



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

PROSTOROVÉ ANALÝZY NAD 3D MODELEM MĚSTA

SPATIAL ANALYSES BASED ON 3D CITY MODEL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Miroslava Florková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ VOLAŘÍK

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie a kartografie (N)
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Miroslava Florková
Název	Prostorové analýzy nad 3D modelem města
Vedoucí práce	Ing. Tomáš Volařík
Datum zadání	30. 11. 2015
Datum odevzdání	27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Manuály k programu CityEngine dostupné na <http://video.esri.com/series/62/cityengine>

Materiály pro ArcGIS dostupné na <https://github.com/Esri/3d-cities-template>

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem této práce je využít dostupné 3D modely města dle strategie otevřených dat (Praha, Berlín, apod.) a prozkoumat možnosti nástrojů pro prostorové analýzy. Provedte rešerši současných technologických možností v oblasti 3D GIS. Konkrétní požadovanou úlohou je simulace zorného pole kamerového systému pomocí 3D modelu města. Zvolte si vhodnou lokalitu z dostupných 3D dat a proveďte prostorovou analýzu, jejímž výstupem bude mapová vrstva znázorňující zorná pole kamer v průniku s modelem. Požadovaným výstupem je přehledná grafická příloha znázorňující výsledek prostorové analýzy, popř. dle technologických možností 3D webová scéna online.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Tomáš Volařík
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práca je zameraná na geografické informačné systémy a možnosti analyzovania geografických dát. V práci sú predstavené príklady priestorových analýz a možnosti nástrojov na ich tvorbu v systéme ArcGIS. Hlavným cieľom bolo vytvorenie simulácie kamerového systému v prostredí 3D modelu mesta a následné vytvorenie konkrétnej priestorovej analýzy, ktorej výsledkom sú prieniky zorných poli kamier s 3D modelom mesta. Výsledkom je 3D vizualizácia, ktorá zobrazuje rozsah územia snímaného kamerami. Na záver boli zhodnotené dosiahnuté výsledky.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

geografický informačný systém, priestorová analýza, zorné pole kamery, kamerový systém ArcGIS, 3D, CityEngine

ABSTRACT

The thesis is focused on geographic information systems and geographic data analyses tools. Examples of spatial analyses and tools for their creation are presented in ArcGIS at work. The main goal was to create a simulation camera system in the 3D urban model and to create spatial analyzes resulting in the camera's field of vision being intersected with the 3D model of the city. The result is 3D visualization, which shows the range of camera shooting areas. The results obtained were evaluated at the end.

KEY WORDS

geographical information system, spatial analysis, camera field of view, camera system, ArcGIS, 3D, CityEngine

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA VŠKP

Bc. Miroslava Florková *Prostorové analýzy nad 3D modelem města*. Brno, 2017. 73 s., 0 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie.
Vedoucí práce Ing. Tomáš Volařík

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že diplomovú prácu som spracovala samostatne a že som uviedla všetky použité informačné zdroje.

V Brne dňa 26. 5. 2017

Bc. Miroslava Florková
autor práce

POĎAKOVANIE

Na tomto mieste by som sa rada poďakovala vedúcemu práce Ing. Tomášovi Volaříkovi za cenné poznatky a rady pri tvorbe diplomovej práce.

Ďalej by som rada poďakovala svojej rodine a priateľom za podporu behom celého štúdia.

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. ÚVOD DO GEOGRAFICKÝCH INFORMAČNÝCH SYSTÉMOV	10
2.1. Úlohy GIS	10
2.2. Dáta v GIS	11
2.3. Komponenty GIS	14
2.4. Možnosti využitia GIS	14
3. PRIESTOROVÉ ANALÝZY	16
3.1. Analytické možnosti v GIS	17
3.1.1. Funkcie merania	17
3.1.2. Vyhľadávanie a výber údajov	17
3.1.3. Topologické prekrývanie	20
3.1.4. Mapová algebra	21
3.1.5. Vzdialenostné analýzy	23
3.1.6. Sieťové analýzy	24
3.1.7. Analýzy povrchu	27
3.1.8. Ostatné analytické metódy	29
4. 3D GIS	30
4.1. Výhody 3D	31
4.2. Technologické možnosti v oblasti 3D GIS	31
4.3. 3D analýzy	32
4.3.1. 3D Features	33
4.3.2. CityEngine	34
4.3.3. Conversion	34
4.3.4. Data Management	35
4.3.5. Viditeľnosť	35
4.3.6. Nástroje na analyzovanie terénu	36
5. SOFTVÉROVÉ VYBAVENIE	38
5.1. ArcGIS 10.5	38
5.2. CityEngine	40
6. SIMULÁCIA ZORNÉHO POĽA KAMEROVÉHO SYSTÉMU	41
6.1. Použité dáta	41
6.1.1. 3D model Prahy	41

6.1.2. Otvorené priestorové dáta.....	43
6.1.3. Príprava dát.....	44
6.2. Zorné pole kamerového systému	44
6.2.1. Vytvorenie pravidla pre vykreslenie kamier	45
6.2.2. Aplikácia pravidla a vygenerovanie modelu kamier	48
6.3. Priestorové analyzovanie zorného poľa kamier	49
6.3.1. Analýza viditeľnosti	51
6.4. Vizualizácia priestorových analýz	53
6.4.1. Vizualizácia budov	53
6.4.2. Vizualizácia terénu	55
6.4.3. Grafické znázornenie prienikov	58
6.4.4. Grafické znázornenie viditeľnosti	60
6.5. Webová mapová scéna	62
7. ZÁVER	64
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	66
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK	68
ZOZNAM OBRÁZKOV	69
ZOZNAM TABULIEK	72
ZOZNAM PRÍLOH.....	73

1. ÚVOD

Diplomová práca sa zaoberá problematikou geografických informačných systémov (GIS), ktoré zasahujú do širokých oblastí ľudskej sféry. Neustále rozvíjajúce sa geoinformačné technológie rozširujú aj možnosti modelovania a analyzovania geografických dát.

Hlavným cieľom práce je vytvoriť simuláciu zorného poľa kamerového systému a následné vytvorenie konkrétnych priestorových analýz, ktoré zobrazia rozsah snímaného územia kamerami. Ako podklad pre tvorbu bol využitý voľne dostupný 3D model mesta, ktorý je súčasťou otvorených dát Prahy.

Teoretická časť práce začína úvodom do geografických informačných systémov a ďalej popisuje základné druhy priestorových analýz a ich nástrojové možnosti v systéme *ArcGIS*. Samostatná kapitola je venovaná 3D GIS, ktorý nachádza efektívne využitie predovšetkým v mestskom plánovaní.

Praktická časť začína predstavením softvérového vybavenia použitého pri tvorbe práce. Nasledujúca šiesta kapitola sa zaoberá modelovaním zorných polí kamier a tvorbou analýz, ktorých výsledkom sú prieniky kamier s 3D modelom mesta. Táto kapitola končí vizualizáciou a grafickým znázornením výsledkov priestorových analýz.

Záverečná kapitola obsahuje zhodnotenie vytvorenej simulácie a dosiahnutých výsledkov.

2. ÚVOD DO GEOGRAFICKÝCH INFORMAČNÝCH SYSTÉMOV

Geografický informačný systém je reprezentovaný skratkou GIS a jeho hlavnou podstatou je, že má väzbu na priestor geografického povrchu. V dnešnej dobe sa tento pojem pomerne často skloňuje a preto je možné na internete nájsť mnoho definícií tohto informačného systému. Jedna z nich popisuje GIS ako funkčný celok vytvorený integráciou technických a programových prostriedkov, dát, pracovných postupov, obsluhy, užívateľov a organizačného kontextu, zameraný na zber, ukladanie, správu, analýzu, systému a prezentáciu priestorových dát pre potreby popisu, analýzy a simuláciu sveta s cieľom získať nové informácie potrebné pre správu a využívanie tohto sveta [1].

Medzi hlavné možnosti GISov patria:

- Zobrazovanie geografických dát a vytváranie počítačových máp
- Ukladanie množstva popisných vlastností
- Separovanie a vyberanie geografických objektov podľa ich atribútov
- Zostavovanie otázok na jednotlivé geografické objekty a zároveň získavanie vhodných odpovedí
- Vytváranie nových priestorových dát pomocou priestorových operácií, analýz a modelovania

2.1. Úlohy GIS

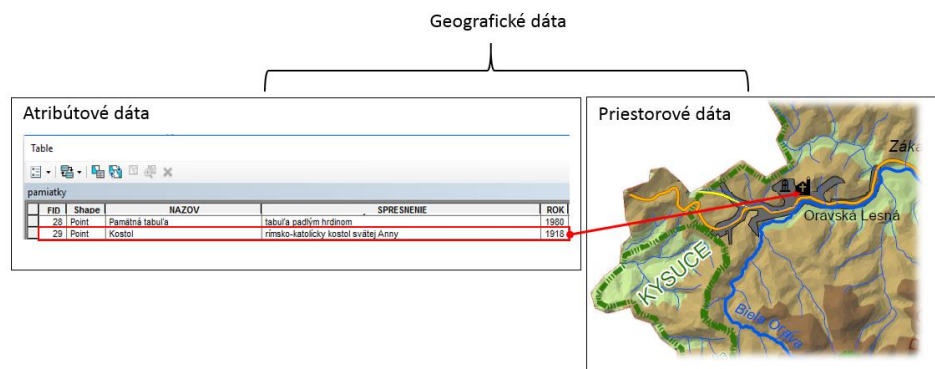
Medzi základné úlohy, ktoré vykonáva GIS sa radia [10]:

- **Vstup dát:** aby mohol geografický informačný systém pracovať je prvoradé získať potrebné dáta, ktoré sú základom každého systému. Vstupom dát chápeme rôzne spôsoby získavania geografických informácií a digitálnych dát. Môže ísť o primárne získavanie dát, ktoré vznikajú priamymi meraniami (napríklad dáta z geodetických meraní, letecké a satelitné snímky získane diaľkovým prieskumom Zeme, dáta získané rekognoskáciou terénu) alebo máme možnosť zberu sekundárnych dát, ktoré vznikajú prepracovaním už existujúcich dát napríklad digitalizáciou, skenovaním alebo vektorizáciou.

- **Manipulácia:** zahŕňa činnosti, ktoré spracovávajú získané dáta do požadovanej podoby, ide teda o ich predprípravu na nasledujúce analyzovanie. Medzi takéto činnosti patrí reštrukturalizácia dát, geometrická transformácia, generalizácia, konverzia na potrebný formát kompatibilný s použitým systémom, posúdenie kvality, kontrola dát a podobne.
- **Správa:** predstavuje činnosti zamerané na organizovanie, ukladanie a spravovanie veľkého množstva dát. GIS spravuje dáta vo forme databázy (DBMS). Existujú rôzne databázové architektúry a pre potreby GIS sa najviac používajú relačné databázy, ktoré ukladajú dáta vo forme tabuliek.
- **Analyzovanie:** zahŕňa analytické operácie, ktorých výsledkom sú odpovede na konkrétne otázky alebo možné riešenia otázok. Analytické spracovanie zahŕňa tvorbu priestorových analýz, následné syntézy a modelovanie.
- **Vizualizácia:** činnosti zamerané na tvorbu výstupov vo forme máp, tabuliek, webových máp a scén, grafov a podobne.

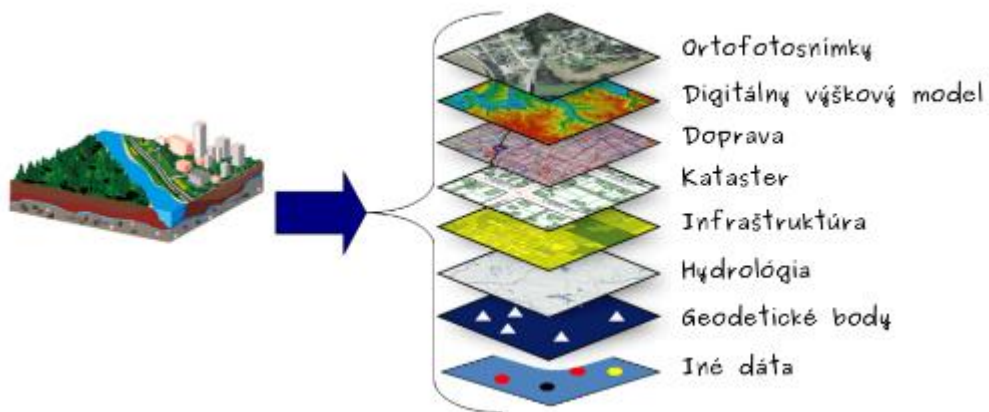
2.2. Dáta v GIS

Základným komponentom GIS sú geografické dáta, ktoré sú nositeľom informácie a tvoria jeho kľúčovú zložku. Geografické dáta vznikajú lokalizáciou atribútových dát a teda priradením priestorového umiestnenia atribútovým dátam. Ku každému priestorovému objektu je možné pripojiť neobmedzené množstvo týchto nepriestorových atribútových dát, ktoré môžu byť textové, numerické, obrazové a tým objekt bližšie charakterizovať. Obrázok 1 schematicky znázorňuje vysvetlenie pojmu dát, kde atribútové dáta plus priestorové dáta spolu tvoria geografické dáta.



Obr. 1: Vysvetlenie pojmu dát [vlastné spracovanie]

GIS zobrazuje priestorové dáta súborom dátových vrstiev, ktoré je možné rôzne skladať jednu cez druhú a tak vytvárať priestor pre nové analýzy. Prístup k tematickej vrstve nám uľahčuje zorganizovať zložitú realitu do jednoduchého zobrazenia, ktoré uľahčuje chápanie vzťahov medzi nimi. Jednotlivé vrstvy môžu obsahovať čokoľvek, čo je možné zobraziť v priestore napríklad budovy, ulice, cesty, parcely a mnohé iné. Líšia sa nielen témou ale aj geometrickým charakterom objektov (napríklad rastrová vrstva, líniová alebo bodová vrstva). Tieto vrstvy je možné zobraziť v GIS a vzájomne medzi sebou porovnávať, analyzovať a vizualizovať na grafoch alebo mapách s využitím GIS nástrojov. Ďalšou výhodou je rýchle vyhľadávanie podľa atribútov.



Obr. 2: Ukážka rôznych dátových vrstiev [16]

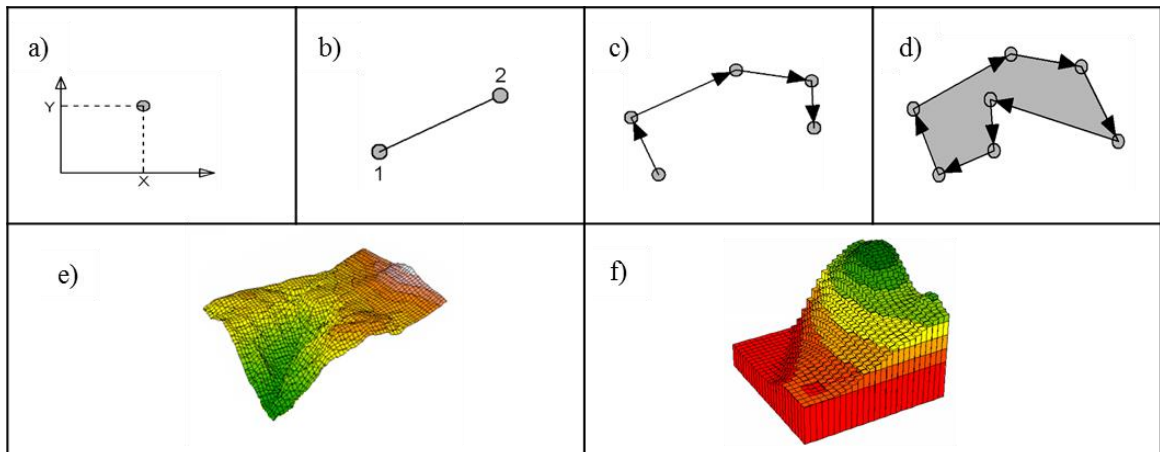
Tradičné priestorové dáta boli ukladané a prezentované vo forme analógovej mapy na rozdiel od GIS, ktoré pracujú s dátami v digitálnej podobe. Dáta bývajú uložené v rastrovom alebo vektorovom formáte, kde každý formát má svoje výhody aj nevýhody. Prírodné prostredie ako nadmorské výšky, zrážky a teploty sú často reprezentované rastrami, zatiaľ čo vybudované prostredie a administratívne údaje bývajú spravidla reprezentované ako vektorové údaje. Vo väčšine GISov sa dá pracovať s oboma dátovými modelmi a vykonávať medzi nimi konverzie.

Vektorová reprezentácia ukladá geometriu objektu vo forme orientovanej úsečky-vektoru, ktorý je definovaný súradnicami počiatočného a koncového bodu. Každý objekt je prezentovaný geometrickým tvarom, ktorým môže byť:

- **Bod:** je definovaný dvojicou alebo trojicou súradníc a má dimenziu 0. Bodom sa zobrazujú objekty, ktoré sú malé nato aby mohli byť zobrazené plochami napríklad autobusové zastávky, stromy a podobne.

- **Úsečka (línia):** segment priamky definovaný dvojicou bodov. Úsečky reprezentujú objekty, ktoré majú rozmer dĺžky podstatne väčší ako druhý.
- **Reťazec:** súbor úsečiek, kde koncový bod jednej úsečky je počiatočným bodom nasledujúcej úsečky. Má dimenziu 1 a tiež sa nazýva aj hranou. Môže byť jednoduchý, uzavretý alebo monotónny. Reťazcom sa napríklad zobrazujú dopravné siete alebo hranice.
- **Polygón:** predstavuje priestor obkolesený uzavretým reťazcom, má dimenziu 2. Príkladom môže byť zobrazenie lesov, pôdorysy budov a podobne.
- **Povrch:** plocha s priradenými výškovými hodnotami v každom jej bode, má dimenziu 2,5.
- **Objem:** málo používaný. Má dimenziu 3 a teda všetky rozmery dĺžku, šírku, výšku.

Výhodou vektorových dát je možnosť pracovať s jednotlivých objektami ako so samostatnými celkami, tiež vysoká geometrická presnosť a jednoduché vyhľadávanie a úpravy.

