním předpokladem pro kvalitní analýzy viditelnosti bylo vytvoření dostatečně přesného digitálního modelu terénu a jeho doplnění o zástavbu a vegetaci.

Vytvořeny byly dvě varianty DMR, představující stav krajiny v letním a zimním období. Tyto varianty se od sebe liší prostupností liniové vegetace, která byla vytvořena pomocí digitalizace nad ortofotosnímkiem a doplněna do DMR.

Bylo vybráno celkem 40 vyhlídkových bodů. Pokud se jednalo o technické nebo sakrální stavby, odpovídala výška pozorovatele výšce této stavby. Pokud však šlo o přírodní vrchol, byla vypočítána viditelnost při stávající situaci, ale také nárůst viditelnosti v závislosti na změně výšky pozorovatele způsobené stavbou rozhledny o výšce 8, 15 nebo 30 metrů.

Stěžejní součástí práce byla vizualizace výsledků uživatelsky atraktivní a co nejlépe dostupnou formou. Využito bylo nástrojů Google Earth a Google Maps API, které umožňuje prohlížení výstupů přímo v okně internetového prohlížeče.

V případě Google Maps má uživatel k dispozici popis a fotografie jednotlivých vyhlídkových bodů a k výsledkům analýz přistupuje prostřednictvím formuláře. Varianta pro Google Earth umožňuje vyšší funkcionalitu a navíc obsahuje panoramatické snímky nebo 3D modely rozhleden.

Obě formy vizualizace jsou široké veřejnosti přístupné prostřednictvím internetových stránek www.OlomouckeVyhledy.upol.cz, které byly k tématu práce vytvořeny a obsahují také návod a videoukázky práce s aplikací.

Autor doufá, že výsledky magisterské práce budou využitelné pro propagaci olomouckého regionu.

13. POUŽITÉ ZDROJE

- [1] BURIAN, Jaroslav; SVOBODOVÁ, Jana Významné vyhlídkové body v okolí Olomouce. In Modelovanie a simulacia priestorových dat. : Zborník referátov. Bratislava : Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2009.
- [2] CALDWELL, Douglas R. . Studies in military geography and geology. Dordrecht : Cluver academic publishers, 2004. 348 s. Dostupné z WWW: <<http://books.google.cz/books?id=Lq64QTPBqo4C>>.
- [3] DEMEK, Jaromír. Obecná geomorfologie. Praha : ČSAV, 1988. 476 s.
- [4] DODD, Howard Mannin. The Validity of Using a Geographic Information System's Viewshed Function [online]. Blacksburg : Blacksburg, 2001. 49 s. Diplomová práce. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute. Dostupné z WWW: <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-09202001-155212/unrestricted/1etd_dodd_0911.pdf>.
- [5] KUPKA, Petr. Porovnání volně dostupných nástrojů pro 3D geovizualizaci. In Sborník Gisáček 2007. Ostrava : [s.n.], 2007. s. 13. Dostupné z WWW: <postgis.vsb.cz/GISacek2007/sbornik/kupka_gisacek07.pdf>.
- [6] ONDRÁČKOVÁ, Jitka. Morfometrických charakteristik různých typů reliéfu [online]. Olomouc, 2009. 40 s. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
- [7] SEDLÁK, Pavel ; VOŽENÍLEK, Vít. Cvičení z GIS II. : Systém Idrisi32 Release Two. Olomouc : UP, 2004. 116 s.
- [8] SVOBODOVÁ, Jana. Hodnocení přesnosti digitálních modelů reliéfu. Geomorphologia Slovaca et Bohemica. 2008, 1, s. 76-81. Dostupný také z WWW: <<http://www.asg.sav.sk/gfsb/v081/gfsb080109.pdf>>.
- [9] SVOBODOVÁ, J.; TUČEK, P.; ONDRÁČKOVÁ, J. Evaluace digitálních modelů metodami statistické analýzy..Geodetický a kartografický obzor. 2009, 9, s. 227-231.
- [10] VYSOUDIL, Miroslav. Meteorologie a klimatologie. Olomouc : UP, 2006. 281 s.
- [11] WERNECKE , Josie. The KML Handbook : Geographic Visualization for the Web. [s.l.] : Addison-Wesley Professional , 2008. 368 s.
-
- [12] 3DEM [online]. 2005 [cit. 2010-02-19]. 3DEM. Dostupné z WWW: <<http://www.visualizationsoftware.com/3dem>>.
- [13] 3DPano [online]. 2009 [cit. 2010-04-29]. Sférické panorama. Dostupné z WWW: <<http://3dpano.cz/poradna/slovník/sfericke-panorama>>.

- [14] A20 Významný vyhlídkový bod [online]. 2008 [cit. 2010-04-29]. A20 Významný vyhlídkový bod. Dostupné z WWW: <<http://wgp.urm.cz/tmap/tms/aplk/db/uap/katalogjevu/list/index.php?id=102000>>.
- [15] Advanced And Animated Viewsheds With MicroDEM [online]. 2007 [cit. 2010-04-29]. FreeGeographyTools. Dostupné z WWW: <<http://freegeographytools.com/2007/advanced-and-animated-viewsheds-with-microdem>>.
- [16] Analýzy viditelnosti [online]. 2009 [cit. 2010-04-29]. Analýzy viditelnosti. Dostupné z WWW: <<http://www.geoinformatics.upol.cz/file/vyuka/ml2.pdf>>.
- [17] ArcGIS Desktop Help [online]. 2009 [cit. 2010-04-29]. Aggregate Polygons. Dostupné z WWW: <[http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=aggregate_polygons_\(data_management\)](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=aggregate_polygons_(data_management))>
- [18] ArcGIS Desktop Help [online]. 2007 [cit. 2010-04-29]. Performing a viewshed analysis. Dostupné z WWW: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=Performing_a_viewshed_analysis>.
- [19] ArcGIS Desktop Help [online]. 2009 [cit. 2010-04-29]. Simplify Polygon . Dostupné z WWW: <[http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?id=1464&pid=1457&topicname=Simplify_Polygon_\(Data_Management\)](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?id=1464&pid=1457&topicname=Simplify_Polygon_(Data_Management))>.
- [20] ArcScripts Details [online]. 2007 [cit. 2010-04-29]. Support. Dostupné z WWW: <<http://arcscripsts.esri.com/details.asp?dbid=15156>>.
- [21] ArcScripts Details [online]. 2009 [cit. 2010-04-29]. Support. Dostupné z WWW: <<http://arcscripsts.esri.com/details.asp?dbid=14273>>.
- [22] AutoDEM's HomePage [online]. 2007 [cit. 2010-04-29]. AutoDEM. Dostupné z WWW: <<http://www.autodem.com/>>.
- [23] Bureau of land management [online]. 2008 [cit. 2010-04-29]. Viewshed. Dostupné z WWW: <http://www.blm.gov/wy/st/en/resources/public_room/gis/datagis/office/viewshed.html>.
- [24] CAD.cz [online]. 2008 [cit. 2010-04-29]. Vizualizace větrných elektráren Jihomoravského kraje. Dostupné z WWW: <<http://www.cad.cz/gis/80-gis/1451-vizualizace-vetrnych-elektraren-jihomoravskeho-kraje.html>>.
- [25] CASA [online]. 2007 [cit. 2010-04-29]. The Google Earth Photo Overlay Creator. Dostupné z WWW: <<http://www.casa.ucl.ac.uk/software/photooverlaycreator.asp>>.