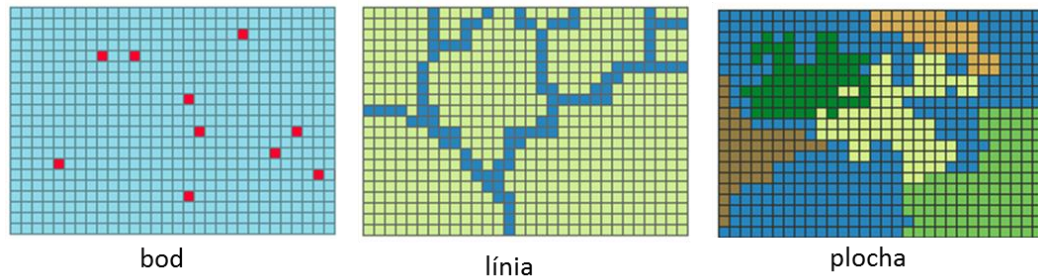


Obr. 3: Vektorové dáta: a) bod b) úsečka c) reťazec d) polygón e) povrch f) objem

Rastrová reprezentácia sa zameriava na popis lokality ako celku, kde základným stavebným prvkom sú bunky, ktoré sú organizované do mozaiky. Jednotlivé bunky sú označené riadkom a stĺpcom a majú priradenú atribútovú hodnotu. Najčastejšie používaným rastrom je štvorcová alebo obdĺžniková mriežka. Bunka sa pri digitálnych obrazoch nazýva pixel. V prípade 3D reprezentácie, má pixel tvar kocky alebo kvádra a nazýva sa voxel. Základným parametrom rastra je jeho priestorové rozlíšenie, ktoré sa určuje veľkosťou

pixelu, vyjadruje sa zvyčajne hodnotou odpovedajúcou skutočnosti napr. rozlíšenie 0,5metra/1pixel.

Rastrovými dátami sú napríklad letecké a družicové snímky alebo naskenované dáta v rastrových formátoch, najčastejšie ide o formáty JPEG alebo TIFF. Medzi výhodu rastrových formátov je možné zaradiť jednoduchosť údajovej štruktúry a nevýhodou je nízka kvalita výstupov v závislosti na rozlíšení rastra [2].



Obr. 4: Rastrová reprezentácia dát [3]

2.3. Komponenty GIS

Okrem dát GIS obsahuje aj ďalšie segmenty, ktoré sú jeho neoddeliteľnou súčasťou a sú potrebné pre jeho úspešné fungovanie :

- **Softvér:** existuje celá rada firiem, ktoré produkujú softvér pre budovanie geografických informačných napríklad Esri, Intergraph, MapInfo, GRASS, qGIS. Medzi najrozšírenejšie patrí program *ArcGIS* od firmy Esri.
- **Hardvér:** predstavuje technické vybavenie systému (počítače, vstupné a výstupné zariadenia).
- **Ľudia:** tu je možné zaradiť všetkých ľudí od technickým odborníkov, ktorí navrhujú vytvárajú a udržiavajú daný systém až po konečných užívateľov.
- **Metódy:** aby mohol byť daný GIS systém úspešný a efektívny je potrebné jeho integrovanie do obchodnej prevádzky a teda zabezpečiť jeho využitie v správnom organizačnom kontexte.

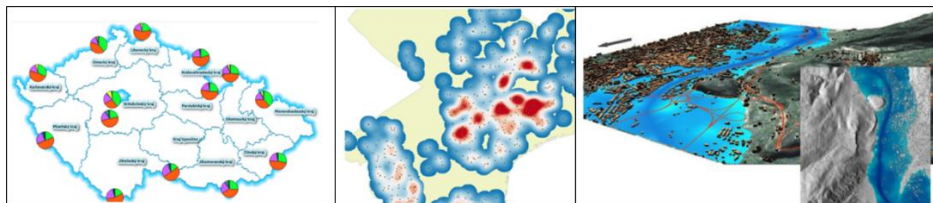
2.4. Možnosti využitia GIS

Geografické informačné systémy sa nachádzajú všade okolo nás a veľa krát si ich využívanie ani neuvedomujeme. Mnohé aplikácie používané v mobilných telefónoch, ktoré

pracujú s určitým mapovým podkladom sú väčšinou na báze GIS a tak nám pomáhajú vytvárať lepšie riešenia a rozhodnutia v bežnom živote použitím geografie. GIS vytvára odpovede na konkrétne otázky a pomocou vizualizácií zvyšuje efektivitu rozhodovania.

Príklady využitia GIS v rôznych oblastiach ľudskej sféry:

- **Obchod:** výber najvhodnejšieho umiestnenia obchodov, sledovanie pohybu tovaru, sledovanie konkurencie, výskum trhu
- **Životné prostredie:** modelovanie prírodných procesov (erózie, skládky, povodne, znečisťovanie), evidencie prírodných zdrojov, ochrana proti živelným pohromám, analýza výskytu určitého živočíšneho druhu, krízové plány pri živelných kalamiťach, hydrologické modelovanie
- **Školstvo:** edukačné pomôcky
- **Štátna správa:** evidencie a spravovanie majetku, daní a poplatkov, územné plánovanie,
- **Doprava:** dopravné analýzy, riadenie verejnej dopravy, údržba verejnej infraštruktúry, navigácia
- **Verejná bezpečnosť:** sledovanie nehodovosti a kriminality, pomoc pri orientácii a navádzaní vozidiel záchranných služieb
- **Inžinierske siete:** údržba a evidencie inžinierskych sietí, plánovanie a modelovanie
- **Obce, mesta, regióny:** vyhodnocovacie dopadov investícií na prostredie, simulácie rozvoja územia, grafické prezentácie územia a cestovného ruchu
- **Mapové portály a služby**



Obr. 5: Príklady využitia GIS [16]

3. PRIESTOROVÉ ANALÝZY

Kedykoľvek sa pozeráme na mapu, začneme ju premieňať na informácie analýzou jej obsahu. Tento proces sa nazýva priestorová analýza a je to proces, ktorý naše oči a myseľ robia vždy pri pohľade na mapu. Priestorové analýzy sa zaoberajú geografickou polohou javu v porovnaní s inými alebo podobnými javmi a sú neoddeliteľnou súčasťou GIS, pomocou ktorých môžeme kombinovať informácie z mnohých zdrojov a tak si odvodiť nové súbory informácií použitím priestorových operátorov. Priestorové vzťahy je možné skúmať v rámci jednej vrstvy alebo medzi rôznymi vrstvami. Napríklad môžeme analyzovať rôzne vrstvy na výpočet vhodnosti miesta pre konkrétnu činnosť alebo použitím analýzy obrázkov sa dajú určiť časové zmeny. Tieto nástroje a mnoho ďalších sú neoddeliteľnou súčasťou GIS a umožňujú riešiť dôležité otázky a rozhodnutia v každodennom živote.

GIS technológia sa stáva plnohodnotnou až vtedy, keď sa používa na analyzovanie geografických údajov a hľadanie súvislosti medzi nimi. Každá priestorová analýza začína kladením otázky. Stanovenie správnej otázky je kľúčom k vypracovaniu toho akú analýzu použiť na získanie zmysluplnej odpovede. Moderné GIS ponúkajú množstvo silných analytických nástrojov pre priestorové analýzy, ktoré môžeme rozdeliť na [22]:

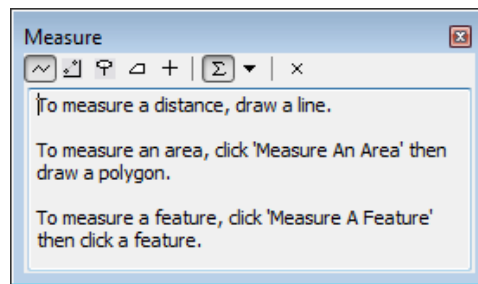
- Funkcie merania
- Vyhľadávanie a výber údajov
- Topologické prekrývanie
- Mapová algebra
- Vzdialenostné analýzy
- Sieťové analýzy
- Štatistické analýzy
- Analýzy obrazu
- Analýzy povrchu
- 3D analýzy

3.1. Analytické možnosti v GIS

Nasledujúce kapitoly sa budú konkrétne zaoberať základnými analytickými možnosťami, ktoré ponúkajú geografické informačné systémy a ich možnosti nástrojov prostredí *ArcGIS*. Všetky popísané metódy spracovávajú a modifikujú geografické informácie a sú prostriedkami na získavanie nových informácií a poznatkov. Možnosti využitia týchto nástrojov sú oveľa širšie a záleží na jednotlivom používateľovi na aké druhy geografických úloh ich využije.

3.1.1. Funkcie merania

Predstavujú základné funkcie každého GIS, pomocou ktorých je možné robiť v mapovom okne jednoduché merania dĺžok a výmer. Aplikácia *ArcScene* umožňuje merať dĺžky, výmery, prvky a výšky. Tiež umožňuje nastavenie jednotiek merania a zobrazenie sumy dĺžok alebo plôch.



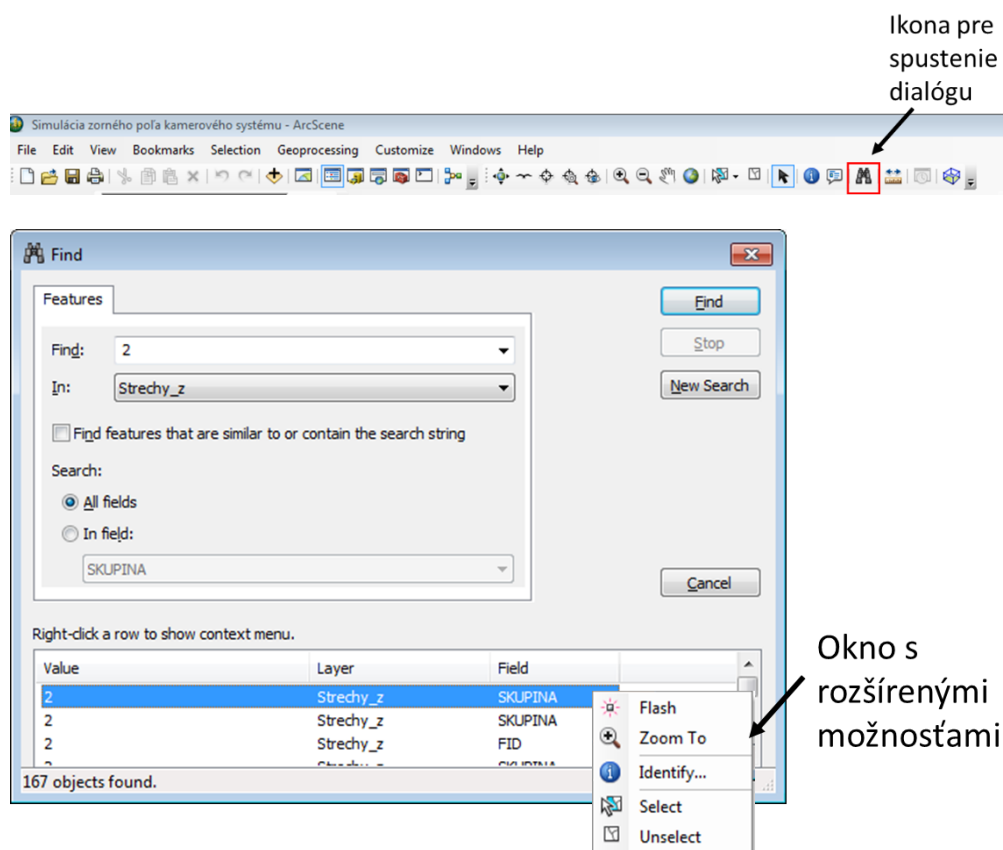
Obr. 6: Dialógové okno pre merania v *ArcScene* [vlastné spracovanie]

3.1.2. Vyhľadávanie a výber údajov

Vyhľadávanie a výber sú radené medzi najpoužívanejšie analytické operácie v GIS. Patria tu funkcie slúžiace na vyhľadávanie a výber objektov v tematických vrstvách, ktoré vyhovujú konkrétnej zadanej podmienke. Proces výberu začína vymedzením údajov, ktorých sa výber bude týkať, ďalej sa sformulujú kritéria, ktoré výber musí spĺňať a následne sa zadefinuje inštrukcia čo sa má s daným výberom údajov vykonať. Výhodou GIS je, že vybrané objekty sa zobrazujú rovno v mapovom okne ale aj v atribútovej tabuľke. Podľa charakteru sú výbery rozlišované na:

- **Atribútové:** objekty sú vybrané na základe atribútov. Systém *ArcGIS* umožňuje jednoduché vyhľadávanie podľa kľúčového slova alebo výber logickou podmienkou. V prípade jednoduchého vyhľadávania sa v nástroji pre

vyhľadavanie zadajú kritéria výberu, ktoré sa po vyhľadaní zobrazia v dolnej časti vyhľadávacieho dialógu. Obrázok 7 znázorňuje príklad vyhľadania striech, ktorých niektorý z atribútov obsahuje slovo „2“. Po kliknutí pravým tlačidlom myši na vyhľadané objekty sa nám ponúka kontextové menu s ďalšími funkciami, ktoré sa týkajú výberu.

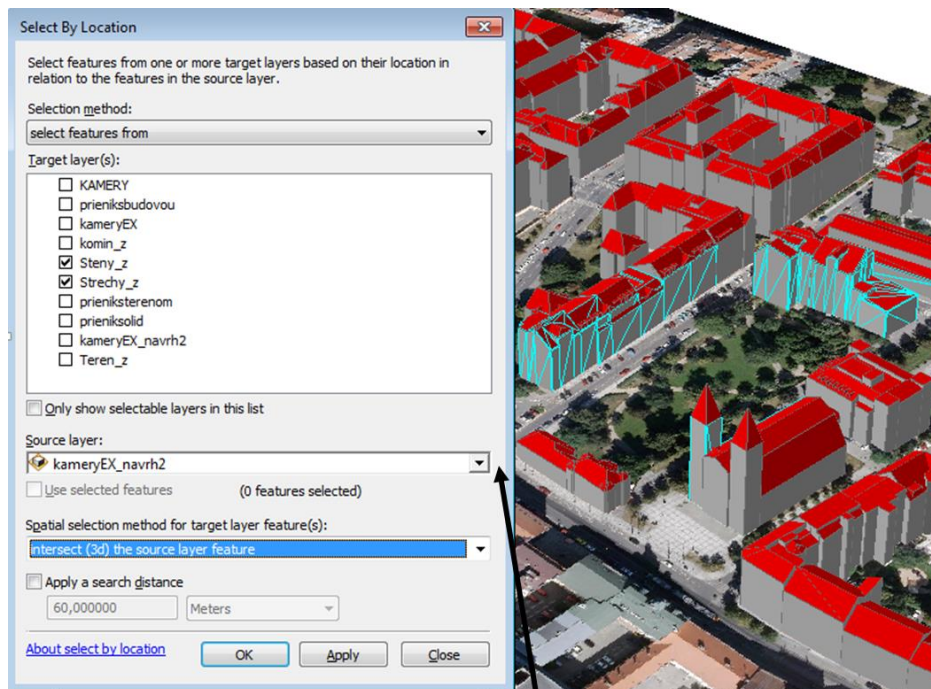


Obr. 7: Dialóg pre vyhľadavanie podľa kľúčového slova [vlastné spracovanie]

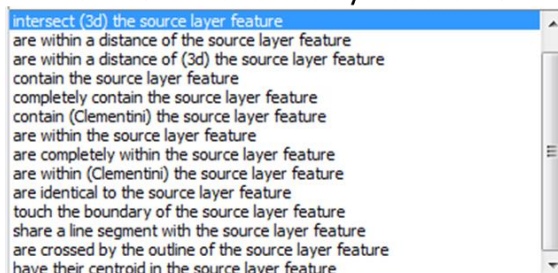
Druhá možnosť ponúka oveľa širšie možnosti výberu. Jej základom je logická podmienka, ktorá môže obsahovať názvy polí alebo číselné hodnoty doplnené textovými, matematickými a logickými funkciami jazyka SQL. Vytvorená logická podmienka musí vyhovovať pravidlám jazyka SQL. Systém ArcGIS používa na tento druh výberu dialógové okno *Select By Attributes*, ktoré ponúka aj možnosť overenia správnosti logickej podmienky. Konkrétny príklad použitia logického výberu je popísaný v kapitole 6.4.1.

- **Priestorové:** objekty sú vyberané na základe priestorových vzťahov. V programe ArcGIS je možné vyberať interaktívnym výberom čo predstavuje najjednoduchšiu možnosť priestorového výberu priamym označením kurzorom

na obrazovke. Funkcia interaktívneho výberu ponúka viacej možnosti výberu (obdĺžnikom, polygómom, líniou). Interaktívne vybrané elementy sú potom farebne odlíšené v mapovom okne aj v atribútovej tabuľke. Druhá možnosť priestorového výberu je prostredníctvom dialógového okna *Select By Location*. Táto možnosť ponúka výber prvkov z jednej alebo viacerých vrstiev na základe ich priestorového vzťahu k prvkom inej vrstvy. V dialógovom okne *Select By Location* sa vyberajú cieľové vrstvy, v ktorých sa bude hľadať a zdrojová vrstva podľa ktorej sa bude hľadať. Tiež je potrebné zadať topologický vzťah z rolovacieho menu, ktorý sa použije na vyhľadávanie (napríklad prienik alebo zadaná vzdialenosť). Príklad takéhoto výberu je zobrazený na nasledujúcom obrázku, kde sú vybrané všetky objekty z vrstiev striech a budov ktoré sú v prieniku s vrstvou kamier.



Možnosti vzťahov na vyhľadávanie



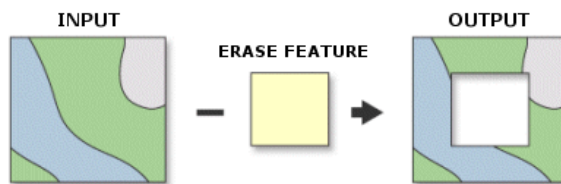
Obr. 8: Príklad priestorového vyhľadávania objektov [vlastné spracovanie]

Jednotlivé atribútové a priestorové výbery je možné spolu kombinovať a tak vytvárať komplexné výbery, ktoré poskytnú odpovede na požadované otázky [7].