- [26] Cellular Expert [online]. 2009 [cit. 2010-04-29]. Cellular Expert. Dostupné z WWW: <<http://www.cellular-expert.com/>>.
- [27] Convert Nodata Values [online]. 2008 [cit. 2010-04-29]. Resource Center. Dostupné z WWW: <<http://resources.arcgis.com/content/kbase?fa=articleShow&d=34932>>.
- [28] ČHMÚ [online]. 2010 [cit. 2010-04-29]. Aktuální informace o počasí. Dostupné z WWW: <<http://www.chmi.cz/meteo/opss/pocasi/pocasisp.php?ukazatel=dohlednost&pozadi=mapareg&graf=ano>>.
- [29] ESRI [online]. 2008 [cit. 2010-04-29]. ArcGIS defence solutions. Dostupné z WWW: <<http://www.esri.com/software/arcgis/defense-solutions/military-analyst.html>>.
- [30] Free Geography Tools [online]. 2007 [cit. 2010-04-29]. The KML Screen Overlay Maker Utility. Dostupné z WWW: <The KML Screen Overlay Maker Utility>.
- [31] Fresnel zone In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-04-29]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Fresnel_zone>.
- [32] GEODIS [online]. 2008 [cit. 2010-04-29]. O GeoShow3D. Dostupné z WWW: <<http://www2.geodis.cz/geoshow3D/>>.
- [33] GIS Viewshed Analysis In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-04-29]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/GIS_Viewshed_Analysis>.
- [34] Global Mapper User's Manual [online]. 2006 [cit. 2010-04-29]. Tools Menu. Dostupné z WWW: <http://www.globalmapper.com/helpv8/Help_ToolsMenu.html#view_shed>.
- [35] Google Code [online]. 2009 [cit. 2010-04-29]. Balloons. Dostupné z WWW: <<http://code.google.com/intl/cs/apis/earth/documentation/balloons.html>>.
- [36] Google Code [online]. 2009 [cit. 2010-04-29]. Network Links. Dostupné z WWW: <http://code.google.com/intl/cs/apis/kml/documentation/kml_tut.html#network_links>.
- [37] Google Code [online]. 2008 [cit. 2010-04-29]. Superoverlays. Dostupné z WWW: <http://code.google.com/intl/cs/apis/kml/documentation/kml_21tutorial.html#superoverlays>
- [38] Hugin [online]. 2010 [cit. 2010-04-29]. Hugin. Dostupné z WWW: <<http://hugin.sourceforge.net/>>.

- [39] Kml2shp [online]. 2010 [cit. 2010-04-29]. Google Earth to Shapefile. Dostupné z WWW: <<http://www.zonums.com/online/kml2shp.php>>.
- [40] MapTiler - Map Tile Cutter [online]. 2008 [cit. 2010-04-29]. MapTiler - Map Tile Cutter. Dostupné z WWW: <<http://www.maptiler.org/>>
- [41] MapTiler - Map Tile Cutter [online]. 2009 [cit. 2010-04-29]. Opacity Control for Google Maps Overlay. Dostupné z WWW: <<http://www.maptiler.org/google-maps-overlay-opacity-control/>>.
- [42] MicroDEM Home Page [online]. 2007 [cit. 2010-04-29]. MicroDEM Home Page. Dostupné z WWW: <<http://www.usna.edu/Users/oceano/pguth/website/microdem/microdem.htm>>
- [43] Panoramic tripod head In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-04-29]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Panoramic_tripod_head>.
- [44] Představení produktu SAGA GIS [online]. 2004 [cit. 2010-04-29]. Představení produktu SAGA GIS. Dostupné z WWW: <http://gis.zcu.cz/studium/apa/referaty/2006/Petrak_SAGA_GIS/>.
- [45] T-Mapy [online]. 2009 [cit. 2010-04-29]. Produkty ERDAS. Dostupné z WWW: <http://www.tmapy.cz/public/tmapy/cz/_software/erdas/_erdas_produkty.html>.
- [46] Transit Village and Flatirons Viewshed Analysis [online]. 2007 [cit. 2010-04-29]. Transit Village and Flatirons Viewshed Analysis. Dostupné z WWW: <http://www.bouldercolorado.gov/files/PDS/Transit%20Village/transit_village_and_flatirons_viewshed_analysis.pdf>.
- [47] UCL [online]. 2007 [cit. 2010-04-29]. Visibility Graph Analysis. Dostupné z WWW: <<http://www.vr.ucl.ac.uk/research/vga/>>.
- [48] USGS [online]. 2009 [cit. 2010-04-29]. MER Landing Site Viewshed Analysis. Dostupné z WWW: <http://webgis.wr.usgs.gov/mer/viewshed_analysis.htm>.
- [49] USGS SDTS format [online]. 2001 [cit. 2010-04-29]. GeoCommunity. Dostupné z WWW: <<http://data.geocomm.com/dem/>>.
- [50] Viewshed Analysis Visibility Study Jordanville Wind Energy Project [online]. 2006 [cit. 2010-04-29]. Viewshed Analysis Visibility Study Jordanville Wind Energy Project. Dostupné z WWW: <<http://www.otsego2000.org/documents/stonevisualizationanalysisreportrev.pdf>>.

SUMMARY

The aim of the thesis was to calculate visibility analysis for the best observation points in the district of Olomouc. The main prerequisite for quality visibility analysis is a sufficiently accurate digital terrain model with addition of buildings and vegetation.

Two variants of DTM were developed, first for summer and second for winter season. These variants differ in liner vegetation permeability. Liner vegetation was created by digitalization of the orthoimagery and then added to the DTM.

Fourty observation points were determined. If the point represents technical or sacral building, height of the observer matches height of the building. However, if the point represents natural place, visibility was calculated from elevation, but also from heights of 8, 15 and 30 meters. The analysis shows the change of visibility in the case of building a lookout tower of this height.

Primary objective of the thesis was visualization of the results in a user-friendly and attractive form. Google Earth and Google maps API were chosen as the best visualization methods. In the case of Google Maps, user can see description and photographs of the observation point. Access to the results of visibility analysis is mediated by the JavaScript form.

Google Earth allows more functionality, and includes also panoramic images and 3D models of lookout towers.

Both forms of visualization are easily accessible by public through website www.OlomouckeVyhledy.upol.cz which was created for the purpose of the thesis. The website also includes instructions how to use the application and video-clips which show the same in more interesting form.

Author hopes that the results of the thesis will be useful for the promotion of the Olomouc region.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

1. CD-ROM

- Textová část diplomové práce
- Adresářová struktura naplněná daty a kmz soubor sloužící k spuštění aplikace v prostředí Google Earth
- Soubory s vytvořenými analýzami viditelnosti (shp, kmz)
- Vstupní data (DMR, zástavba, lesy, vyhlídkové body)
- Databáze vyhlídkových bodů, Statistiky viditelnosti (xls)
- 3D modely rozhleden (skp, kmz)
- Instalační soubory použitých softwarů
- Videoukázky práce s aplikací
- Zálohy WWW stránek

2. Volné obrazové přílohy

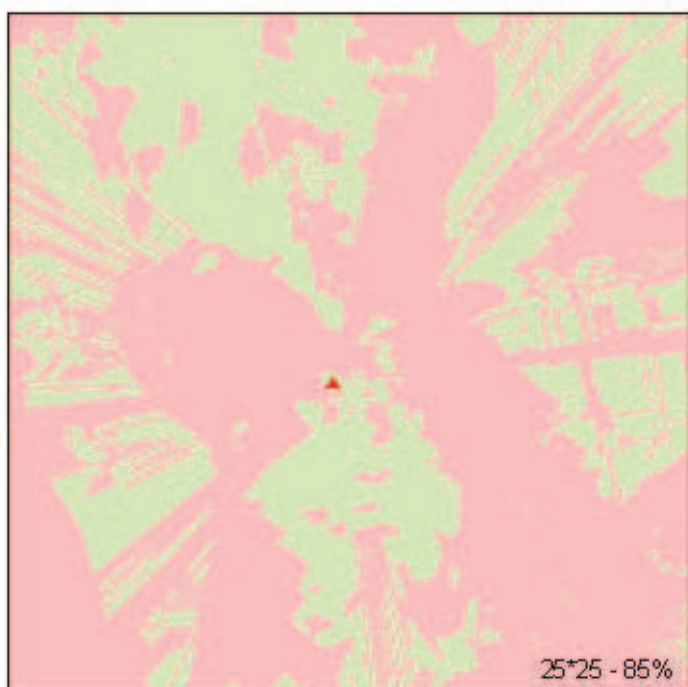
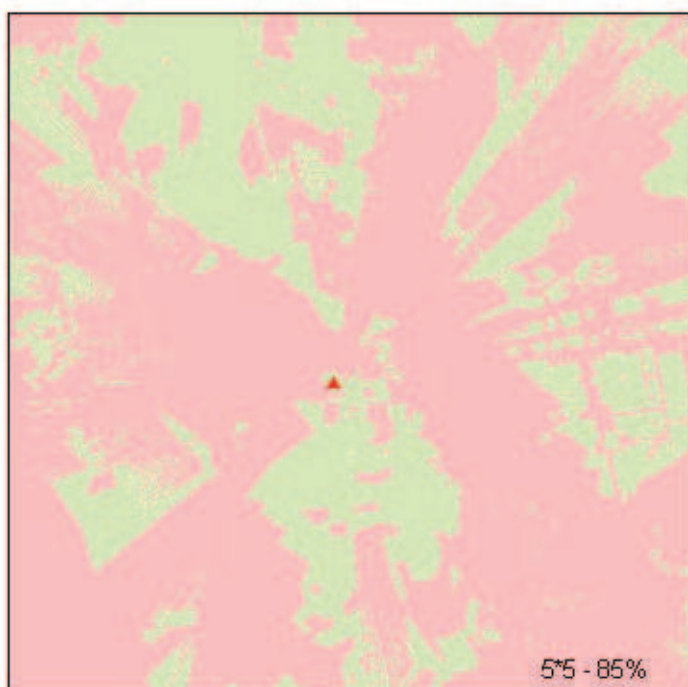