3.1.3. Topologické prekrývanie

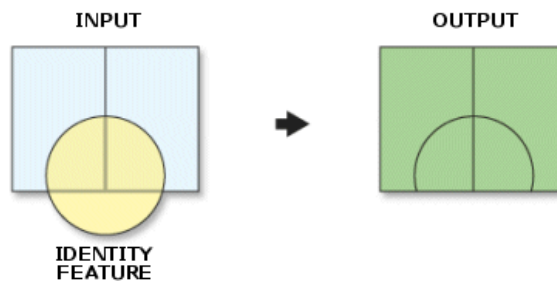
Predstavujú kategóriu analýz, ktoré umožňujú vzájomné prekrývanie vrstiev. Výsledkom sú nové vrstvy s novými objektami, ktoré majú atribúty z oboch zdrojových vrstiev. V *Toolboxe* systému *ArcGIS* je možné nájsť funkcie prekrývania v sadách *Overlay* a *Extract tools*, ktoré spájajú, vymazávajú, upravujú alebo aktualizujú priestorové vzťahy objektov, ich vysvetlenie je zrejmé z nasledujúcich obrázkov [8]:

- **Erase:** odstránenie



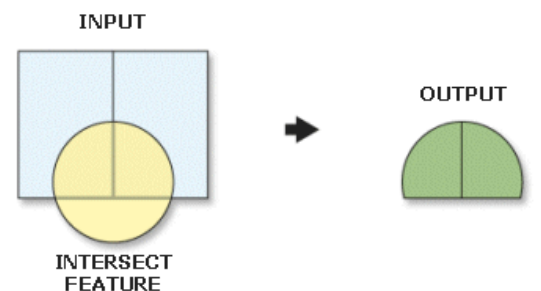
Obr. 9: Funkcia Erase [8]

- **Identity:** priradenie na základe priestorového umiestnenia



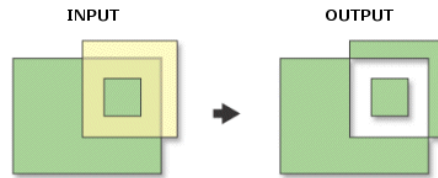
Obr. 10: Funkcia Identity [8]

- **Intersect:** prienik



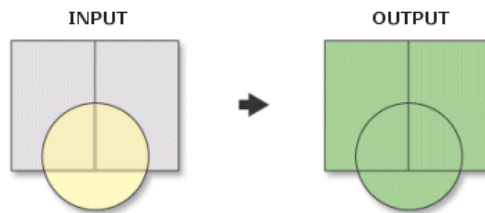
Obr. 11: Funkcia Intersect [8]

- **Symmetrical Difference:** symetrický rozdiel



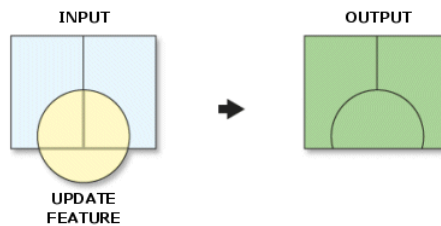
Obr. 12: Funkcia Symmetrical Difference [8]

- **Union:** zjednotenie



Obr. 13: Funkcia Union [8]

- **Update:** aktualizácia



Obr. 14: Funkcia Update [8]

- **Spatial Join:** pripojenie atribútov z jedného prvku k druhému na základe priestorového vzťahu.

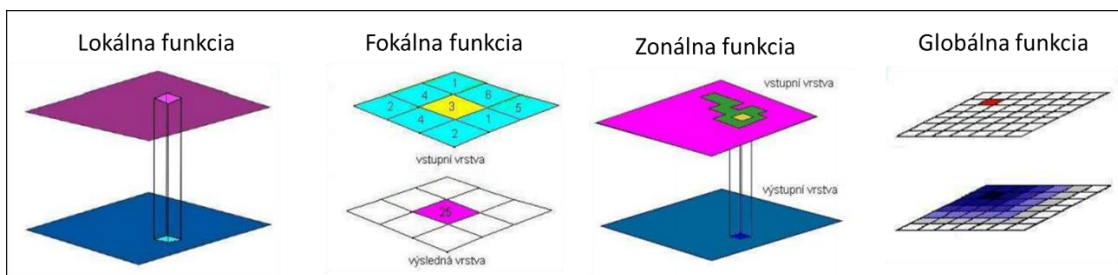
3.1.4. Mapová algebra

Mapová algebra sa využíva na spracovávanie rastrových údajov pomocou rôznych matematických operácií s použitím jazyka mapovej algebry. Vzhľadom k tomu že raster je reprezentovaný ako matica, tak jazyk mapovej algebry pripomína operácie s maticami. Jednotlivé matematické operácie sa vykonávajú na jednej alebo viacerých tematických vrstvách a výstupom je vždy nová vrstva, ktorú je možné používať v ďalších analýzach.

Mapová algebra používa objekty, činnosti a kvalifikátory. Objektom sú vstupné hodnoty, pravidla rastre. S rastrami sa pracuje pomocou činností, ktoré vykonávajú operácie na objektoch. Jednotlivé činnosti môžu byť jednoduché (matematické, štatistické, logické

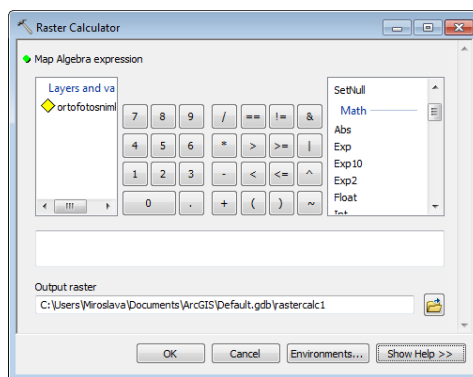
alebo relačné operátory) alebo je možné použiť funkcie mapovej algebry. Z hľadiska oblasti, z akej je počítaná výsledná hodnota bunky, delíme tieto funkcie mapovej algebry na:

- **Lokálne** - na výpočet jednej bunky výstupného rastru potrebujú jednu bunku vstupného rastru. Podľa použitého operátora sa rozdeľujú na matematické, reklasifikačné, selekčné a štatistické.
- **Fokálne** - na výpočet jednej bunky výstupného rastru potrebujú definované okolie vstupného rastru (zvyčajne 3x3 bunky). Využitie pri štatistických funkciách ako je určenie priemeru, sumy alebo rozpätia a tiež u analýz kde je potrebné vypočítať smer prúdenia, napríklad vody.
- **Zonálne** - na výpočet jednej bunky výstupného rastru potrebujú definované určité zóny vstupného rastru. Využitie napríklad pri výpočte priemernej výšky alebo priemerného sklonu v určitej zóne (napríklad kraji).
- **Globálne** - používajú všetky bunky vstupnej vrstvy na výpočet jednej výstupnej bunky.



Obr. 15: Funkcie mapovej algebry [13]

Systém *ArcGIS* obsahuje funkciu *Raster Calculator*, ktorý uľahčuje tvorbu príkazov mapovej algebry avšak iba vo forme lokálnej funkcie algebry. Taktiež rozšírenie *ArcGIS Spatial Analyst* ponúka množstvo nástrojov, ktoré umožňujú analyzovať rastrové dáta [9].



Obr. 16: Nástroj systému *ArcGIS* pre mapovú algebru [vlastné spracovanie]

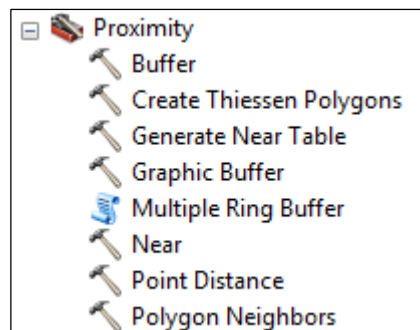
3.1.5. Vzďialenostné analýzy

Zakladajú sa na určení vzdialenostných vzťahov medzi geografickými objektami. Úlohy, ktoré riešia práve vzdialenostné analýzy pomáhajú odpovedať na otázky typu, koľko obyvateľov žije vo vzdialenosti 10 km od obchodného centra alebo aké mesto sa nachádza najbližšie k Bratislave. Vzdialenostné vzťahy sa väčšinou riešia euklidovskou metrikou a teda Pytagorovou vetou [13].

Do tejto kategórie analýz zaraďujeme:

- analýzy priamej vzdialenosti
- analýzy váženej vzdialenosti
- analýzy susedstva

Systém *ArcGIS* ponúka nástroje pre vzdialenostné analýzy s názvom *Proximity*. S týchto nástrojov spomenieme ten najpoužívanejší - *Buffer*, ktorý sa používa na vytváranie vzdialenostných obalových zón pre bodové, líniové alebo plošné objekty v 2D aj 3D priestore a spadá do kategórie analýz priamej vzdialenosti. Obalová zóna môže byť jednovrstvová alebo môže mať viac vrstiev (*multiple buffer*) a užívateľ si sám zafinuje jej šírku. Obalovú vrstvu môžeme vytvárať aj na rastrovom formáte nástrojom *Spatial Analyst Toolbox* → *Distance Toolset* → *Euclidean Distance*. Ďalším nástrojom je *Create Thiessen Polygons*, ktorý vytvára plochy okolo vstupných bodov a tým definuje príslušnosť danej lokality k najbližším objektom. Príklad takejto analýzy zobrazuje obrázok 18 [9].



Obr. 17: Nástroje v systéme *ArcGIS* pre vytváranie vzdialenostných analýz [vlastné spracovanie]



Obr. 18: Ukážka obalovej zóny na bodovom, líniovom a polygónovom prvku [14]



Obr. 19: Příklad analýzy susedstva-priestorové príslušnosti k autobusovým zastávkam [9]

3.1.6. Sieťové analýzy

Tento druh analýz sa taktiež zakladá na hľadaní vzdialeností s tým rozdielom, že základom pre ich tvorbu sú ohodnotené vektorové siete.

Skôr ako je možné vytvárať jednotlivé sieťové analýzy je potrebné mať k dispozícii dátovú vektorovú sieť. Základom každej siete je topologicky čistá líniová vrstva, ktorou môžu byť cesty, letové trasy, potrubia, železnice, riečne siete, elektrické siete, ulice, kanalizácie a rôzne iné. Takéto líniové vrstvy sú tvorené prepojenými líniami, ktoré majú definované koncové a medziľahlé body ide teda o uzly a hrany, ktoré predstavujú možné trasy z jedného miesta do druhého. Tiež sú doplnené o atribútové informácie a pravidlá, ktoré usmerňujú a definujú pohyb v sieti. Tieto pravidlá v sieti rozdeľujeme na hranové a uzlové. Hranové pravidlá definujú pohyb po hranách, v prípade ciest to môže byť povolená rýchlosť, uzávierky, či ide o jednosmernú cestu alebo obojsmernú a podobne. Obdobne uzlové pravidlá definujú pohyb v uzloch, v prípade ciest môže ísť o definovanie možnosti odbočovania v križovatkách. Zo všetkých pravidiel pohybu po sieti je pre všetky uzly a hrany

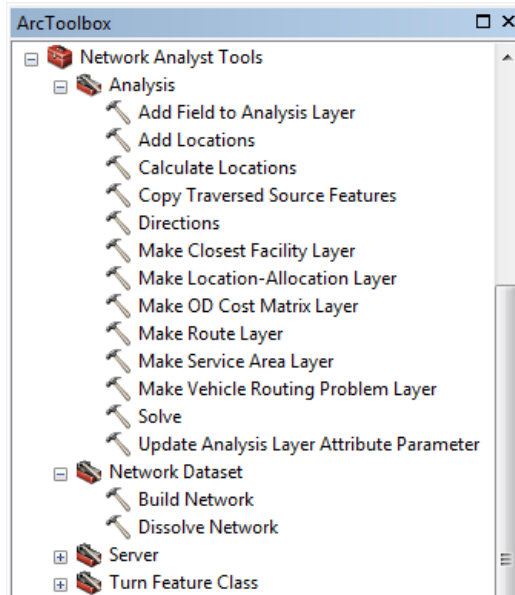
potrebné určiť základný atribút a tým je cena cesty na základe ktorého je možné vykonávať jednotlivé sieťové analýzy. Cenou cesty najčastejšie býva vzdialenosť alebo čas [9].

Medzi základné sieťové analýzy môžeme zaradiť [10], [9] :

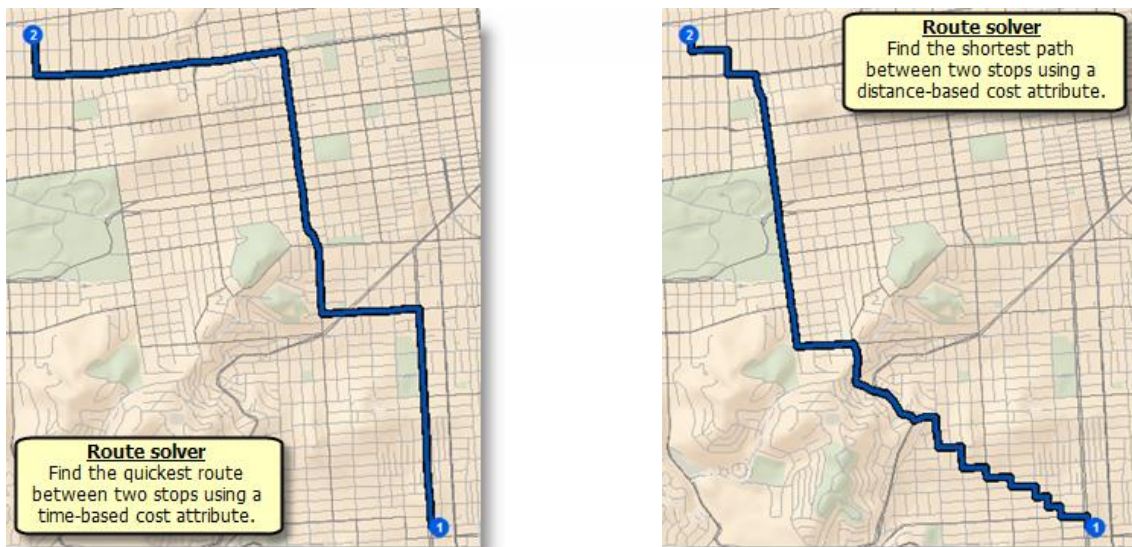
- **Hľadanie optimálnej trasy:** najbežnejšia sieťová analýza, ktorá sa využíva pri hľadaní optimálnej trasy medzi zadanými objektami. Patrí medzi najpoužívanejšiu sieťovú analýzu. Vzhľadom k tomu, že jednotlivé segmenty siete sú doplnené informáciami ako spotreba paliva, dĺžka a čas potrebný na prejdenie, obmedzenie hmotnosti a iné je jednoduché definovať parametre optimálnej trasy a teda či má byť najrýchlejšia, najlacnejšia, najkratšia alebo ktorými miestami má presne prechádzať.
- **Hľadanie cesty k najbližšiemu objektu:** predstavuje alternatívu hľadania optimálnej trasy s cieľom vyhľadania najvhodnejšej cesty do najbližšieho zadaného zariadenia. Poskytuje odpovede na otázky ako sa dostať k najbližšiemu bankomatu, nemocnici, stanici a podobne.
- **Alokácia zdrojov:** analýzy na vyhľadávanie lokalít, ktoré sú od definovaného centra vzdialené tak aby vyhovovali zadaným parametrom. Umožňuje napríklad v sieti vyhľadať všetky podniky, ku ktorým je cesta z centra mesta kratšia ako 20 minút autom.
- **Hľadanie spojitosti:** analýzy umožňujúce vyhľadávanie všetkých prvkov, ktoré smerujú od zadaného uzlu alebo k zadanému uzlu. Tento druh analýz môžeme použiť napríklad pri identifikácii spotrebiteľov energií, ktorých zasiahne výpadok siete na určitom mieste.
- **Analyzovanie zat'azenia sietí:** spočíva v stanovení pohybu medzi jednotlivými segmentami. Príkladom môže byť transport vody alebo plynu v potrubiach a zisťovanie o koľko sa zvýši prípadne zníži tlak pri naskytnutí nejakej situácie avšak je potrebné poznať informácie týkajúce sa parametrov potrubia, sklonu a ďalších vplyvujúcich faktorov. Tiež je možné modelovať zat'azenie dopravných sietí a ich vplyv pri rôznych okolnostiach ako napríklad prerábka ciest [8].

System ArcGIS ponúka rozšírenie *ArcGIS Network Analyst*, ktorý zahŕňa nástroje na analýzu sietí. Umožňuje vytvorenie sieťového dátového súboru, prehľadávanie atribútov sieťových prvkov a riešenie bežných sieťových analýz ako nájdenie najlepšej trasy v meste,

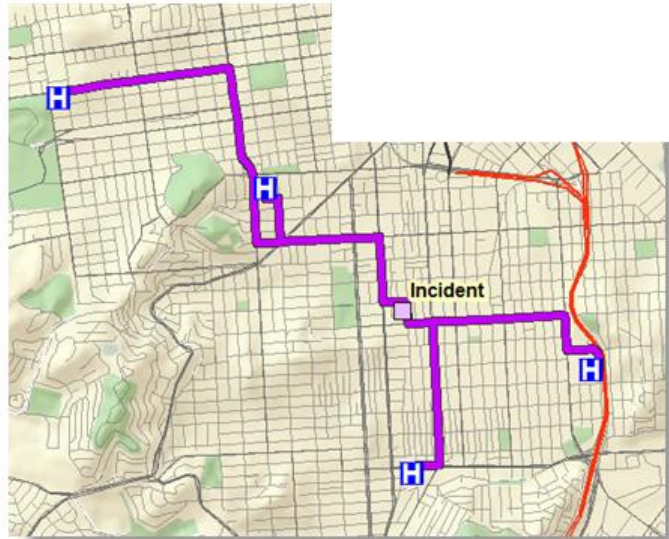
vyhľadanie najbližšieho miesta, identifikáciu služieb v okolí stanoveného miesta, nájdenie najlepšej postupnosti pre návštevu miest a ďalšie. Príklady sieťových analýz vytvorených v systéme ArcGIS sú znázornené na nasledujúcich obrázkoch [11].



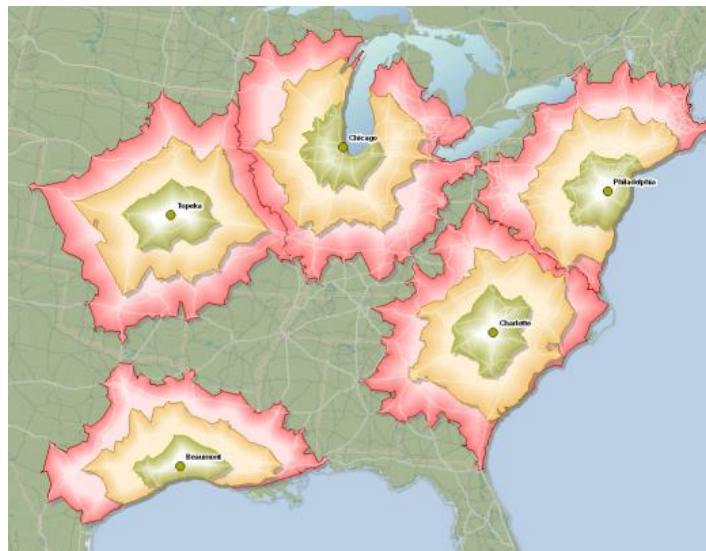
Obr. 20: Rozšírenie ArcGIS Network Analyst [vlastné spracovanie]



Obr. 21: Vyhľadanie najrýchlejšej cesty (vľavo) a najkratšej cesty (vpravo) medzi dvoma miestami [11]



Obr. 22: Vyhľadanie všetkých nemocníc vzdialených 15 minút cesty od miesta nehody [11]

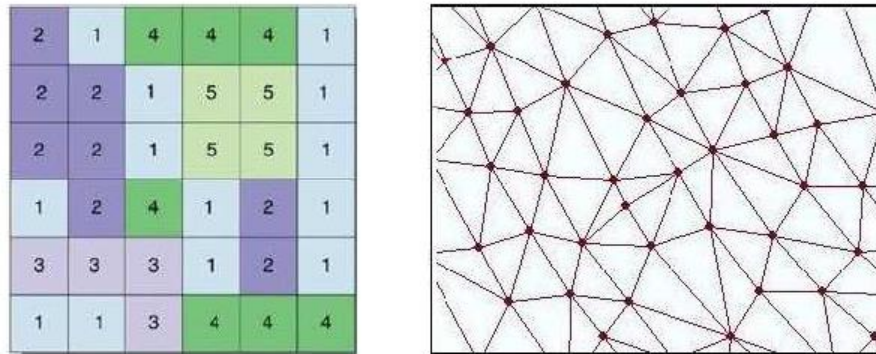


Obr. 23: Znáozornenie miest vzdialených od centier 2, 4 a 6 hodín cesty [11]

3.1.7. Analýzy povrchu

Táto kategória zahŕňa analýzy, ktoré sú vytvárané nad digitálnym modelom povrchu, ktorý väčšinou býva prezentovaný ako TIN alebo GRID model. Najčastejšie analyzovaným povrchom býva zemský povrch (DMT, DMR) ale povrchom môžeme zobrazit' aj teplotu vzduchu, atmosférický tlak a podobne. TIN je dátový model pre ukládanie dát digitálneho modelu povrchu, ktorý pozostáva z nepravidelnej siete trojuholníkov vytvárajúcich mnohosten priliehajúci k povrchu, kde vrcholy trojuholníkov majú známu výšku. GRID predstavuje rastrový model povrchu, v ktorom hodnoty

jednotlivých buniek odpovedajú výškam a jeho výhodou je jednoduché vytváranie analýz. [9].