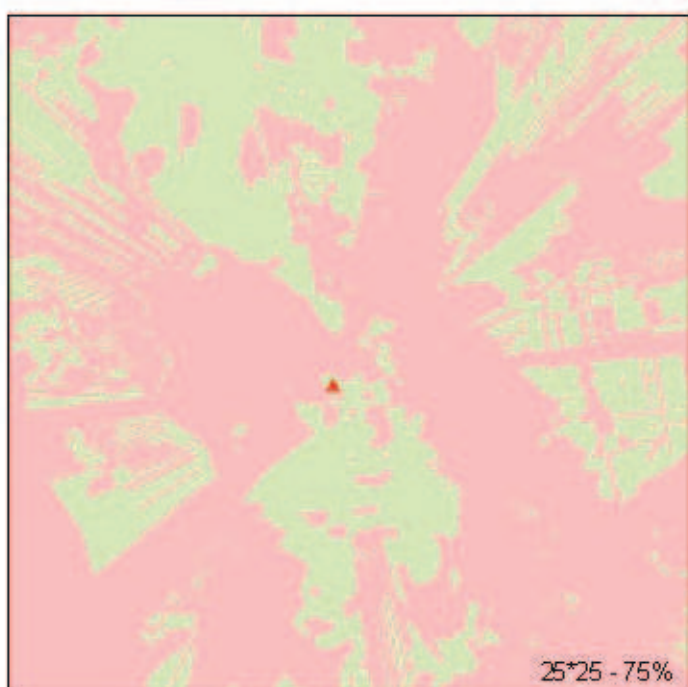
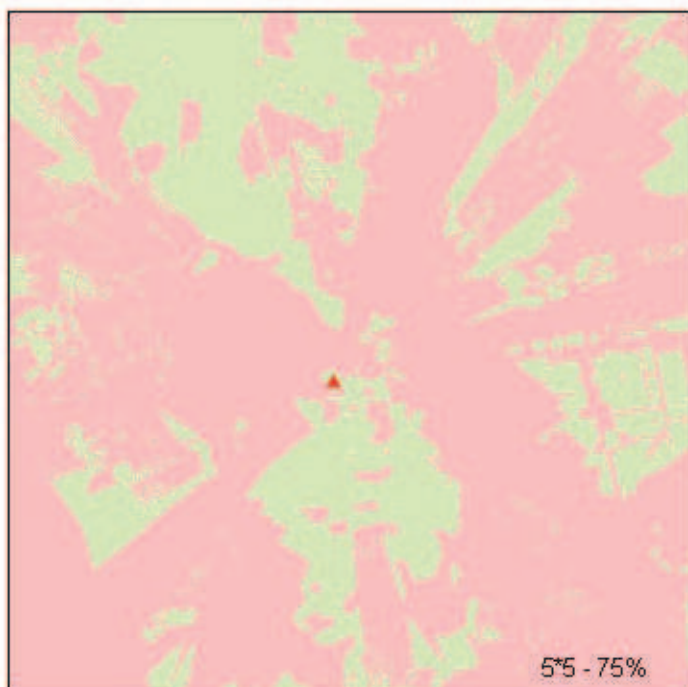
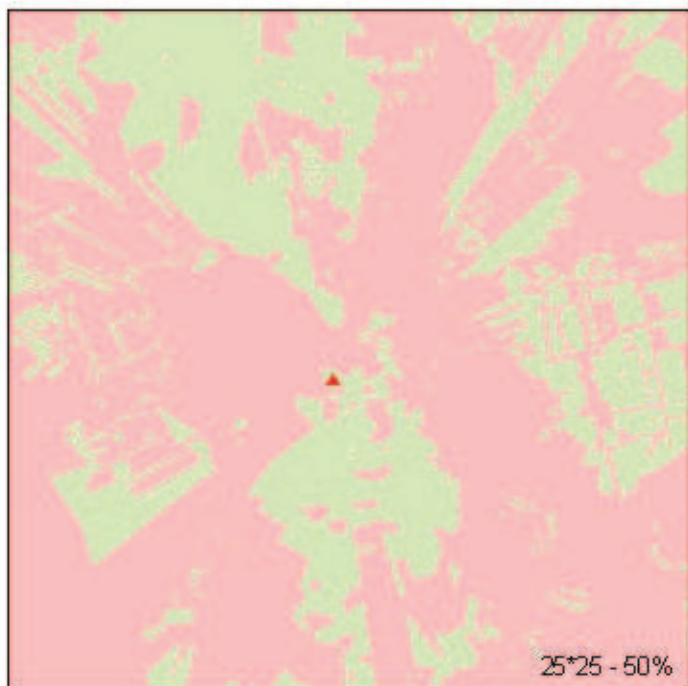
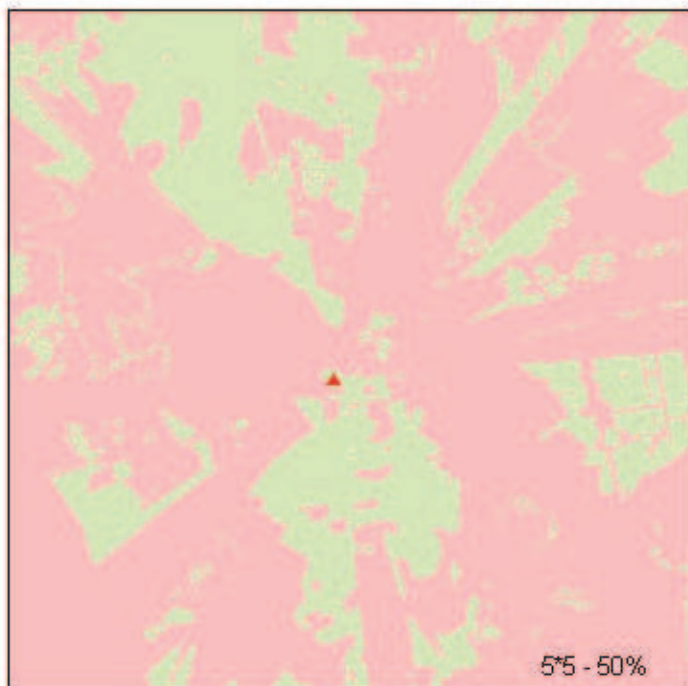
- **Příloha 1:** Srovnání způsobů řešení prostupnosti liniové vegetace – Velikost buňky 5*5 a 25*25 metrů.
- **Příloha 2:** Srovnání způsobů řešení prostupnosti liniové vegetace – Velikost buňky 15*15 metrů.
- **Příloha 3:** Srovnání výsledku analýzy viditelnosti s realitou na příkladě vyhlídkového bodu Čertoryje.
- **Příloha 4:** Srovnání nekomerčních aplikací se softwarem ArcGIS.
- **Příloha 5:** Srovnání komerčních produktů
- **Příloha 6:** Schéma modelu sloužícího k výpočtu analýz viditelnosti a jejich přípravě pro export

- **Příloha 7:** Srovnání výstupu z diplomové práce a projektu Významné vyhlídkové body ORP Olomouc

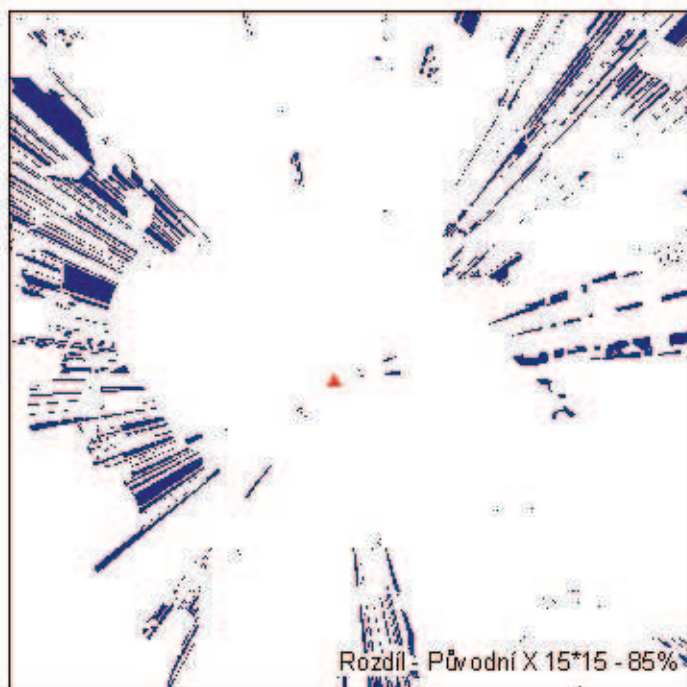
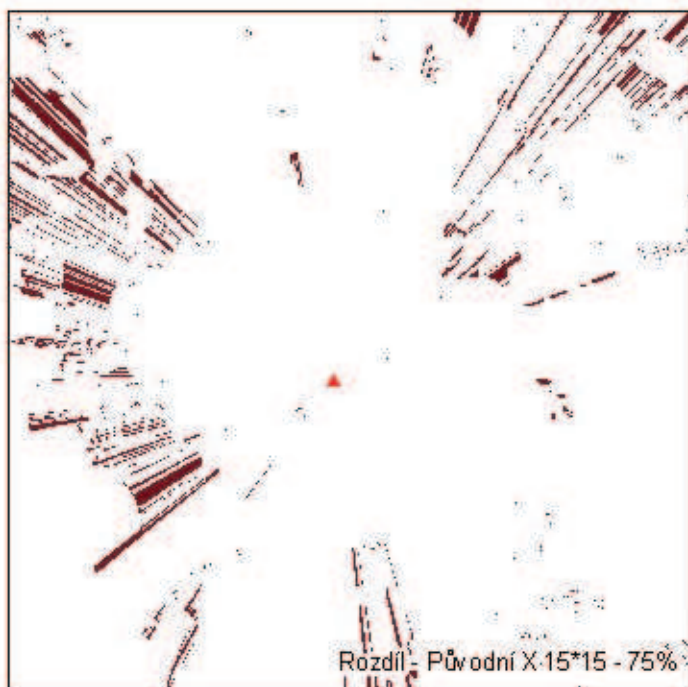
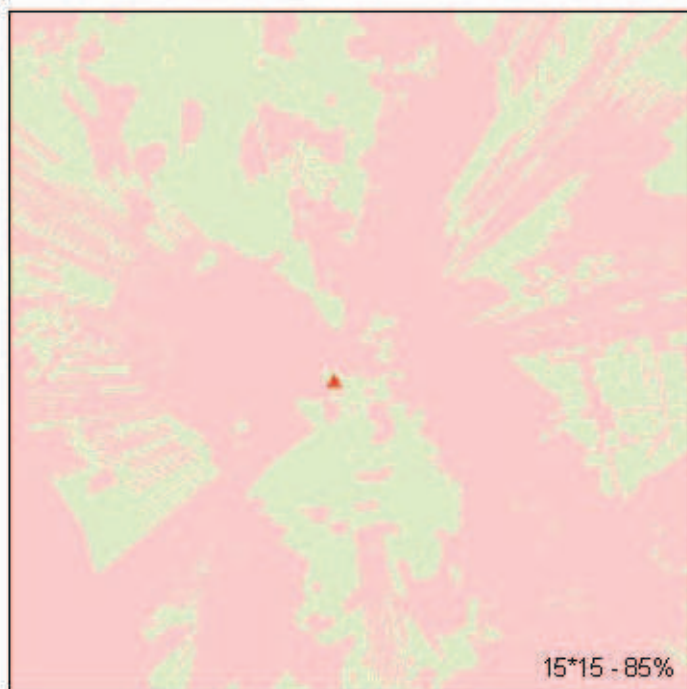
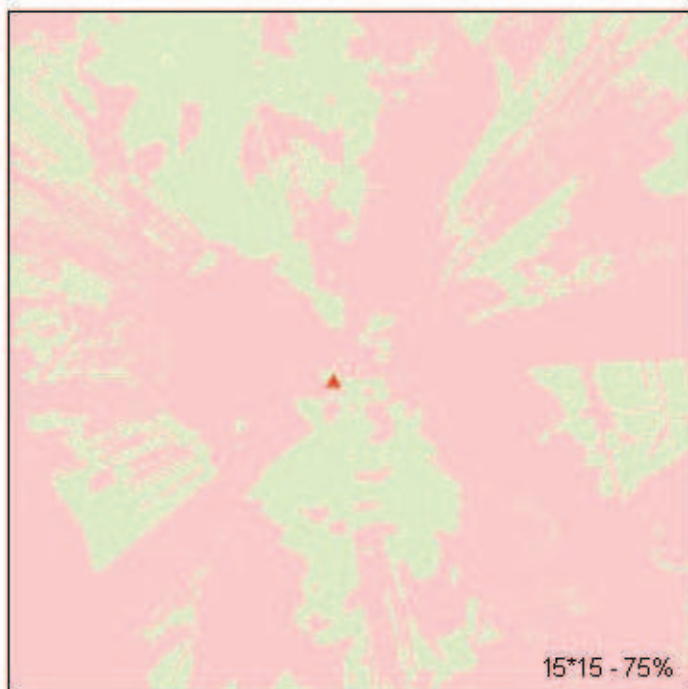
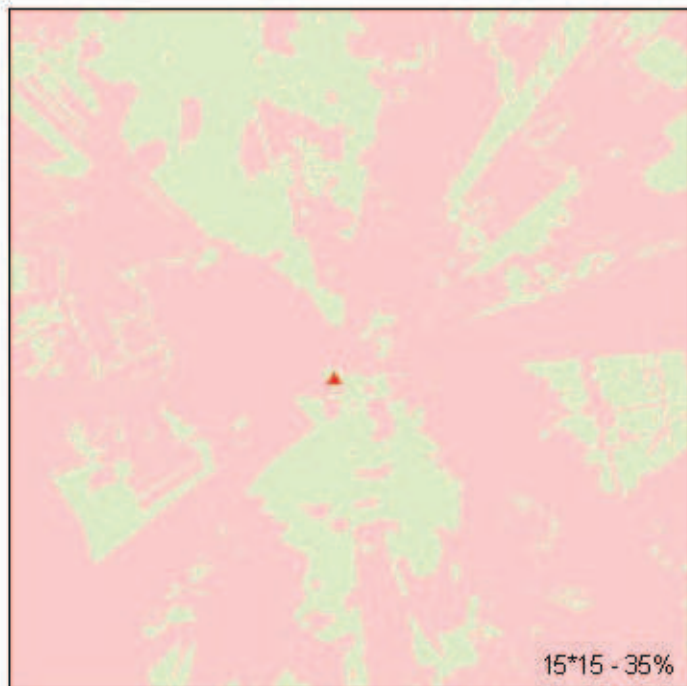
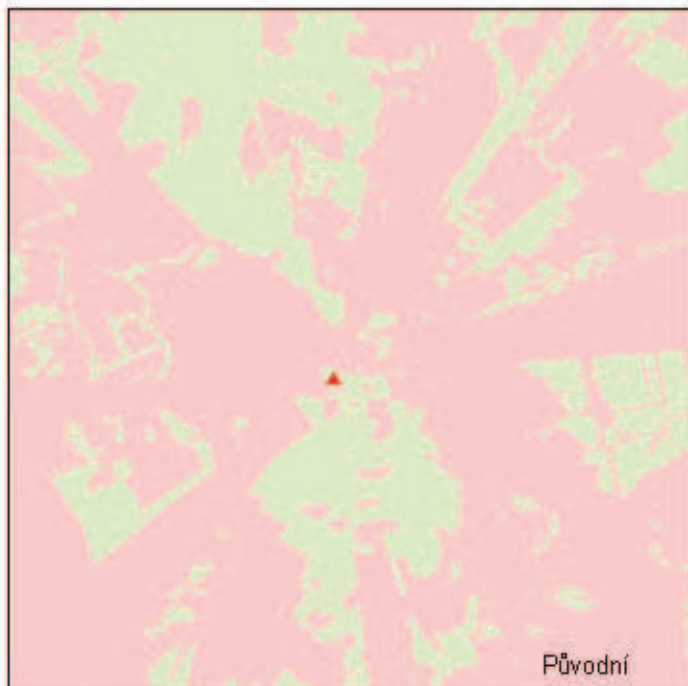
3. Smlouvy

- Smlouva s ÚHÚL o poskytnutí dat
- Potvrzení od CVT o poskytnutí domény

Příloha 1. Srovnání způsobů řešení prostupnosti liniové vegetace - Velikost buňky 5*5 a 25*25 metrů