Obr. 24: Rastrový model terénu (vľavo) a trojuholníkový model terénu (vpravo) [23]

Základné analýzy, ktoré je možné vytvárať na digitálnych modeloch terénu sú [9]:

- **Výpočet charakteristík terénu:** predstavuje výpočty sklonitosti a orientácie svahov voči svetovým stranám.
- **Morfologické analýzy:** výstupom takýchto analýz sú bodové vrstvy, ktoré obsahujú nájdené lokálne maximá a minimá alebo konvexnosť a konkávnosť.
- **Analýzy osvetlenia terénu:** umožňujú určovať množstvo dopadajúceho svetla na predmetné územie a využívajú sa napríklad pri určovaní najvhodnejšieho miesta na pestovanie plodín.
- **Vytváranie vrstevníc:** vytváranie izočiari, ktoré spájajú miesta s rovnakou nadmorskou výškou.
- **Generovanie profilov a počítanie objemu:** počítanie profilov pre líniové prvky a určovanie reálnej plochy povrchu a dĺžky.
- **Analýza viditeľnosti:** veľmi užitočná analýza, ktorá umožňuje určovať čo bude z daného miesta viditeľné a čo nie.

Na tieto analýzy sa v systéme *ArcGIS* používa rozšírenie *3D Analyst*, ktorým sa zaoberá kapitola 4.

3.1.8. Ostatné analytické metódy

Do tejto kategórie spracovania dát môžeme zaradiť štatistické analýzy a analýzy obrazu.

Štatistické analýzy bývajú prezentované iným spôsobom ako mapou. Môžu to byť klasické štatistické metódy (napríklad sumy, stredné, minimálne a maximálne hodnoty a ďalšie). Výsledkom takýchto analýz môže byť graf, tabuľka, histogram, kartogram alebo kartodiagram.

Analýzy obrazu sa využívajú prevažne v diaľkovom prieskume Zeme. Analýzou obrazu je vyrovnanie jasú a kontrastu medzi snímkami, nástroje pre zvýraznenie charakteristík obrazu, metódy klasifikácie obraz a iné [9].

4. 3D GIS

Kým v začiatkoch využívania geografických informačných systémov prevažoval zber, spracovávanie a prezentovanie 2D dát, súčasnej dobe 3D GIS zažíva veľký rozvoj a preto mu budeme venovať samostatnú kapitolu.

Obsah GIS sa môže zobrazovať v 2D alebo 3D priestore. Obidve tieto vrstvy obsahujú dátové vrstvy geografických informácií a obe podporujú operácie GIS. Rozdielom je, že na úrovni 3D existujú vlastnosti, ktoré by v 2D nemali význam. S dostupnosťou nových 3D mapovacích metód vznikol aj záujem o reálne 3D dáta, ktoré sú oproti klasickým 2D dátam definované troma priestorovými súradnicami. Využitím výpočtovej techniky môže byť realita prenesená do 3D digitálneho modelu procesom nazývaným 3D modelovanie. Takýto 3D model reality je potom nezávislý na pozícií pozerania. Prínosom trojrozmerných modelov je tiež, že pomáhajú ľuďom vytvoriť reálnu predstavu o tom čo sa okolo nich deje.

3D GIS umožňuje vytvárať modely, ktoré berú do úvahy prirodzenú geografiu oblasti. Ponúka napríklad reálnu predstavu kam umiestniť nové budovy, priechody, chodníky a podobne.

Výstupom sú oveľa užitočnejšie analýzy a informácie v prípade ak boli spracovávané na 3D priestorových objektoch hlavne v oblastiach :

- Urbanizmu
- Ekologické štúdie
- Monitorovanie životného prostredia
- Architektúra a archeológia
- Oceánografia
- Stavebné inžinierstvo
- 3D modelovanie miest a urbanizmus
- Automatická navigácia vozidla

ArcGIS predstavil v oblasti 3D GIS koncepciu scény, v ktorej môžeme ovládať aj veci ako je osvetlenie, sklon kamery či uhol pohľadu. To znamená, že tvorca mapy môže vytvárať scénu, ktorá zobrazuje geografický obsah realisticky v troch rozmeroch.

4.1. Výhody 3D

- Vertikálna informácia: možnosť určiť výšky a objemové informácie
- Intuitívna symbolológia: možnosť využívať intuitívne a ľahko rozpoznateľné symboly
- Zobrazenie pohľadu z vtáčej perspektívy a prirodzené zobrazenie reality

4.2. Technologické možnosti v oblasti 3D GIS

Pre vytvorenie 3D geografických informačných systémov je dôležité vhodné softvérové vybavenie, ktoré umožňuje zobrazovanie a analyzovanie trojrozmerných geografických dát. Mnohé 3D GIS riešenia sa zameriavajú len na vizualizáciu 3D dát a neumožňujú dáta analyzovať. Príklady niektorých softvérových možností uvádza nasledujúca tabuľka [24].

<i>ArcGIS</i>	Komerčný produkt americkej spoločnosti Esri. Na vykonávanie rôznych 3D analýz slúži rozšírenie <i>3D Analyst</i> . Aplikácie <i>ArcScene</i> , <i>ArcGlobe</i> umožňujú zobrazovanie, manipuláciu a vizualizáciu 3D dát. Produkt taktiež umožňuje publikovať 3D webové scény vo webovom prostredí.
<i>CityEngine</i>	Aplikácia od Esri pre vizualizáciu 3D objektov, ktorá umožňuje vytvárať návrhy a analýzy predovšetkým v oblasti urbanizmu.
<i>GeoWeb 3D</i>	Komerčná desktopová aplikácia, slúžiaca k vizualizácií a pokročilej editácii 3D dát. Obsahuje nástroje pre prácu s 3D dátami za účelom tvorby analýz viditeľnosti ale aj animácií a navigácií.
<i>Grass</i>	Predstavuje open source systém. Pracuje s rastrovými aj vektorovými dátami a pre prácu s 3D dátami používa modul NVIZ.
<i>Bentley Map Enterprise</i>	Poskytuje komplexné riešenia pre 3D GIS. Umožňuje vytvárať, analyzovať a zdieľať geopriestorové informácie. Obsahuje nástroje na zisťovanie kolízií, spracovávanie rastrov a mračien bodov a tiež umožňuje modelovanie terénu a iné.

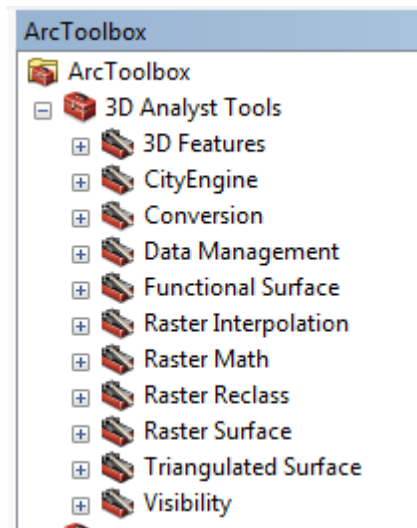
Tabuľka 1: Softvér pre 3D GIS

4.3. 3D analýzy

Kategória analýz, ktoré do svojich výpočtov zaraďujú aj tretí rozmer. *ArcGIS 3D Analyst* je jednou z rozširujúcich nadstavieb systému *ArcGIS Desktop*, ktorá je zameraná na tvorbu, analýzu a zobrazovanie 3D dát.

3D Analyst, ktorý obsahuje mnoho užitočných nástrojov na vykonávanie širokej škály analýz [12]:

- Nástroje pre interpoláciu rastrových povrchov
- Nástroje pre vytváranie a analyzovanie terénu (výpočet sklonu, expozície svahu, kubatúr, profilov, tieňovanie povrchu a iné)
- Nástroje pre vytváranie a pracovanie s TIN modelom a nástroje pre výpočty sklonov, expozície a vrstevníc z TIN
- Nástroje pre mapovú algebru
- Nástroje umožňujúce reklasifikáciu rastrov
- Nástroje na vytváranie analýz viditeľnosti



Obr. 25: rozšírenie *ArcGIS 3D Analyst* [vlastné spracovanie]

3D Analyst ponúka aj veľmi užitočnú lištu nástrojov *3D Effects*, pomocou ktorej sa upravujú 3D efekty bez otvorenia dialógového okna ako napríklad priehľadnosť, tienenie, priorita hĺbky a osvetlenie [11].



Obr. 26: Lišta nástrojov na upravovanie 3D efektov v ArcScene

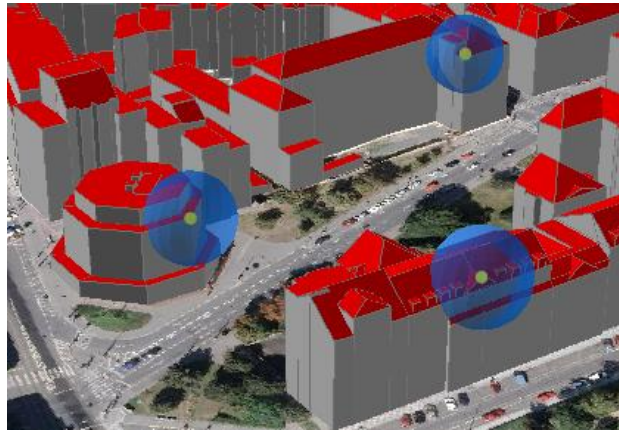
Keďže, podkladom pre tvorbu diplomovej práce je 3D model mesta reprezentovaný digitálnym modelom terénu a 3D modelom zástavby v nasledujúcich kapitolách si predstavíme základné možnosti nástrojov z rozšírenia *3D Analyst*, ktorými je možné analyzovať tento model. Samozrejme *3D Analyst* má oveľa širšie možnosti využitia ale pre účely diplomovej práce bude postačujúce spomenúť len základné funkcie.

4.3.1. 3D Features

Základný súbor, ktorý poskytuje nástroje na analyzovanie geometrických vlastností a vzťahov medzi trojrozmernými prvkami. Prehľad týchto nástrojov a ich vysvetlenie zobrazuje nasledujúca tabuľka [11]:

Nástroj	Vysvetlenie
Add Z Information	Pridáva informácie o výškach do atribútovej tabuľky na základe geometrie prvku.
Buffer 3D	Vytvára trojrozmernú vzdialenostnú obalovú vrstvu okolo zadaných prvkov.
Difference 3D	Odstraňuje zo vstupnej vrstvy prekrývajúcu časť s druhou vrstvou.
Enclose Multipart	Odstraňuje geometrické medzery z neuzavretých objektov a teda ich uzatvára.
Feature to 3D By Attribute	Vytvára 3D objekty na základe výškových informácií zadaných v atribútovej tabuľke.
Intersect 3D	Vytvára prienik medzi dvoma vrstvami.
Is Closed	Vyhodnocuje či sú dané objekty uzatvorené a pridáva zistenú informáciu do atribútovej tabuľky.
Near 3D	Kalkuluje vzdialenosti objektov zadanej vrstvy k najbližšiemu objektu.
Union 3D	Zlúči prekrývajúce sa objekty do jedného.

Tabuľka 2: Nástroje 3D Features



Obr. 27: Ukážka 3D obalovej vrstvy Buffer [vlastné spracovanie]

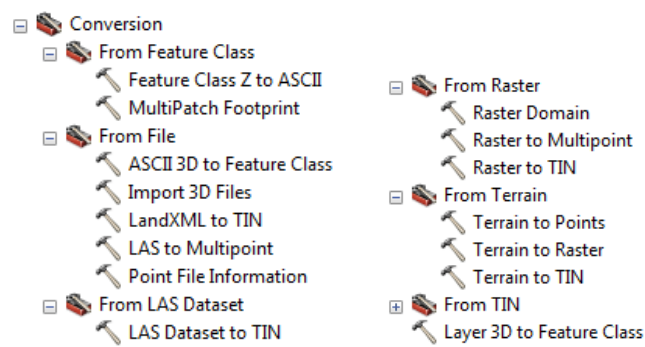
4.3.2. CityEngine

Tento súbor obsahuje dva nástroje, ktoré zabezpečujú integráciu *ArcGIS* so systémom *City Engine*. Prvý z nich je ***Features From CityEngine Rules***, ktorý generuje 3D objekty zo vstupných prvkov pomocou pravidiel CGA pravidiel vytvorených v programe *City Engine*. Tieto pravidlá musia byť autorizované a z programu *City Engine* exportované v predpísanom formáte *Rule Package*.

Druhý nástroj s názvom ***Export to 3d Web Scene*** exportuje projekty vytvorené vo systéme *ArcGIS* s príponou *.sdx do webovej mapovej scény [11]. Tento nástroj podrobnejšie rozoberá kapitola 5.

4.3.3. Conversion

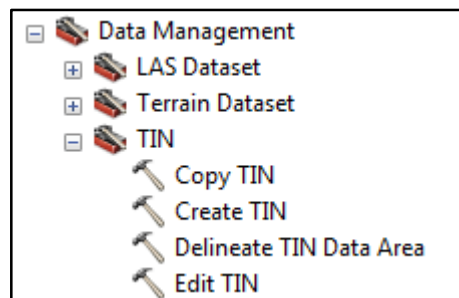
Súbor nástrojov na konverziu rôznych druhov formátov. Môžeme vyzdvihnúť napríklad konverziu rastru na TIN model a naopak.



Obr. 28: Možnosti nástrojov na konverziu formátov [vlastné spracovanie]

4.3.4. Data Management

Z tejto sady nástrojov boli pri tvorbe práce využité tie, ktoré slúžia na vytváranie TIN modelov. Model je možné vytvoriť z jedného alebo z viacerých druhov vstupných dát. Štruktúra TIN je v systéme definovaná tak, že pre každý trojuholník sa zaznamenáva jeho číslo, počet príľahlých trojuholníkov, tri body definujúce trojuholník a ich súradnice a taktiež typ hrán každého trojuholníka. Vytvorený TIN model môžeme v programe zobrazit' viacerými spôsobmi a tiež môže byť ďalej prevedený na raster alebo na vrstevnicový model.



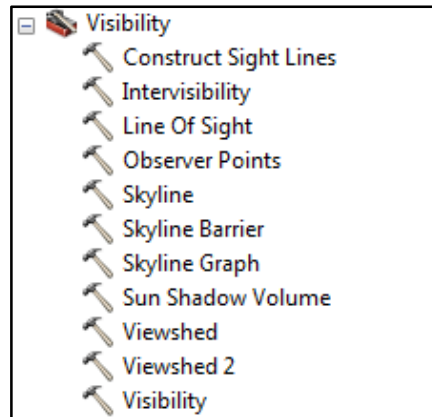
Obr. 29: Možnosti nástrojov Data Management [vlastné spracovanie]

4.3.5. Viditeľnosť

Sada nástrojov na určovanie analýz viditeľnosti. Cieľom je určovanie viditeľnosti medzi dvoma bodmi a následné vyhľadávanie viditeľných a skrytých miest. Analýzy viditeľnosti hľadajú odpovede na otázky typu:

- Ktoré oblasti sú viditeľné zo zadaného miesta (viditeľnosť z rozhľadne, viditeľnosť z poschodí paneláku a podobne)
- Ako často je vidieť zadané miesto z línie (viditeľnosť reklamy pozdĺž dopravných sietí)
- Koľko je potrebných umiestniť kamier alebo rozhľadní aby bolo viditeľne záujmové územie
- Otázky týkajúce sa pokrytia územia signálom (napríklad mobilného)

Tieto analýzy nachádzajú uplatnenie hlavne v krajinnom a územnom plánovaní, ale aj v archeológii, komunikačných technológiách, turizme a v rôznych odvetviach ľudskej sféry. Aby bolo možné vypočítat' viditeľnosť sú potrebné dáta, ktoré zobrazujú digitálny výškový model, pozorovacie stanovisko a ďalšie doplňujúce dáta, ktoré zobrazujú prekážky brániace vo výhľade. Vstupné dáta môžu byť v rastrovej alebo vo vektorovej podobe [13].

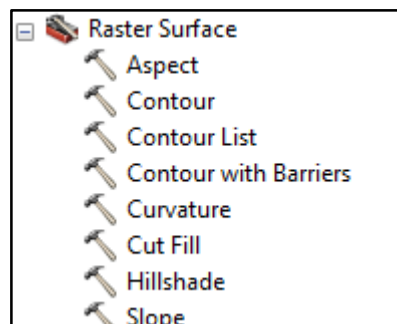


Obr. 30: Nástroje systému ArcGIS na tvorbu analýz viditeľnosti [vlastné spracovanie]

Z nástrojov systému *ArcGIS* môžeme spomenúť nástroj **Line of Sight**, ktorý predstavuje elementárnu funkciu na stanovenie viditeľnosti a vytvára pozorovacie čiary ako priame spojnice medzi zadaným a pozorovaným bodom. Funkcia umožňuje vytvoriť vrstvu línií a následne farebne rozlíšiť viditeľne časti od tých čo vidieť nie sú. Príklad použitia tohto nástroja popisuje kapitola 6.6.1 [13].

Podobným nástrojom je **Viewshed**, ktorý označuje všetky body, ktoré sú z daného miesta viditeľné. *Viewshed* pracuje s rastrovým digitálnym modelom povrchu a jeho výsledkom je rastrová mapa.