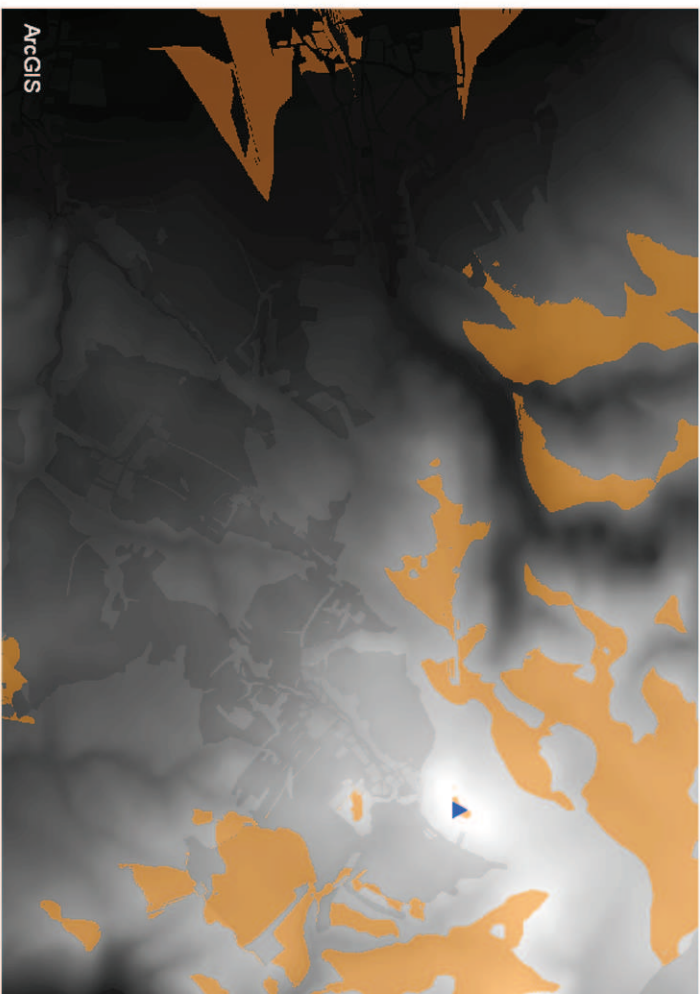
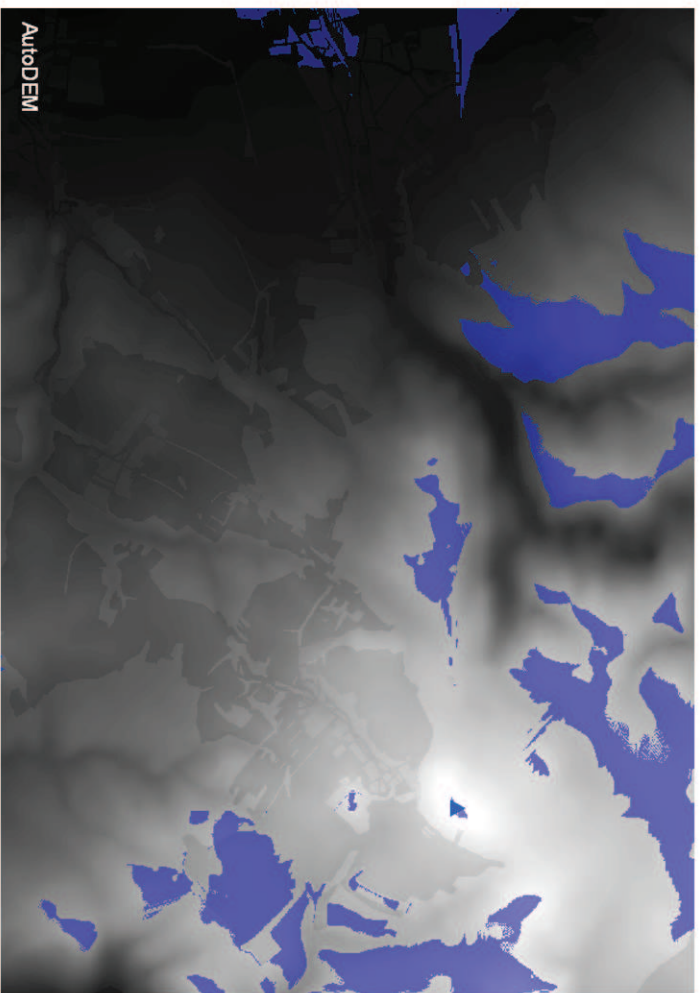
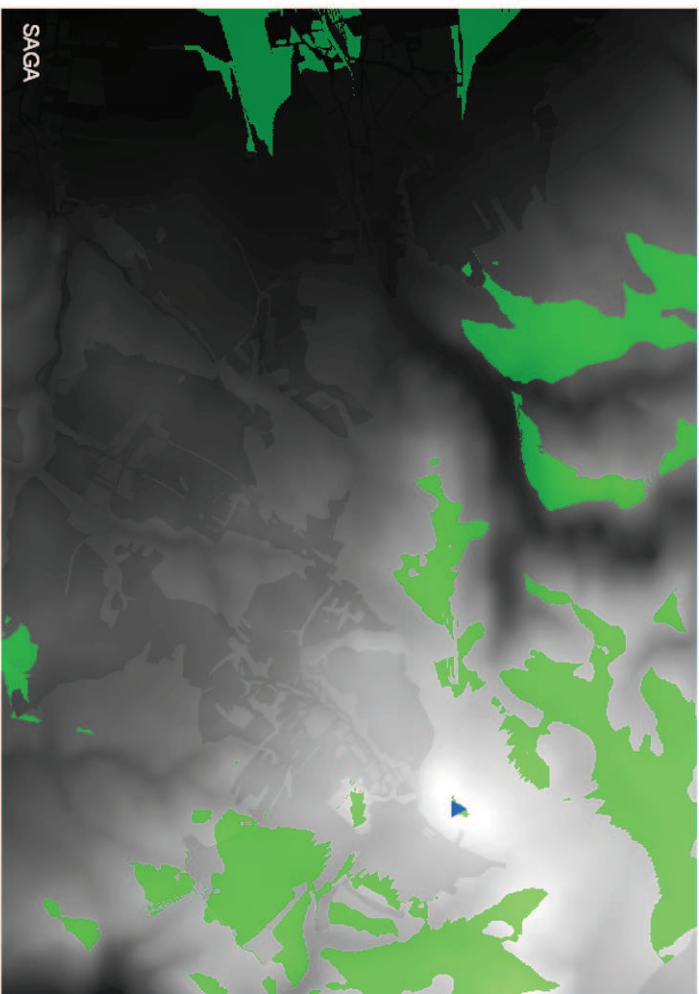
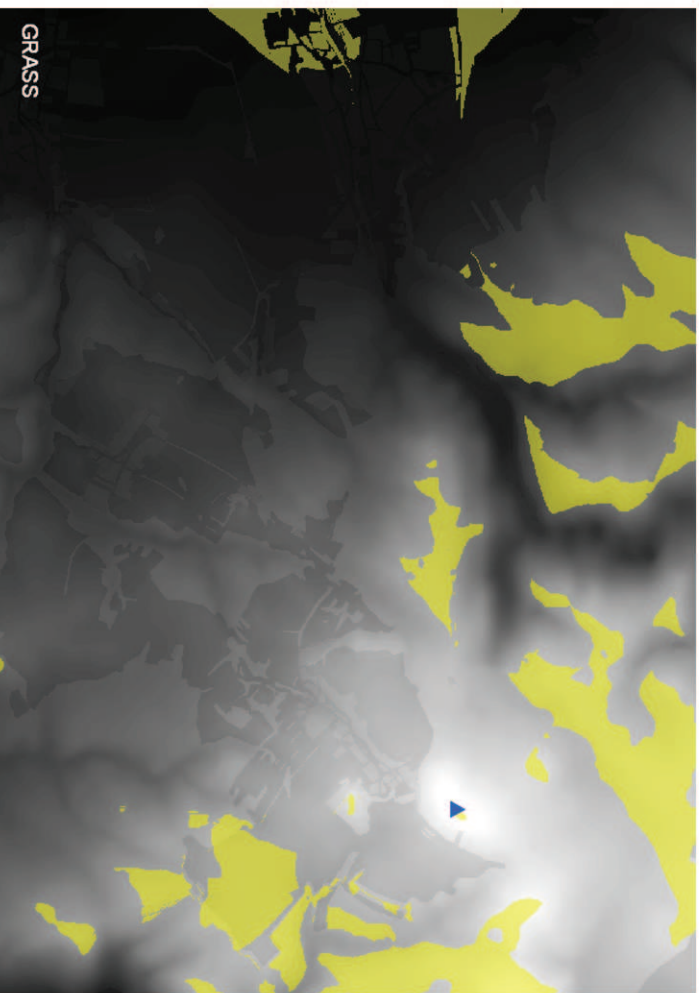
Příloha 2. Srovnání způsobů řešení prostupnosti liniové vegetace - Velikost buňky 15*15 metru



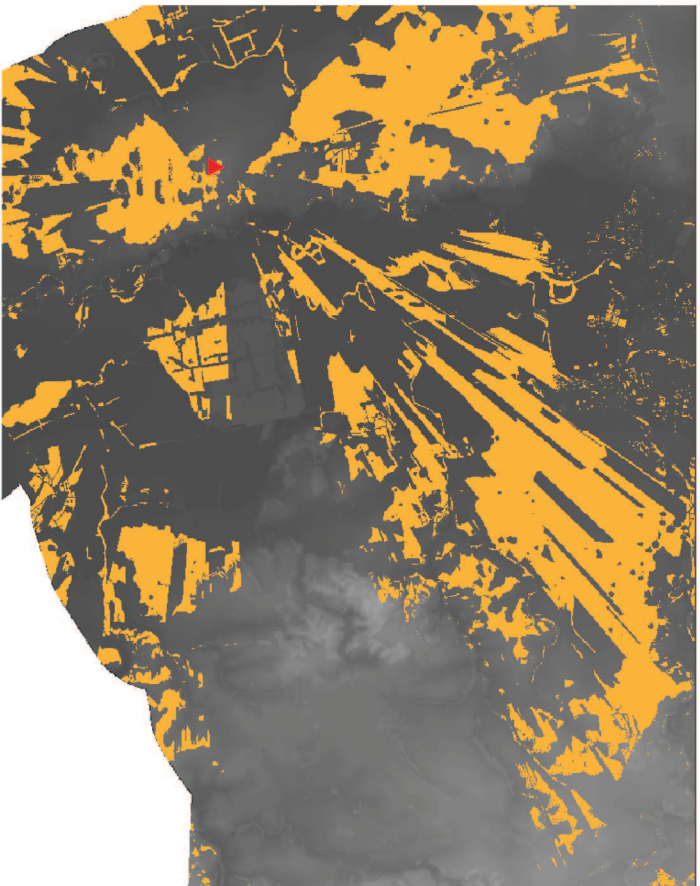
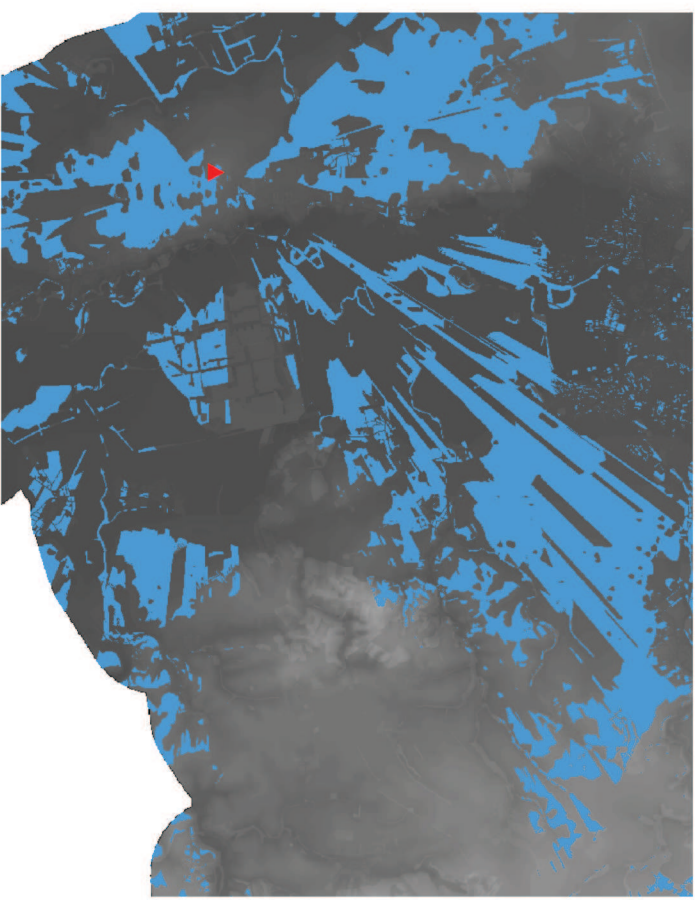
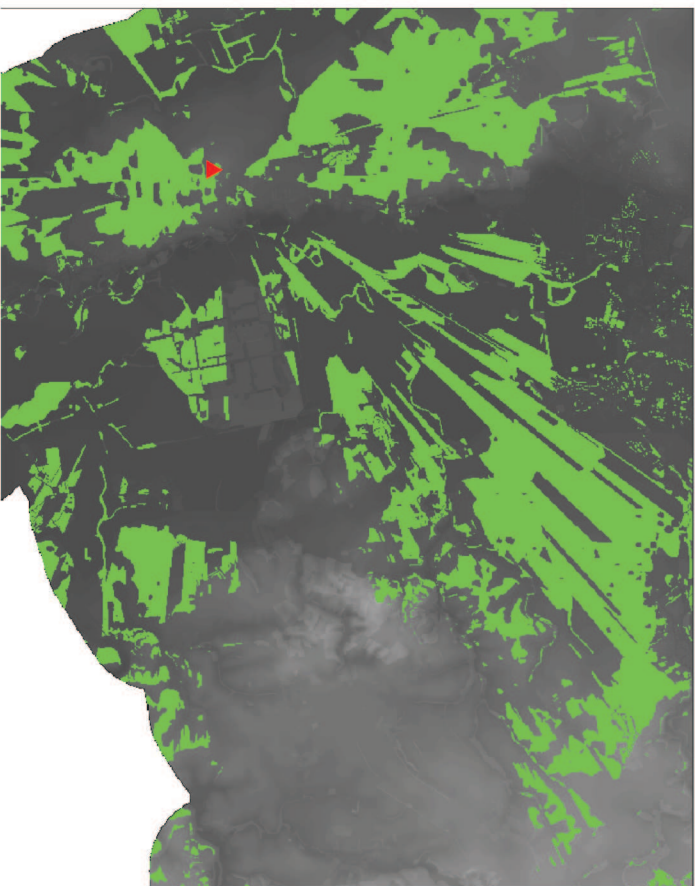
Příloha 3. Srovnání výsledku analýzy viditelnosti s realitou na příkladě vyhlídkového bodu Čertoryje