4.3.6. Nástroje na analyzovanie terénu



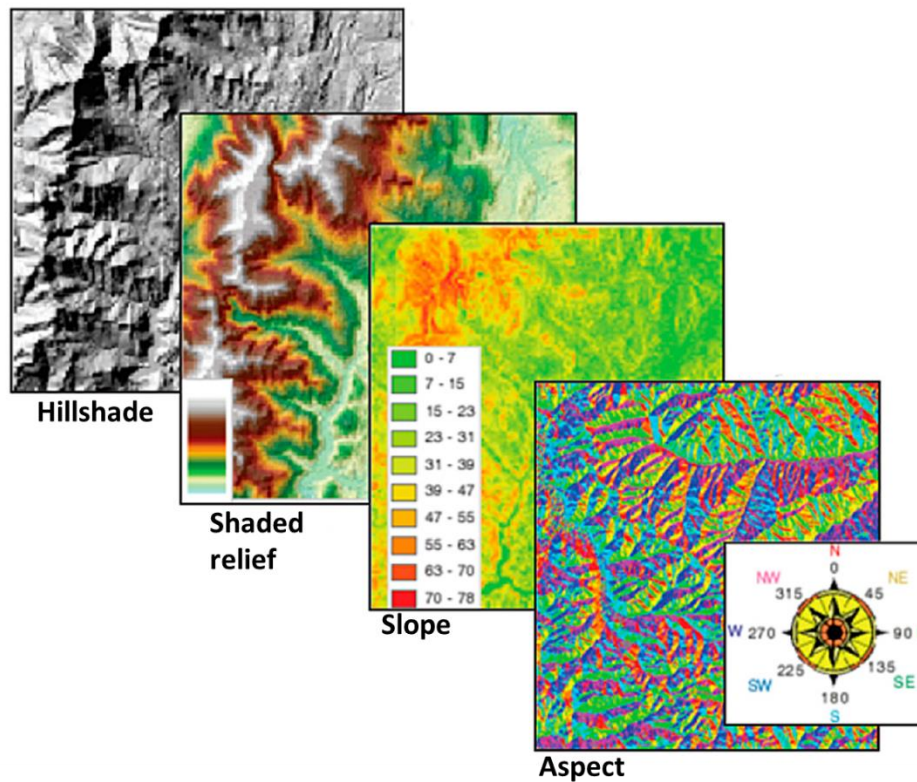
Obr. 31: Nástroje z 3D analyst na analyzovanie terénu [vlastné spracovanie]

Rozšírenie *3D Analyst* umožňuje previesť výškový model na model sklonitosti, ktorý sa generuje nástrojom **Slope**. Sklonitosť sa počíta ako relatívna zmena výšky na jednotku dĺžky v smere spádových kriviek. Vo výstupnom súbore je každému pixelu alebo trojuholníkovej ploche priradená hodnota sklonu v percentách. Model slonov je potom vhodné reklasifikovať do požadovaných kategórií sú získane areály s definovaným

rozsahom sklonitosti. Táto analýza sa môže využiť napríklad pri hodnotení rýchlosti a množstva odtoku vody teréne [23].

Podobnou analýzou je nástroj *Aspect*, ktorý určuje orientáciu terénu voči svetovým stranám.

Okrem spomenutých nástrojov tu nájdeme aj funkcie na generovanie vrstevníc a funkcie na vytvorenie tieňovaného povrchu, ktorý sa používa k zvýrazneniu svahov výškového rastru.



Obr. 32: Ukážky analýz terénu [25]

5. SOFTVÉROVÉ VYBAVENIE

Na začiatku tvorby Diplomovej práce je potrebná voľba vhodného programového vybavenia. Základným použitým programom je *ArcGIS 10.5* pretože predstavuje komplexný geografický systém s mnohými funkciami, ktoré pokrývajú široké možnosti spracovania geografických údajov. Tento softvér bol zvolený na základe predchádzajúcich skúsenosti s jeho pracovným prostredím.

Druhým použitým programom je *CityEngine*, ktorý je použitý z dôvodu oboznámenia sa s novým programovým prostredím.

5.1. ArcGIS 10.5

Jednotlivé priestorové analýzy boli vytvárané v programe *ArcGIS Desktop10.5*. *ArcGIS* predstavuje produkt firmy Esri, ktorý má viacero aplikácií a umožňuje dáta vidieť a skúmať v priestorových súvislostiach. Ide o jeden z najrozšírenejších svetových geografických systémov. Pri tvorbe diplomovej práce bola použitá konkrétne aplikácia *ArcScene* s rozšírením *3D Analyst*, ktorá sa používa na spracovávanie, zobrazovanie a analyzovanie 3D dát. Rozšírením *3D Analyst* sa podrobnejšie zaoberá kapitola 4.

Medzi produkty systému *ArcGIS* patria:

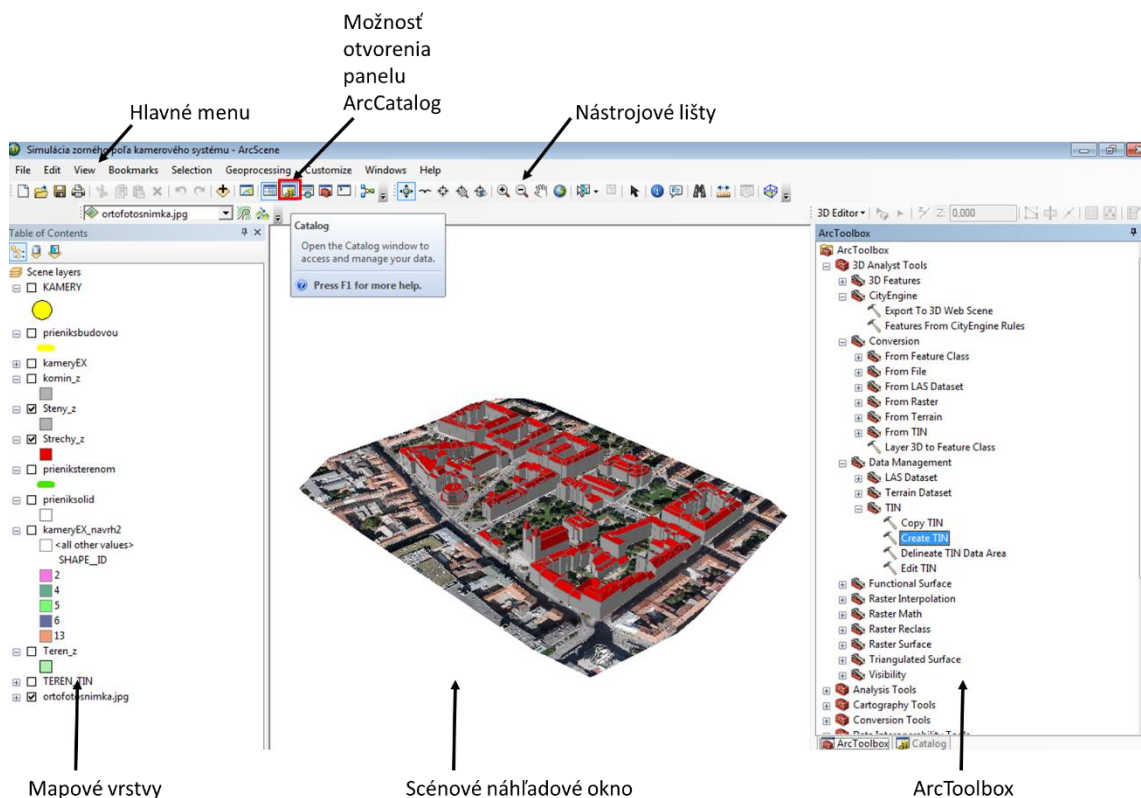
- **ArcGIS for Desktop:** je základným produktom pre používateľov stolných počítačov, ktorý je dodávaný v troch licenčných úrovniach (Basic, Standard, Advanced). *ArcGIS for Desktop* je tvorený aplikáciami *ArcMap*, *ArcCatalog*, *ArcScene*, *ArcGlobe*, *ModelBuilder* a oknom *ArcToolbox*, v ktorom je umiestnený súbor nástrojov pre správu a analýzu geografických dát. Taktiež je k dispozícii nová desktopová aplikácia *ArcGIS Pro*, ktorej hlavnou výhodou je súbežné 2D a 3D zobrazenie.

Na zvýšenie geografických aplikácií sa používajú rozšírenia, ktoré môžu byť dodávané spolu so softvérom alebo si ich môžu vyvinúť aj užívatelia sami pomocou vhodného vývojového softvéru. Komerčné rozšírenia dodávané spoločnosťou Esri sú napríklad *3D Analyst*, *Spatial Analyst*, *Network Analyst*, *Publisher*, *Geostatistical Analyst* a iné.

- **ArcGIS for Server:** predstavuje komplexný nástroj pre správu priestorových dát v online prostredí. Okrem sprístupnenia geografických informácií ostatným

užívateľom umožňuje tiež s dátami pracovať, analyzovať ich a vytvárať vlastné webové a mobilné aplikácie a ďalšie.

- **ArcGIS online:** ide o GIS v cloude. Zabezpečuje služby na internete od úložného miesta až po publikáciu mapových služieb alebo tiež umožňuje tvorbu interaktívnych máp. Pre nekomerčné použitie je tento produkt zdarma.
- **Mobilný GIS:** produkty *ArcPad*, *ArcGIS mobile* a *ArcGIS pre smartfóny a tablety*, ktoré súžia pre potrebu zbierať a využívať geografické údaje priamo v teréne buď v offline režime alebo s priamym pripojením na online služby publikované cez *ArcGIS for Server*.
- **Vývojové nástroje:** nástroje a programové rozhrania pre vytváranie vlastných desktopových GIS aplikácií, internetových mapových serverov, webových služieb a mobilných zariadení. [4]

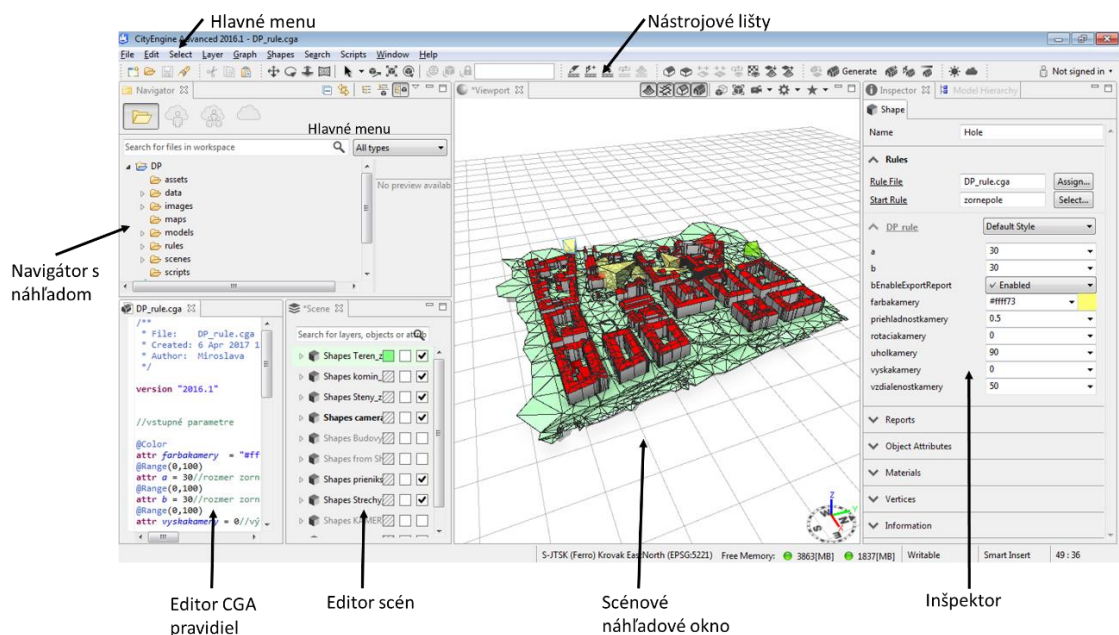


Obr. 1 Hlavné prvky pracovného prostredia ArcScene [vlastné spracovanie]

5.2. CityEngine

Na simuláciu zorného poľa kamerového systému bol použitý program *CityEngine*, ktorý vyvinula Švajčiarska firma. Túto firmu v roku 2011 kúpila Esri a tak sa *CityEngine* stal súčasťou škály ich produktov. Pretože *CityEngine* je samostatnou a pomerne odlišnou aplikáciou od ostatných Esri produktov dochádza k integrácii funkcií. *CityEngine* podporuje formáty Esri a tiež zdieľanie dát cez *ArcGIS online*. Využíva sa predovšetkým na 3D vizualizáciu miest a editáciu 3D modelov. Pracuje na princípe procedurálneho modelovania, čo predstavuje automatické vygenerovanie rozsiahlych objektov a scén pomocou preddefinovaných funkcií a pravidiel aplikovaných na základné geometrické tvary, ktorými sú väčšinou polygóny ako pôdorysy budov. Pravidlá sa definujú pomocou CGA shape gramatiky, prostredníctvom ktorých je možné modelovať a ďalej editovať jednotlivé objekty. Výhodou procedurálneho modelovania je tiež, že jedno pravidlo môžeme priradiť veľkému množstvu vstupných tvarov a tak generovať modely hromadne. Okrem modelovania pomocou pravidiel je v tomto programe možnosť priameho polygonálneho modelovania, ktoré je vhodné na editáciu alebo interaktívne modelovanie. Tento produkt obsahuje aj funkcie, ktoré umožňujú publikovať 3D scény vo webovom prostredí

Na základe tohto programu a jeho integrácií s technológiami *ArcGIS* sú používateľom otvárajú nové možnosti v oblasti 3D. [5]



Obr. 33: Pracovné prostredie programu CityEngine a jeho časti [vlastné spracovanie]

6. SIMULÁCIA ZORNÉHO POĽA KAMEROVÉHO SYSTÉMU

Simulácia zorného poľa kamerového systému predstavuje praktickú časť diplomovej práce. Ide o vymodelovanie zorného poľa kamerového systému a následné vykonanie priestorovej analýzy, čo spočíva vo vytvorení prieniku medzi 3D modelom mesta a kamerovým systémom. Tento prienik vizualizuje územie snímané kamerami.

Simulácia je aplikovaná na mestské prostredie a jej hlavné využitie spočíva vo vytvorení prvotného návrhu kamerového systému. Pomáha pri výbere najlepšieho umiestnenia kamier tak aby bolo pokryté požadované územie s možnosťou nastavenia konkrétnych parametrov. Výsledkom sú , ktoré sú zobrazené v trojrozmernom priestore a tak približujú užívateľovi čo všetko bude možné zaznamenať k konkrétnej kamery a tým prispievajú k nájdeniu najviac vyhovujúceho riešenia.

6.1. Použité dáta

Ako podklad pre diplomovú prácu boli použité otvorené priestorové dáta Prahy. Od roku 2015 Inštitút plánovania a rozvoja hlavného mesta Prahy voľne sprístupnil dáta o Prahe vo formátoch *shapefile*, *geoJSON*, *GML*, *DXF*, *TIFF* a *JPG*. Ide o súbory voľne sťahovateľných dát v súradnicových systémoch S-JTSK a WGS-84. Medzi najzaujímavejšie patria 3D model Prahy, hlukové mapy, ortofotomapy, územné plány, cenové mapy, dopravné mapy, klady mapových listov a mnohé iné, ktoré sú zverejnené na internetovej stránke geoportálu Prahy [17].

6.1.1. 3D model Prahy

Hlavné mesto Praha má k dispozícii detailný digitálny 3D model mesta, ktorý je užitočným podkladom pri plánovaní výstavby a územnom rozhodovaní. Model vznikol v rokoch 2000 až 2008 metódou fotogrametrického vyhodnotenia leteckých snímok.

Digitálny model terénu je súčasťou 3D modelu mesta a zobrazuje zemský povrch bez vegetácie a budov. Model bol vytvorený z leteckých snímok z roku 2010 a naposledy bol aktualizovaný v roku 2016. Všeobecná presnosť modelu je udávaná minimálne 1 meter, pretože pri spracovávaní boli zanedbané terénne stupne menšie než 1 meter. V niektorých

územiach boli použité podrobné merania, ktoré dosahovali 3 triedu presnosti. Presnosť modelu vyhovuje pre použitie na mapách v mierke 1:5000.

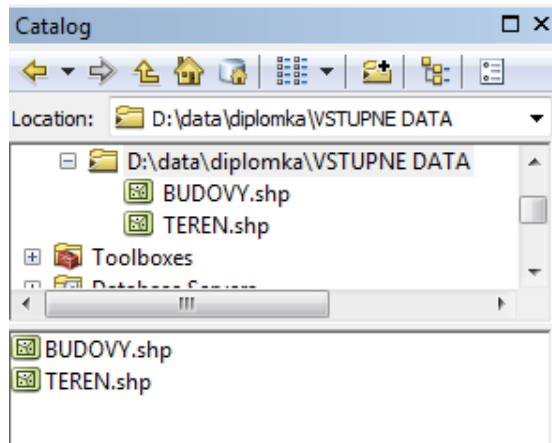
3D model zástavby tiež tvorí 3D model mesta Praha. Vytváranie modelu prebiehalo v roku 2001 až 2008 a posledná aktualizácia prebehla v roku 2016. Vstupné dáta pre jeho tvorbu boli lomové body striech a vrchných častí budov, ktorých priestorové súradnice boli získané fotogrametrickým vyhodnotením leteckých meračských snímok.. Budovy boli domodelované v prostredí *Microstation* a konvertované do formátu shapefile, ktoré sú rozdelené po mapových listoch 1:5000. Uvádzaná presnosť modelu je minimálne 0,5 metra. Každá budova je zložená z dosiek, popísaná identifikačným číslom budovy a je zaradená do príslušnej atribútovej skupiny, ktorá pomenováva či ide o zvislú obvodovú stenu alebo vodorovnú, tiež môže ísť o strechu, komín a ostatné [17].

Pre účely diplomovej práce bol konkrétne použitý digitálny model terénu a 3D model zástavby vo formátoch shapefile a na vizualizáciu terénu boli použité ortofotosnímky.

Shapefile je formát vytvorený spoločnosťou Esri, ktorý ukladá vektorové geografické dáta a ich atribútové informácie v troch alebo viacerých súborových typoch uložených v jednom projekte s rovnakým názvom ale rôznou príponou. *Shapefile* ukladá vždy prvky jedného geometrického typu (napríklad bod, línia, polygón, viacnásobná línia). Príkladom je použitá vrstva budov s názvom *BUDOVY.shp*, ktorá je geometrického typu *multipath* a obsahuje tieto súborové typy [18]:

- *BUDOVY.shp* - je súbor, v ktorom je popísaná geometria zoznamom lomových bodov pomocou súradníc. Je to hlavný súbor, ktorý je otváraný v *ArcScene* projekte.
- *BUDOVY.shx* – indexový súbor, ktorý zabezpečuje prepojenie prvkov z hlavného shapefile s jeho odpovedajúcim záznamom v atribútovej tabuľke.
- *BUDOVY.dbf* – databázový súbor, ktorý obsahuje atribúty jednotlivých prvkov vo forme atribútovej tabuľky.
- *BUDOVY.prj* – projekčný súbor, ktorý nesie informácie o projekcii a súradnicovom systéme daného shapefile.
- *BUDOVY.sbn* – priestorové indexy.
- *BUDOVY.cpg* – zabezpečuje správnu identifikáciu znakovkej sady.

Súbory *.shp, *.shx, *.dbf sú povinné, ostatné sa považujú za doplnkové. Zoznam vstupných použitých *shapefiles* je možné prezerať v *ArcCatalogu*, ktorý zobrazuje len hlavné súbory *shapefiles*.