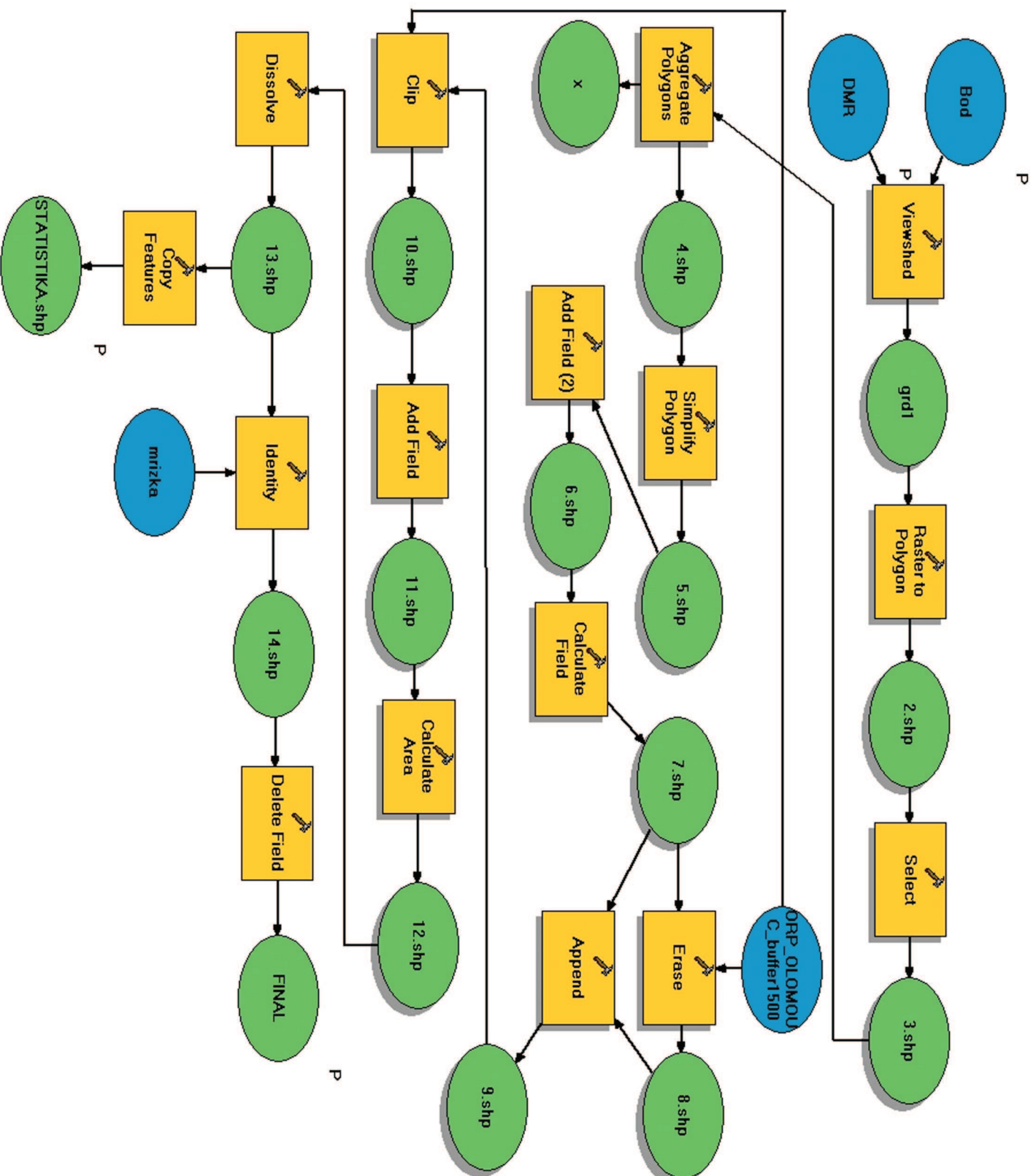
Příloha 4: Srovnání analýz viditelnosti nekomerčních softwarů s ArcGIS.



Příloha 5: Srovnání výstupů z komerčních aplikací: ArcGIS (Vlevo nahoře), IDRISI (vpravo nahoře) a ERDAS (dole)

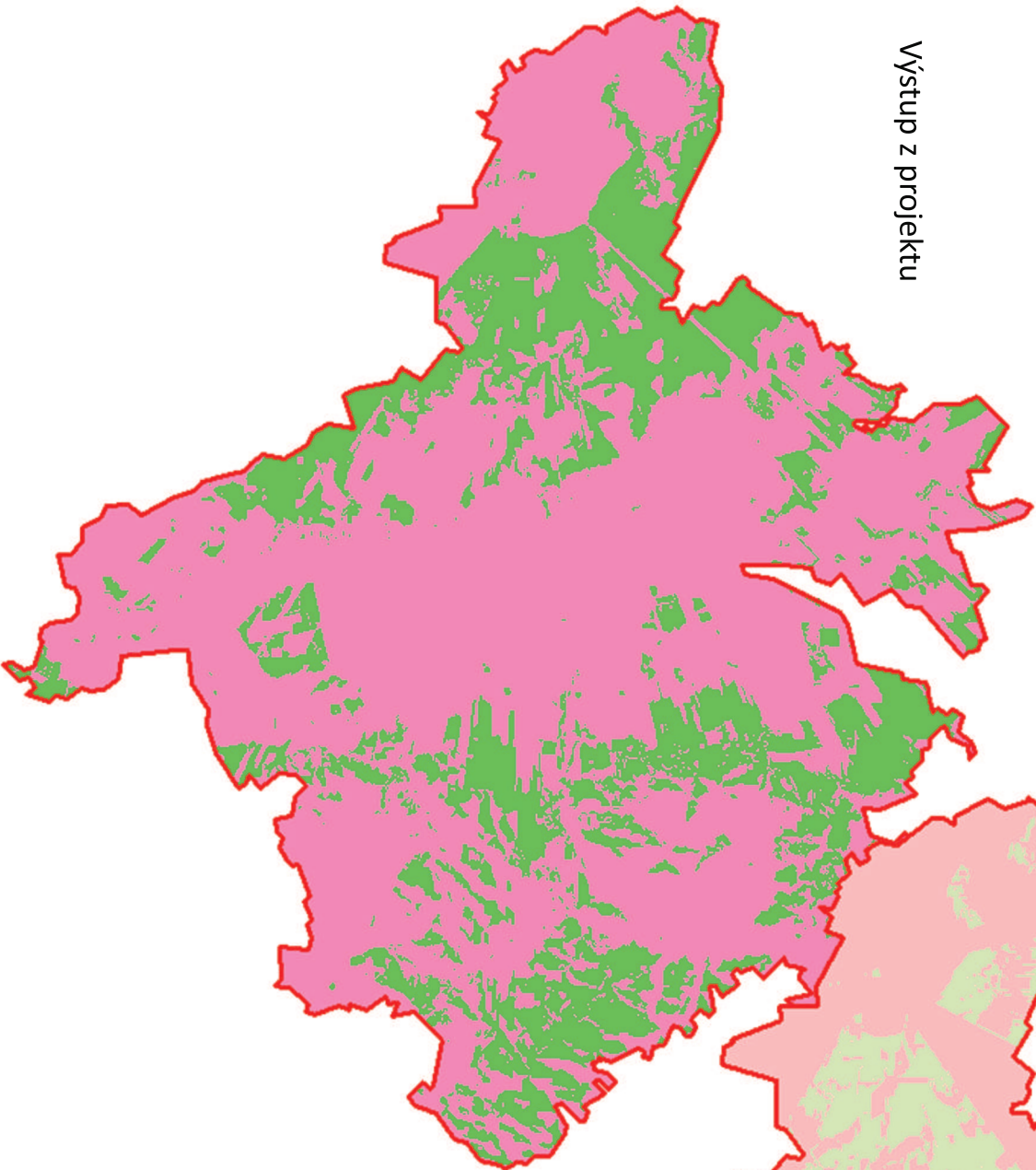


Příloha 6: Schéma modelu služičního k výpočtu analýz viditelnosti, jejich generalizaci a přípravě pro export



**Příloha: Srovnání výsledků diplomové práce s projektem
"Významné vyhlídkové body v ORP Olomouc"**

Výstup z projektu



Výstup z diplomové práce