Obr. 34: Zobrazenie vstupných dát v ArcCatalogu [vlastné spracovanie]

6.1.2. Otvorené priestorové dáta

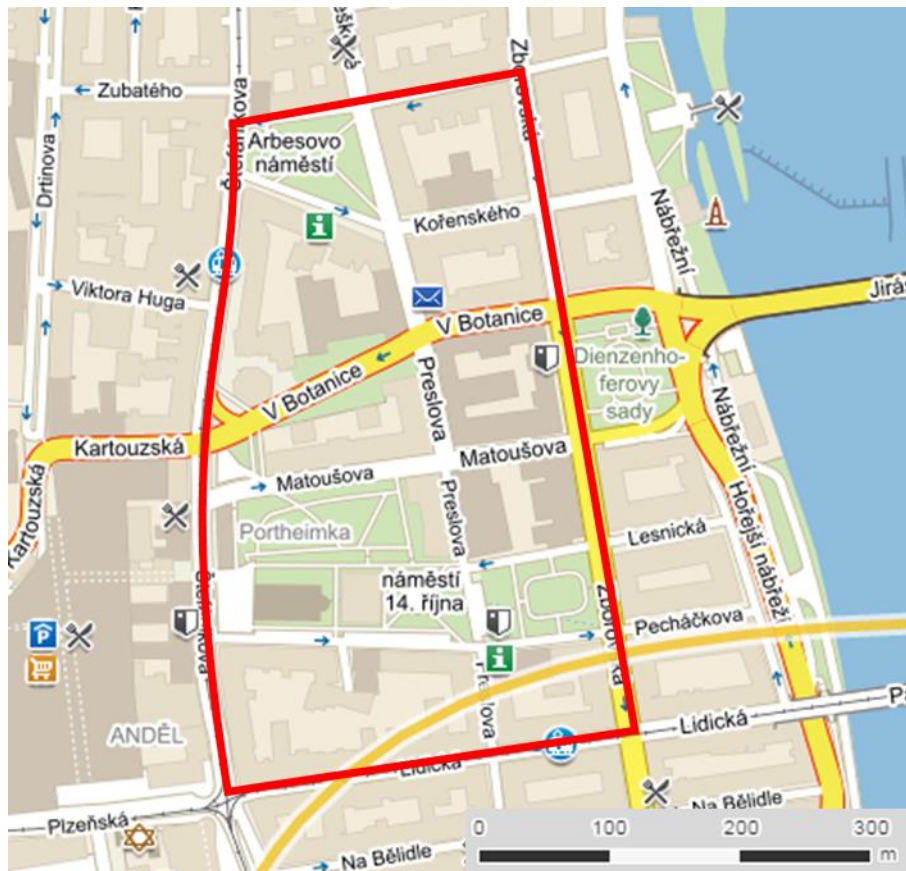
Otvorené dáta predstavujú proaktívne voľne šíriteľné údaje alebo informácie, ktoré sú bezplatne prístupné neobmedzenému okruhu záujemcov v štruktúrovanej digitálnej forme. Je umožnené ich ďalej využívať na akýkoľvek účel, modifikovať a ďalej zverejňovať.

Mnohé mestá ako napríklad Praha, Berlín, Londýn, Chicago a iné, poskytujú svoje geografické dáta k ďalšiemu využívaniu. Hlavnými benefitmi prístupných dát sú, že zvyšujú informovanosť občanov, vytvárajú nové ekonomické a sociálne hodnoty, skvalitňujú verejné služby, zefektívňujú práce verejnej správy, minimalizujú administratívne práce vo forme najrôznejších druhov aplikácií, analýz a vizualizácií ako napríklad vyhľadávanie cestovných poriadkov a parkovacích miest, predpoveď počasia, vyhľadávanie bezbariérových prístupov, údaje z katastra nehnuteľností, informácie o využívaní území a evidencii majetku, zisťovanie povodňových rizík, vyhľadávanie pracovných ponúk a mnohé iné [17].

6.1.3. Príprava dát

Po stiahnutí dát bolo prvým krokom ich príprava na ďalšie analyzovanie. Z veľkého objemu dát bola pre rýchlejšiu manipuláciu orezaná oblasť Prahy 5, okolie Námestia 14. října. Orezaním sme získali nové vrstvy budov a terénu. Tieto vrstvy s geometriou typu polygón a multipath boli uložené a použité pre ďalšie spracovávanie.

V záujmovom území sa nachádza novorenesančný kostol sv. Václava a druhou zaujímavou stavbou v tom území je baroková vila Portheimka so záhradou.

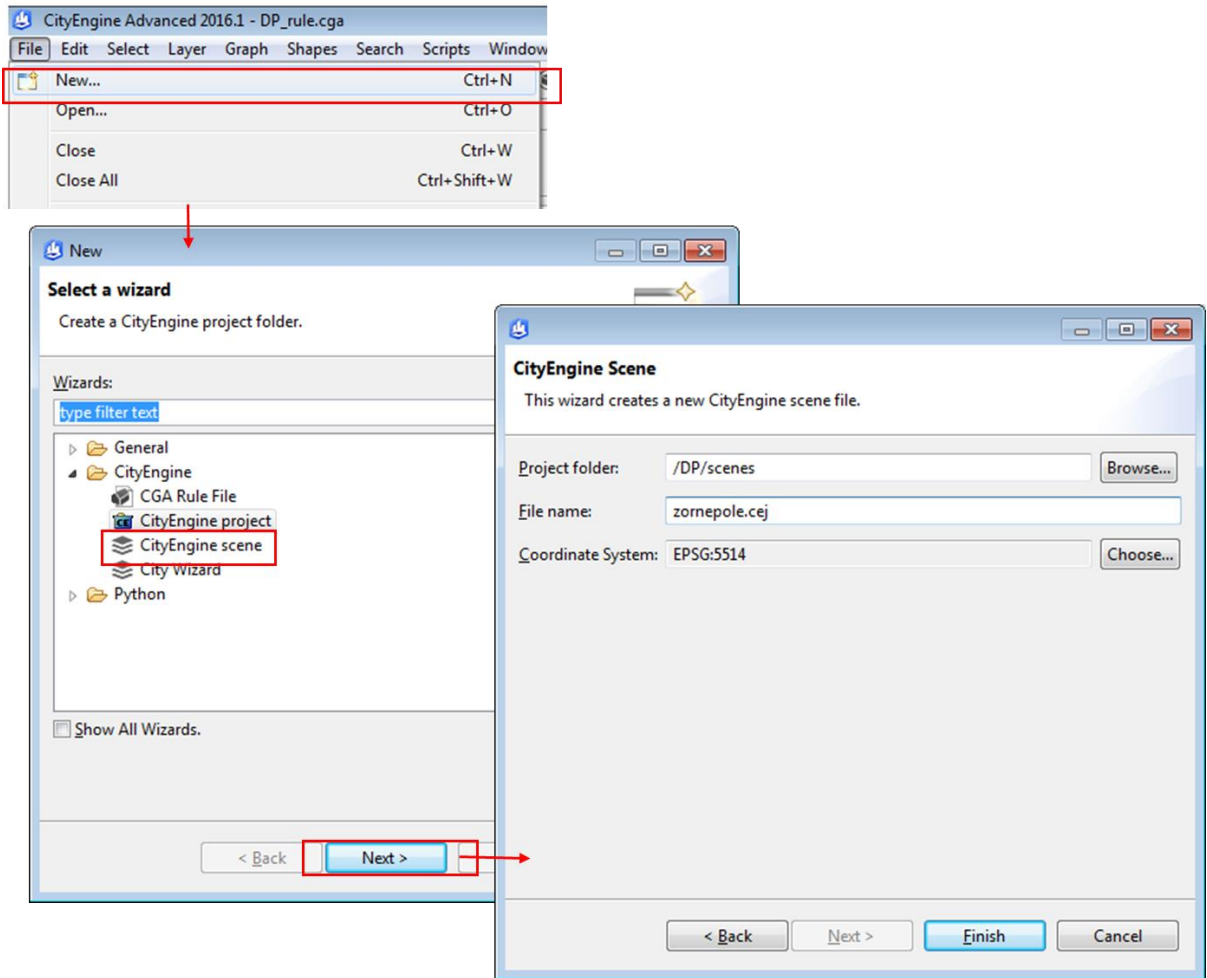


Obr. 35: Vyznačenie záujmového územia, upravené z [19]

6.2. Zorné pole kamerového systému

Zorné pole kamerového systému je prezentované pomocou ihlanu vytvorené v programe *CityEngine*. Na začiatku bol vytvorený nový projekt, ktorý pozostával z priečinov *assets*, *data*, *images*, *maps*, *models*, *rules*, *scenes*, tieto priečinky možno prehliadať v okne *Navigátor*. Do priečinku *data* boli nakopírované vopred pripravené dáta budov a terénu vo formáte *shapefile*. Aby bolo možné tieto dáta vizualizovať a ďalej modifikovať a aplikovať na ne pravidlá bolo nutné po založení projektu vytvoriť v priečinku

scene novú mapovú scénu *DP_scene.cej*. V takto vytvorenej scéne už bolo možné zobrazit' importované dáta budov a terénu a ďalej s nimi pracovať.



Obr. 36: Postup vytvorenia novej scény v CityEngine [vlastné spracovanie]

6.2.1. Vytvorenie pravidla pre vykreslenie kamier

Po založení projektu možno prejsť k samotnému modelovaniu zorného poľa kamerových systémov. Ako už bolo spomenuté systém *CityEngine* modeluje objekty pomocou zadaných pravidiel.

Pravidla boli vytvorené v špeciálnom programovacom jazyku *CGA shape grammar*, ktorý sa používa na generovanie 3D objektov, hlavne architektúry. Pre vytváranie jednoduchých objektov ako bolo zorné pole kamier nie je nutné detailné poznanie tohto jazyka, stačí si osvojiť len jeho základné funkcie.

Rovnako ako v prípade založenia novej scény je potrebné obdobne v priečinku *rules* založiť nový súbor pravidiel *CGA Rule File*. Po kliknutí na novozaložený súbor pravidiel je

otvorený editor pravidiel, v ktorom už môžeme začať definovať pravidlá pre vykreslenie zorného poľa.

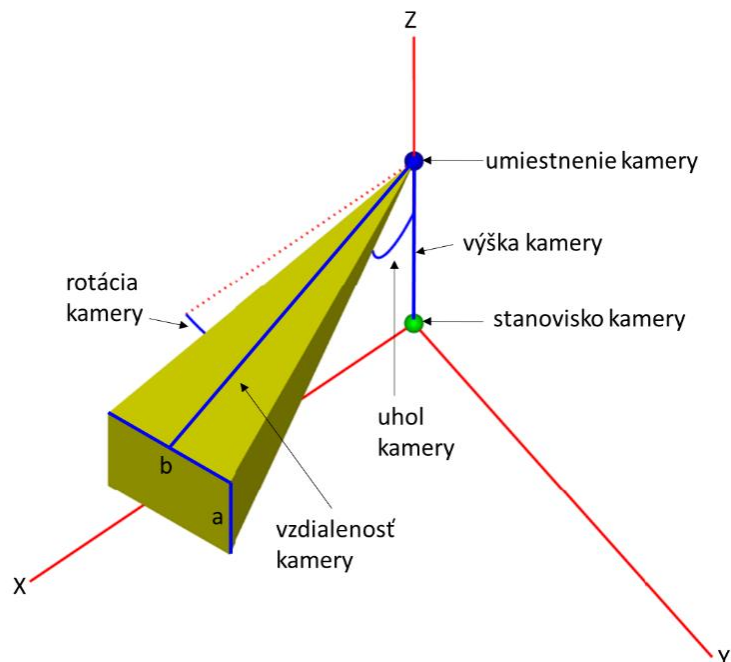
Pre zjednodušenie boli na začiatku zadané vstupné parametre označené funkciou `attr`. Tieto parametre numericky a priestorovo definujú jednotlivé zorné polia.

```
//vstupné parametre

@Color
attr farbakamery = "#ffff73"//farba kamery žltá
@Range(0,100)
attr a = 30//rozmer zorného poľa a v rozsahu 0-100m
@Range(0,100)
attr b = 30//rozmer zorného poľa b v rozsahu 0-100m
@Range(0,100)
attr vyskakamery = 0//výška kamery od pôvodného umiestnenia v rozsahu 0-100m

@Range(0,1)
attr priehladnostkamery = 0.5
@Range(0,300)
attr vzdialenostkamery =50// v rozsahu 0-100m
@Range(0,360)
attr rotaciakamery =0//rotácia okolo osi z v rozsahu 0-360 stupňov
@Range(0,360)
attr uholkamery =90//rotácia okolo osi y v rozsahu 0-360 stupňov
```

Obr. 37: Zadané vstupné parametre v editore pravidiel [vlastné spracovanie]

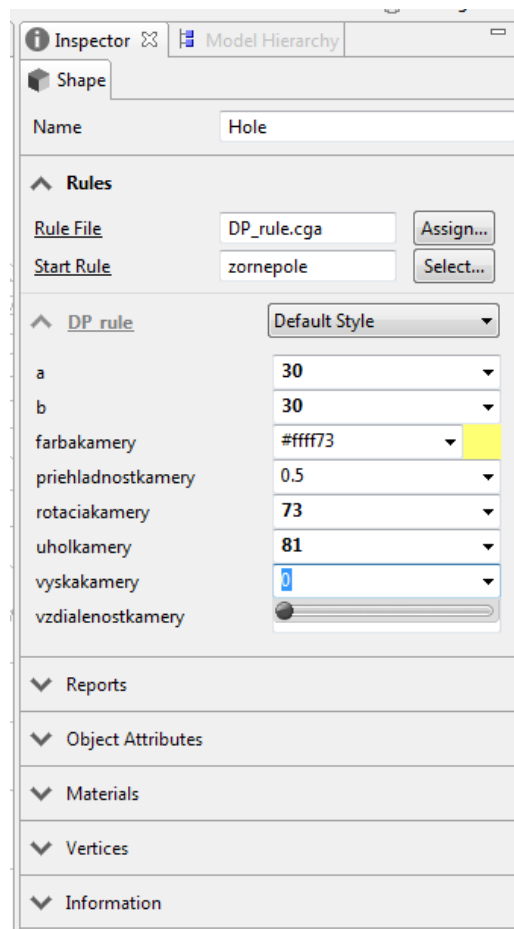


Obr. 38: Schematické vysvetlenie zadaných parametrov [vlastné spracovanie]

Označenia @Color, @Range pred zadanými vstupnými parametrami predstavujú anotácie. Anotácie sa všeobecne používajú na pridávanie informácií alebo atribútov k pravidlám a tak rozširujú používateľské rozhranie prezentovania pravidiel. Anotácia @range nastavuje rozsah príslušného atribútu. Tento rozsah môže byť definovaný minimálnou a maximálnou hodnotou alebo vypísaním konkrétnych hodnôt, ktoré sú následne zobrazené v *Inšpektore* v rolovanom menu. Anotácia @color predstavuje rozšírenie atribútu, ktorý zobrazí paletu farieb v inšpektore a tak umožní možnosť výberu farby bez písania konkrétneho kódu farby.

Jednou z výhod zadaných vstupných parametrov je možnosť ich priebežne meniť a editovať v okne *Inšpektor*, buď manuálnym prepísaním hodnoty alebo pomocou rolovacieho menu.

Inšpektor je základný nástroj na prehliadanie a editovanie 3D objektov. Zobrazuje všetky parametre vybraných objektov a umožňuje ich editáciu. V prípade, že objekty majú priradené určité pravidlo, všetky parametre týchto pravidiel je tiež možné upravovať [20].



Obr. 39: Okno Inšpektor na editovanie vlastností objektov [vlastné spracovanie]

Po predefinovaní vstupných atribútov nasleduje zadefinovanie už konkrétnych pravidiel [21]. Pravidlá sú zobrazené a vysvetlené na nasledujúcom obrázku. Prvé pravidlo s názvom *zorne pole* definuje vykreslenie ihlanu a druhé pravidlo s názvom *obraz* separuje vrchnú plochu ihlanu, ktorú nafarbí na modro.

```

zornepole-->

i("builtin:cube")//funkcia vloží aktuálnemu tvaru kocku
s(a,vyskakamery,b)//zadefinovaná veľkosť kocky v osi x, y, z
color(farbakamery) //zadefinovaná farba kocky
set(material.opacity,priehľadnostkamery)//nastavenie priehľadnosti
center(xyz)//centrovanie rozsahu kocky do stredu kocky
comp(f) {top:ihlan}//vytvorenie nového tvaru z vrchu kocky

ihlan-->

roofPyramid(30) //vytvorenie ihlanu pre každú kameru
s('1,vzdialenostkamery,'1)//zadefinovaná veľkosť rozsahu ihlanu
r(0,uholkamery,rotaciakamery)//rotácia okolo osí x, y, z
center(xyz)//vycentrovanie
t(0,-vzdialenostkamery/2,0)//posun rozsahu ihlanu

obraz-->

comp(f) {top:kamer}//oddelenie prednej časti ihlanu
kamer--> color("#0000ff")
    
```

Obr. 40: Vytvorené pravidlo použité na vykreslenie zorných polí kamier [vlastné spracovanie]

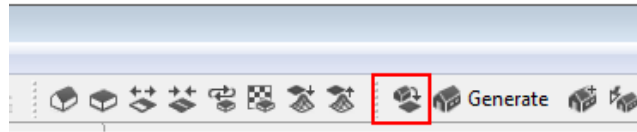
6.2.2. Aplikácia pravidiel a vygenerovanie modelu kamier

Po definovaní pravidiel je potrebné celý projekt uložiť a aby bola možná generácia modelu kamerových systémov je potrebné toto pravidlo zapísať k príslušným vopred pripraveným dátam.

Vopred pripravené dáta predstavuje súbor s názvom *Umiestnenie_kamier.shp*. Tento súbor obsahuje bodové prvky, ktoré zobrazujú stanoviska kamier. Stanoviska kamier boli vytvorené v programe *ArcScene* prostredníctvom *ArcCatalogu* a následne vyexportované a nakopírované do projektu *CityEngine*. Stanoviská sú situované na budovách a strechách tak, aby kamery zachytávali časti záhrady Phorteimka a Námestia 14. júna a tiež okolité budovy, aby bolo možné vytvoriť prienik medzi 3D modelom a kamerami.

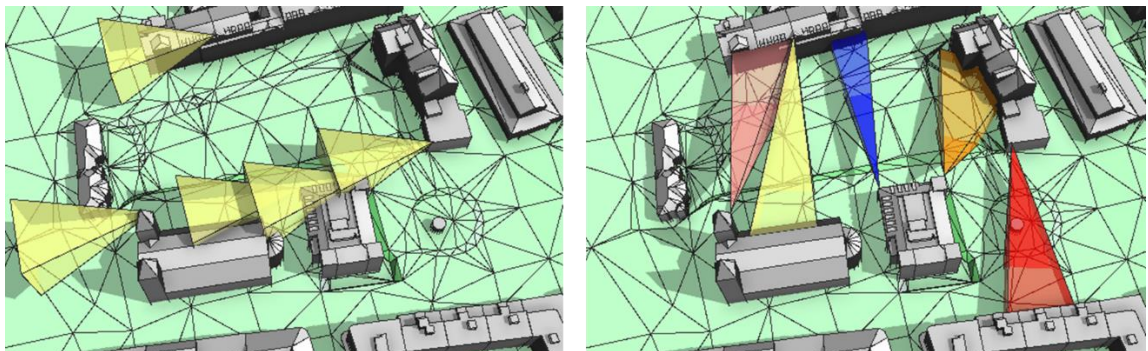
V ďalšom kroku je novovytvorený súbor pravidiel priradený k príslušným tvarom, čo v našom prípade predstavuje vrstva so stanoviskami kamier. Najskôr sa stanoviska kamier označili a kliknutím na priradovacie tlačidlo v titulnej lište (Obr. 41) sa pravidlo aplikovalo

a vygenerovalo podľa zadaných kritérií zorné polia kamerových systémov v podobe ihlanov.



Obr. 41: Prirad'ovacie tlačidlo v titulnej lište programu CityEngine[vlastné spracovanie]

Výsledkom priradenia pravidiel k stanoviskám kamier je vykreslenie piatich ihlanov, ktoré predstavujú zorné polia kamier. Tieto zorné polia majú všetky rovnaké vstupné parametre. Keďže vstupné parametre sú zadané tak aby bolo možné ich modifikovať, bola následne vykonaná zmena parametrov individuálne pre každú kameru. Po kliknutí na kameru sa v *Inšpektore* zobrazili jej parametre a tie boli zmenené tak aby kameru nasmerovali do takej pozície, aby bolo možné vytvoriť prieniky zorného poľa a 3D modelu, to znamená aby sa tieto dve vrstvy prekrývali.



Obr. 42: Vygenerované zorné polia kamier so vstupnými parametrami (vľavo), s upravenými parametrami (vpravo)

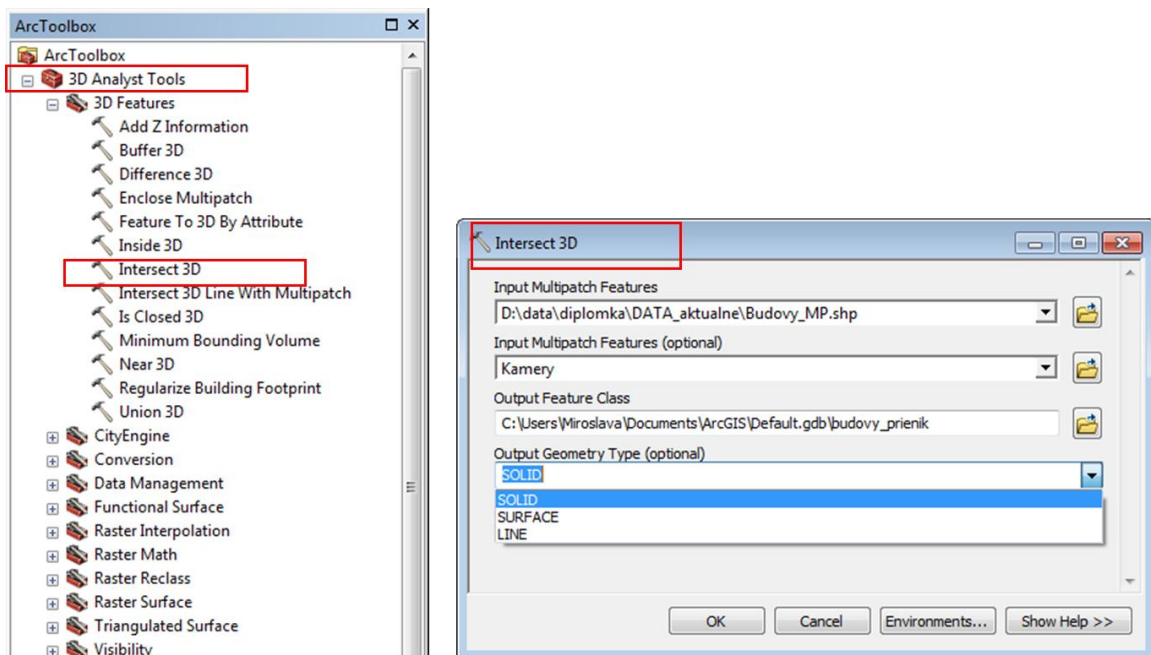
Predmetom diplomovej práce nie je skúmanie parametrov kamerových systémov, preto sú volené náhodne a nereprezentujú reálne parametre určitých druhov kamier. Výsledok teda predstavuje simuláciu kamerového systému.

6.3. Priestorové analyzovanie zorného poľa kamier

Hlavným cieľom diplomovej práce je vytvoriť konkrétnu priestorovú analýzu a to prienik namodelovaného zorného poľa s 3D modelom mesta. Táto priestorová analýza je vytvorená v programe *ArcScene*. Aby bolo možné zobrazit' namodelované kamery v programe *ArcScene* je potrebné ich najskôr konvertovať na tvary a exportovať do formátu

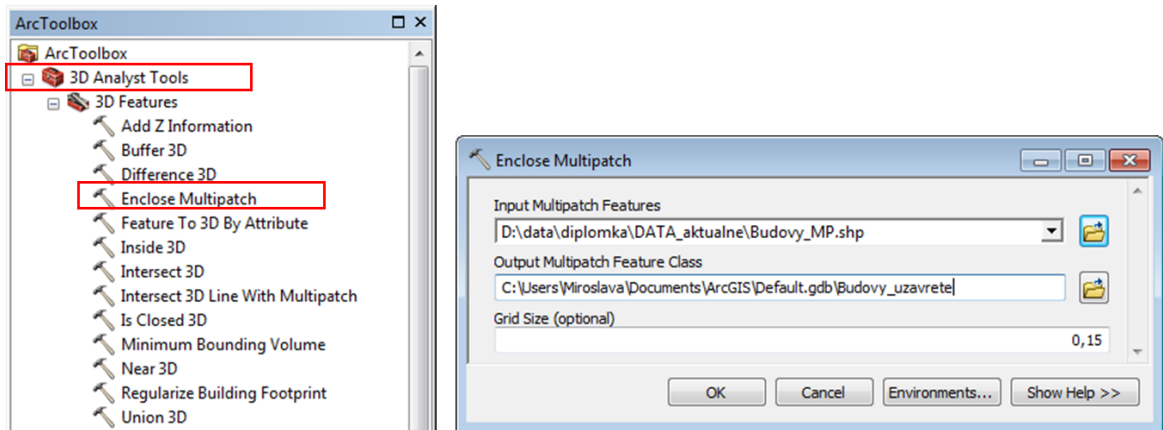
shapefile. Takto exportované dáta s názvom *Kamery.shp* boli otvorené v novovytvorenom projekte *ArcScene* a pripravené na analýzu spolu s vrstvou budov a terénu.

Súčasťou programu *ArcScene* je aplikácia *ArcToolbox*, ktorá obsahuje nástroje pre prácu s dátami. Na tvorbu priestorovej analýzy budeme využívať konkrétne nástroje z rozšírenia *3D Analyst Tools*. Nástroj, ktorý umožňuje vytvárať prienik medzi dvomi prekrývajúcimi vrstvami sa nazýva *Intersect 3D*. Po jeho vyvolaní je potrebné zadať požadované parametre a to vstupné vrstvy medzi ktorými má byť prienik vytvorený a tiež názov, umiestnenie a geometrický typ výstupnej vrstvy. Geometrickým typom výstupnej vrstvy môže byť teleso, povrch alebo línia.



Obr. 43: Vyvolanie nástroja *Intersect 3D* a zadanie vstupných parametrov [vlastné spracovanie]

Po zadefinovaní vstupných parametrov a spustení funkcie prienik vytvorený nebol z dôvodu, že vrstva budov nebola uzavretá. Preto je potrebné na vrstvu budov aplikovať ďalšiu funkciu z *3D Analyst Tools* a to funkciu *Enclose Multipatch*. Táto funkcia umožňuje uzavrieť multipath prvky v prípade že obsahujú neuzavreté geometrické miesta.



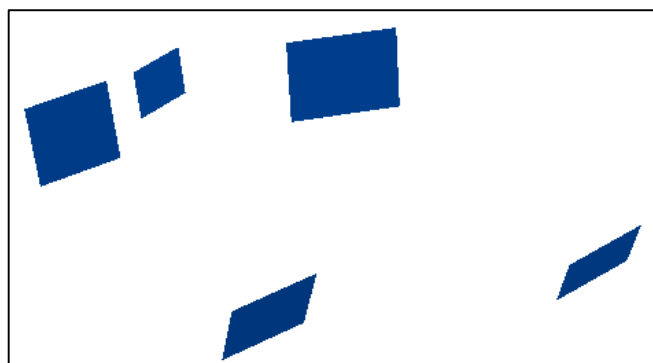
Obr. 44: Postup vytvorenia uzavretej vrstvy budov s použitím nástroja *Enclose Multipatch* [vlastné spracovanie]

Po spustení funkcie *Enclose Multipath* program vygeneroval novú mapovú vrstvu s názvom *Budovy_uzavrete.shp*, ktorá už obsahuje uzavreté modely budov a je možné na ňu aplikovať znovu funkciu *Intersect 3D*, ktorá bola popísaná na začiatku kapitoly. Funkcia bola aplikovaná dva krát a výsledkom sú dve nové vrstvy ktoré zobrazujú výsledok priestorovej analýzy a to prienik medzi vrstvou kamier a budov znázornený telesom a líniou. Rovnakým postupom boli vytvorené aj prieniky medzi vrstvou kamier a terénom. Účelom vytvorených prienikov bolo zobrazenie územia pokrytého kamerovým systémom.

Nedostatkom tejto analýzy je, že vytvorené prieniky zobrazujú všetko čo sa nachádza v zorných poliach kamier a neberú do úvahy viditeľnosť.

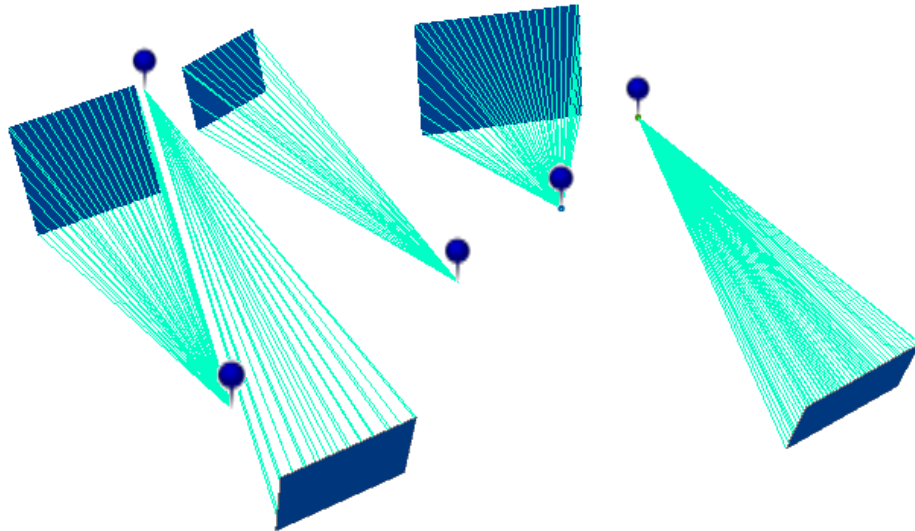
6.3.1. Analýza viditeľnosti

Druhou alternatívou je zobrazenie pokrytého územia kamerami pomocou analýz viditeľnosti. K tejto analýze je využitá druhá vrstva zorných polí vytvorená v projekte *CityEngine* pravidlom *obraz* a to len predné plochy ihlanov.



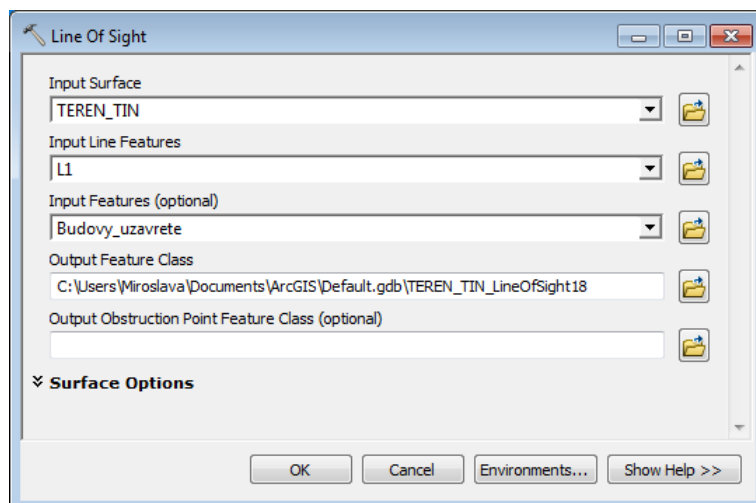
Obr. 45: Vrstva zorných polí - predné plochy ihlanov [vlastné spracovanie]

Najskôr sa vytvorí vrstva zorných čiar vychádzajúcich z jednotlivých stanovísk kamier do cieľových objektov (predné plochy ihlanov) pomocou funkcie *Construct Sight Lines*. Tieto vytvorené čiary reprezentujú zorné polia v tvare ihlanov.



Obr.45: Zorné polia kamier reprezentované zornými líniami-výsledok funkcie *Construct Sight Lines* [vlastné spracovanie]

Na stanovenie viditeľnosti slúži nástroj *Line of Sight*, ktorý určuje viditeľnosť skonštruovaných zorných líní a berie do úvahy priebeh terénu a iné zadané prekážky, ktorými v našom prípade boli budovy. Výsledkom tejto analýzy je nová vrstva zorných polí, ktorá farebne rozlišuje viditeľné časti líní od tých čo vidieť nie sú. Grafické znázornenie výsledkov priestorových analýz zobrazuje kapitola 6.4.4.



Obr. 46: Nástroj *Line of Sight* a zadefinovanie vstupných parametrov [vlastné spracovanie]

6.4. Vizualizácia priestorových analýz

Dôležitou úlohou pri tvorbe analýzy je aj jej grafické znázornenie a vizualizácia, čo predstavuje výber vhodného štýlu a spôsobu zobrazenia informácií na mapovej scéne, taktiež voľba farieb, druhov čiar a symbolov podstatne ovplyvňuje konečný dojem z výstupu. Správny spôsob vizualizácie v značnej miere prispieva k objasneniu alebo zamaskovaniu informácií zobrazených na mapovej scéne, preto je potrebné jej venovať dostatočnú pozornosť.

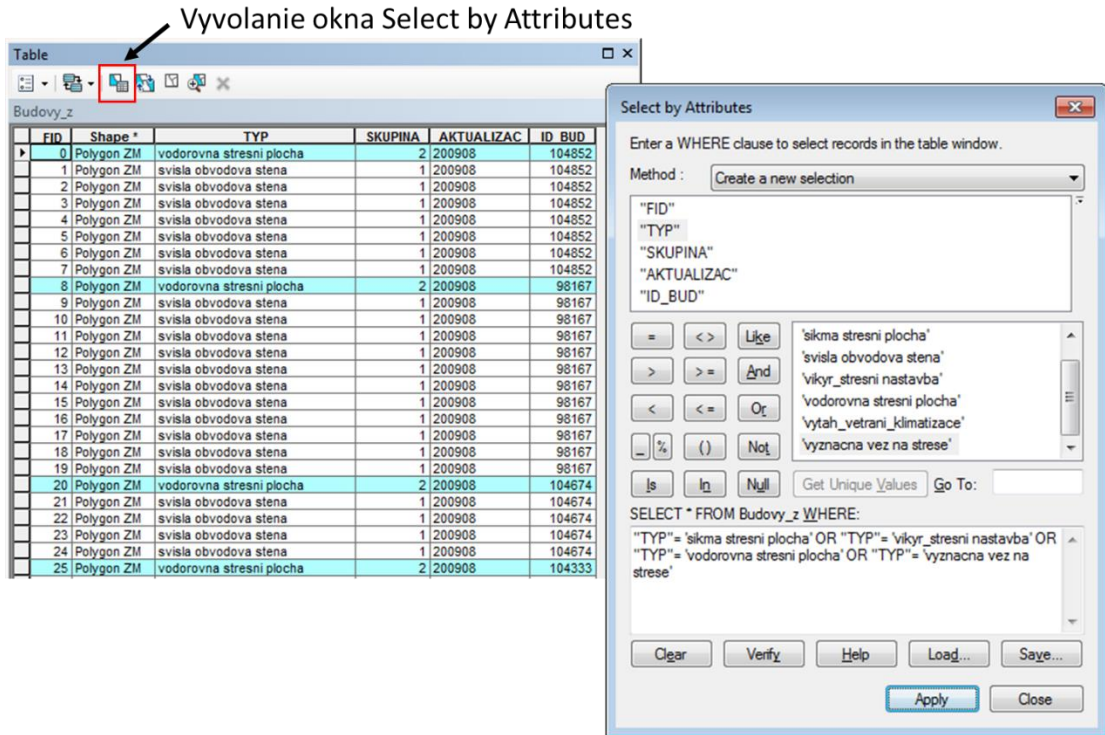
6.4.1. Vizualizácia budov

Stiahnuté dáta budov obsahovali aj informácie o type jednotlivých objektov, ktoré boli zaznamenané v atribútovej tabuľke. Každá budova je zložená z klasifikovaných plôch a identifikovaná číslom budovy. Jednotlivé plochy sú rozkategorizované do týchto skupín:

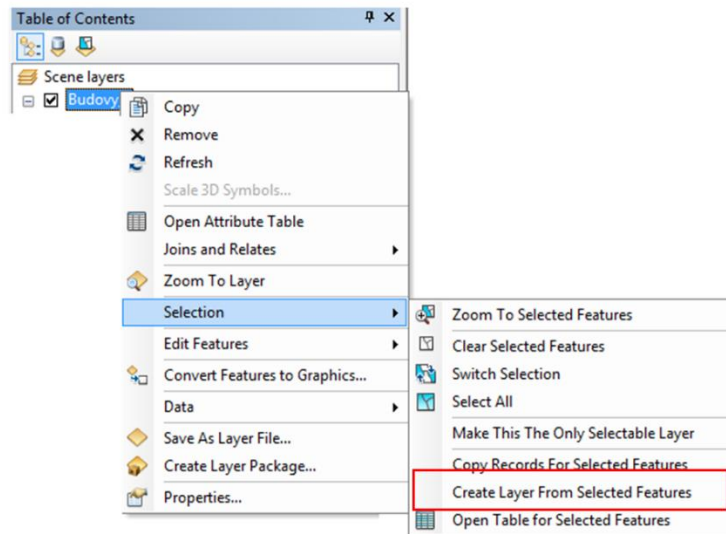
- Zvislé obvodové strechy
- Vodorovné strešné plochy
- Dielčie plochy kruhových strešných plôch
- Strešné nadstavby a vikiere
- Komíny
- Význačné veže na streche
- Výtťahy a vetranie a klimatizácia

Na základe týchto atribútov boli pre lepšiu vizuálnu stránku vytvorené tri nové vrstvy objektov a to vrstva striech, komínov a vrstva obvodových stien pomocou dialógového okna *Select by Attributes*.

Dialógové okno *Select by Attributes* sa vyvoláva priamo atribútovej tabuľke a umožňuje vyhľadať objekty, ktoré spĺňajú zadanú podmienku. Výber objektov sa uskutočňuje na základe vlastností zapísaných v atribútovej tabuľke pomocou podmienky zapísanej v štruktúre SQL. Po zadaní podmienky boli postupne vyselektované jednotlivé dáta, z ktorých boli vytvorené už spomenuté nové vrstvy a tie už bolo možné jednoducho farebne odlíšiť a tak zvýšiť ich vizuálnu hodnotu.



Obr. 47: Vyhľadanie striech z atribútovej tabuľky [vlastné spracovanie]



Obr. 48: Postup vytvorenia novej vrstvy z vyselektovaných striech [vlastné spracovanie]

6.4.2. Vizualizácia terénu

Pre zvýšenie atraktívnosti predmetnej oblasti je terén vizualizovaný pomocou farebných ortofotosnímkov, ktoré boli snímkané v roku 2016 a taktiež sú súčasťou otvorených dát Prahy. Pre predmetné územie boli podľa kladu mapových listov 1:1000 stiahnuté príslušné ortofotosnímky z [17] v rastrových formátoch **JPG*.

Stiahnuté rastrové dáta nie sú geograficky umiestnené, čo znamená že po načítaní do programu nie sú zobrazené na presnom mieste. Z tohto dôvodu je potrebné ich najskôr registrovať georeferencovaním. Georeferencovanie bolo realizované v základnom nástroji *ArcGIS* pre tvorbu a spracovanie digitálnych máp *Arcmap*. Georeferencovanie spočíva v zadávaní zdrojových a cieľových bodov, čím sa vytvára priamka medzi priestorom známej geografickej polohy a neznámej polohy. Polohové umiestnenie bolo vykonané pomocou troch vopred určených zdrojových a cieľových bodov. Georeferencovanie sa vykonáva pomocou lišty *Georeferencing*, ktorú spustíme v hlavnom menu. V tejto vrstve najskôr vyberieme raster, ktorý chceme polohovo umiestniť a potom zvolíme *Add Control Points*. Ďalej zvolíme bod na umiestňovanom rastrovi, pričom sa zobrazí vodiaca čiara, a nasledovne klikneme na jemu odpovedajúci bod už na zaregistrovanej mape. Body vyberáme tak, aby bolo možné ich jednoznačne identifikovať na umiestňovanom rastrovi aj na zaregistrovanej mape. Rovnakým spôsobom boli zadané aj ďalšie dva body.



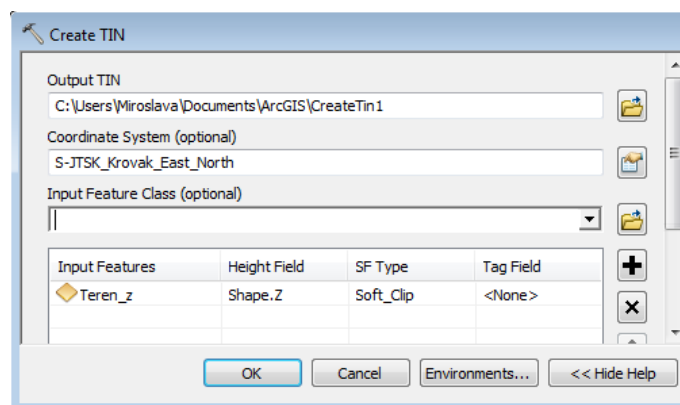
Obr. 49: Lišta Georeferencing [vlastné spracovanie]

Na obrázku 50 je zobrazená ukážka zaregistrovanej ortofotosnímkovej aj s použitými identickými bodmi. Totožným spôsobom bola zaregistrovaná aj druhá ortofotosnímková pokrývajúca záujmové územie [22].



Obr. 50: Polohovo umiestnená ortofotosnímka s vyznačenými zdrojovými a cieľovými bodmi [vlastné spracovanie]

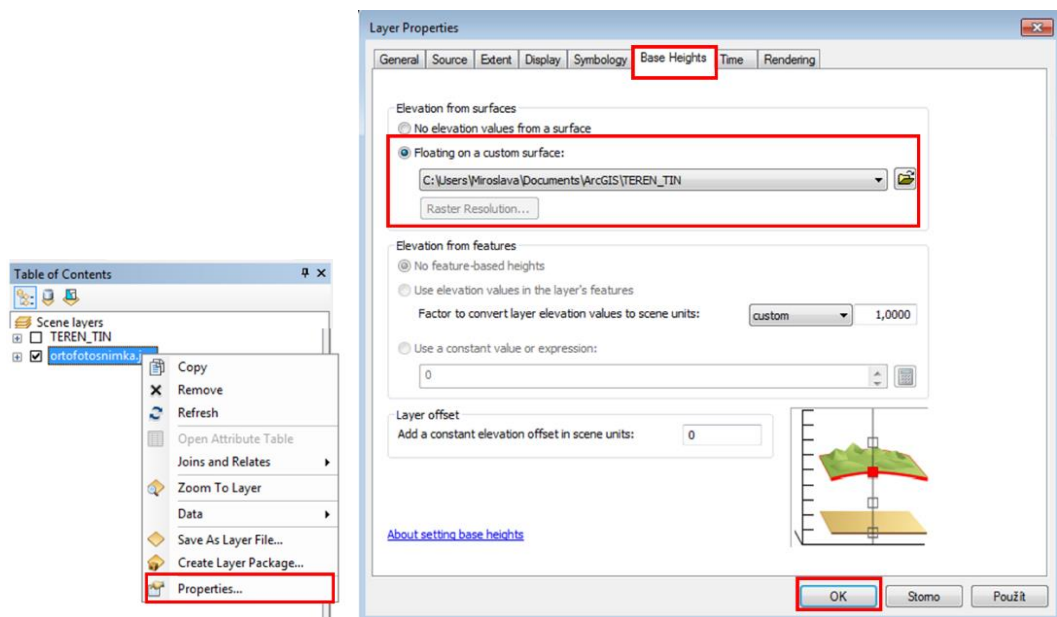
Po georeferencovaní nasleduje prekrytie terénu ortofotosnímkami už v programe *ArcScene*, čím sa dosiahneme 3D pohľad na krajinu. Aby bolo možné prekrytie realizovať je potrebné vygenerovať TIN model povrchu vyvolaním funkcie *Create TIN*.



Obr. 51: Zadanie funkcie na vytvorenie TIN modelu [vlastné spracovanie]

Po vygenerovaní TIN modelu je možné túto vrstvu vypnúť a pridať nové vrstvy s georeferenovanými snímkami. Pre jednoduchšiu manipuláciu s ortofotosnímkami bolo výhodnejšie ich spojiť do jedného rastru funkciou *ArcToolbox -> Data Management Tools -> Raster -> Raster Dataset -> Mosaic To New Raster*.

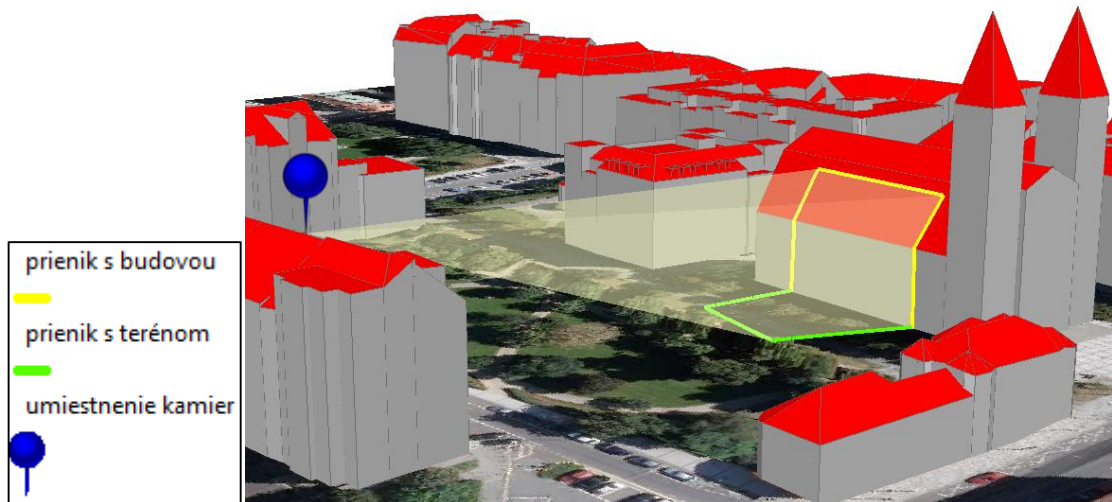
Teraz už máme vytvorenú novú vrstvu s ortofotosnímkou pokrývajúcou celé záujmové územie. K tejto vrstve je potrebné vyvolať záložku *Properties*, kde ďalej prejdeme do záložky *Base Heights* a po zakliknutí možnosti *Obtain heights for layer from surface* vyhladáme zdrojovú cestu k vygenerovanému TIN modelu. Potvrdením je vytvorené výsledné zobrazenie terénu preložené ortofotosnímkou [22].



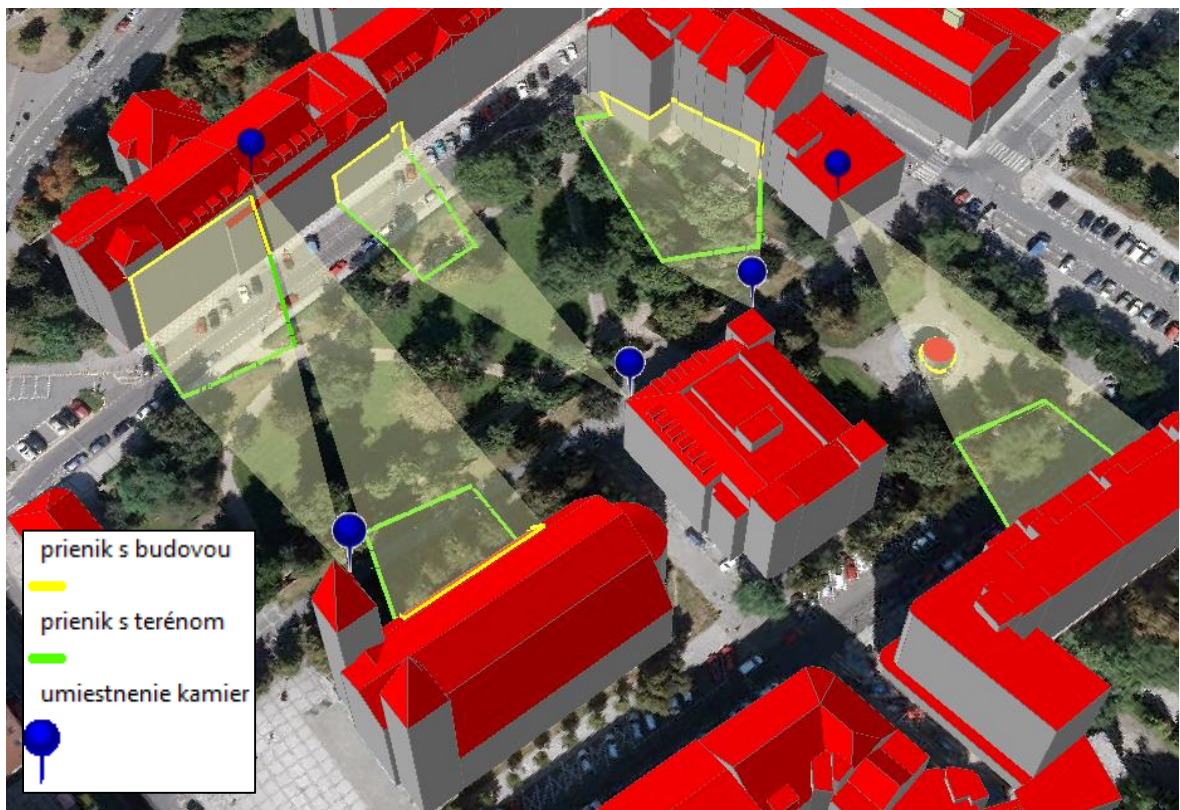
Obr. 52: Postup priradenia ortofotosnimky k terénu [vlastné spracovanie]

6.4.3. Grafické znázornenie prienikov

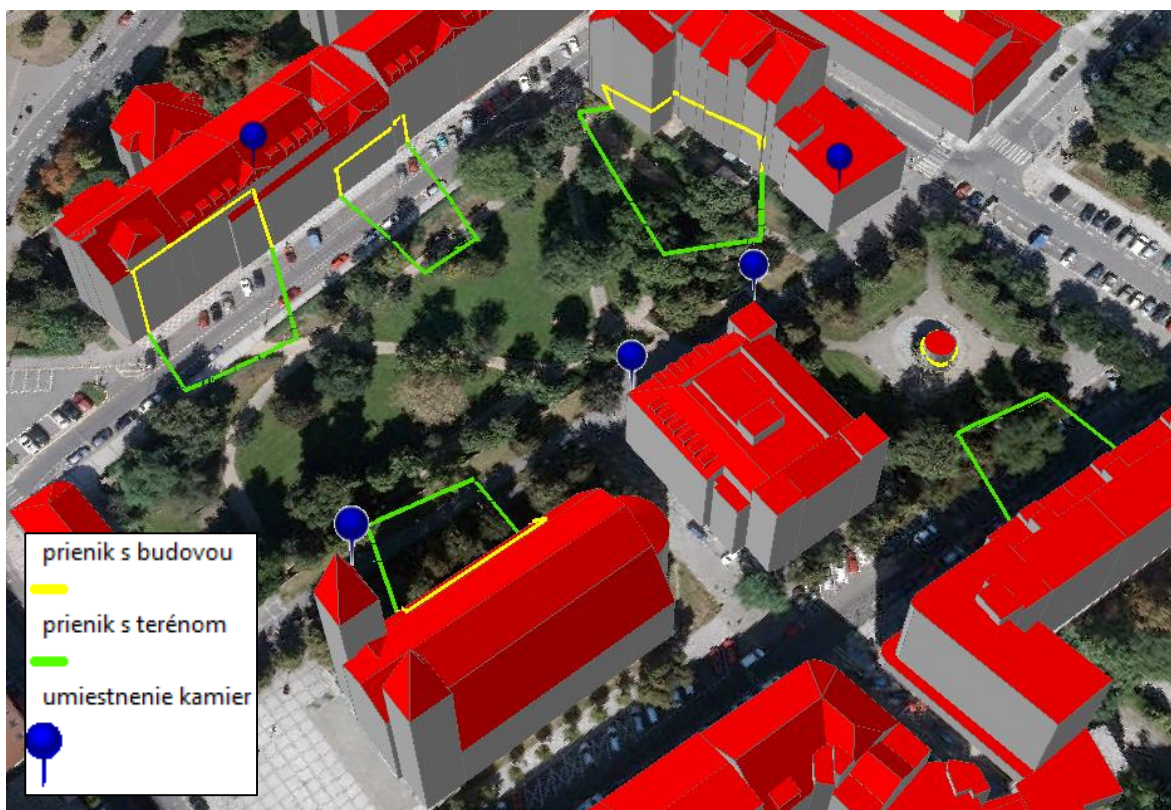
Výsledok priestorovej analýzy zobrazujú novovzniknuté vrstvy, ktoré prezentujú prieniky kamier s 3D modelom. Sú vytvorené dve líniové vrstvy zobrazujúce prienik kamier s terénom a s budovami a tretia vrstva zobrazuje prieniky vo forme telies. Znázornenie prienikov spolu s vizualizovaným terénom a modelom budov sú zachytené na nasledujúcich obrázkoch.



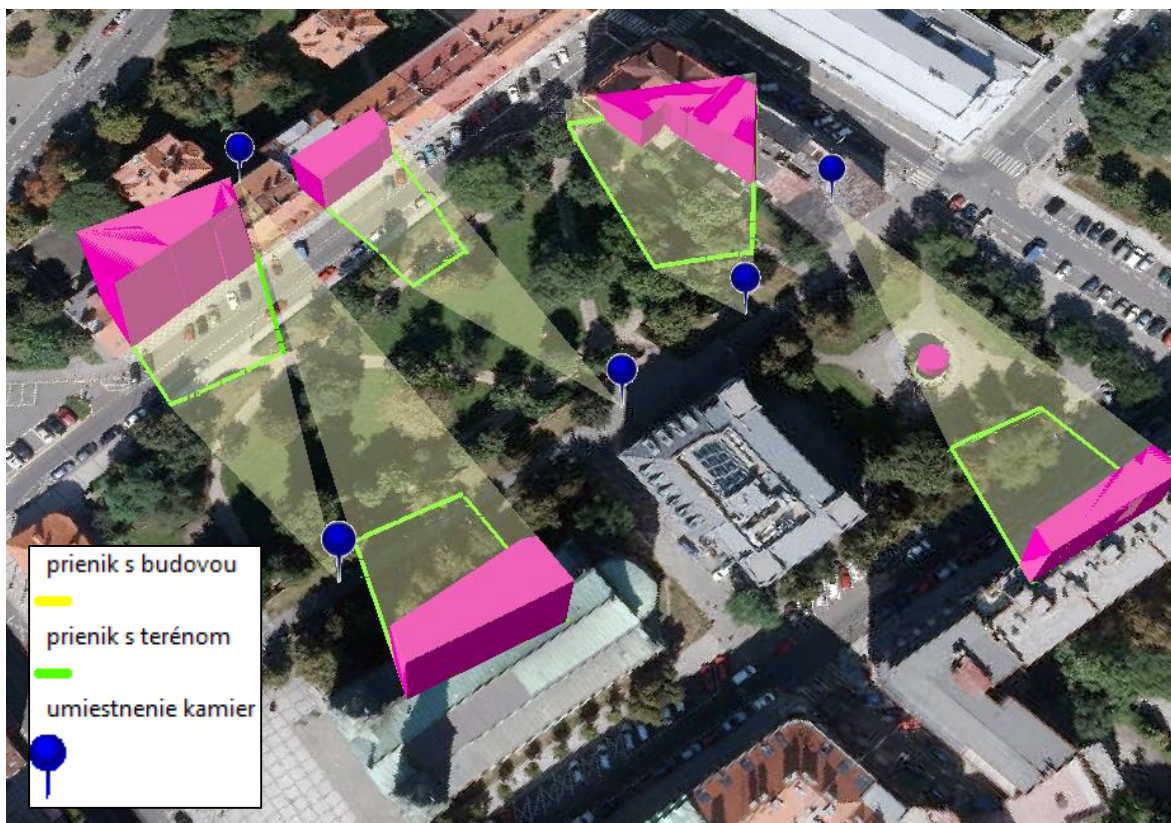
Obr. 53: Výsledok priestorovej analýzy znázorňujúci detail jednej kamery [vlastné spracovanie]



Obr. 54: Znázornenie kamerového systému s vytvorenými prienikmi [vlastné spracovanie]

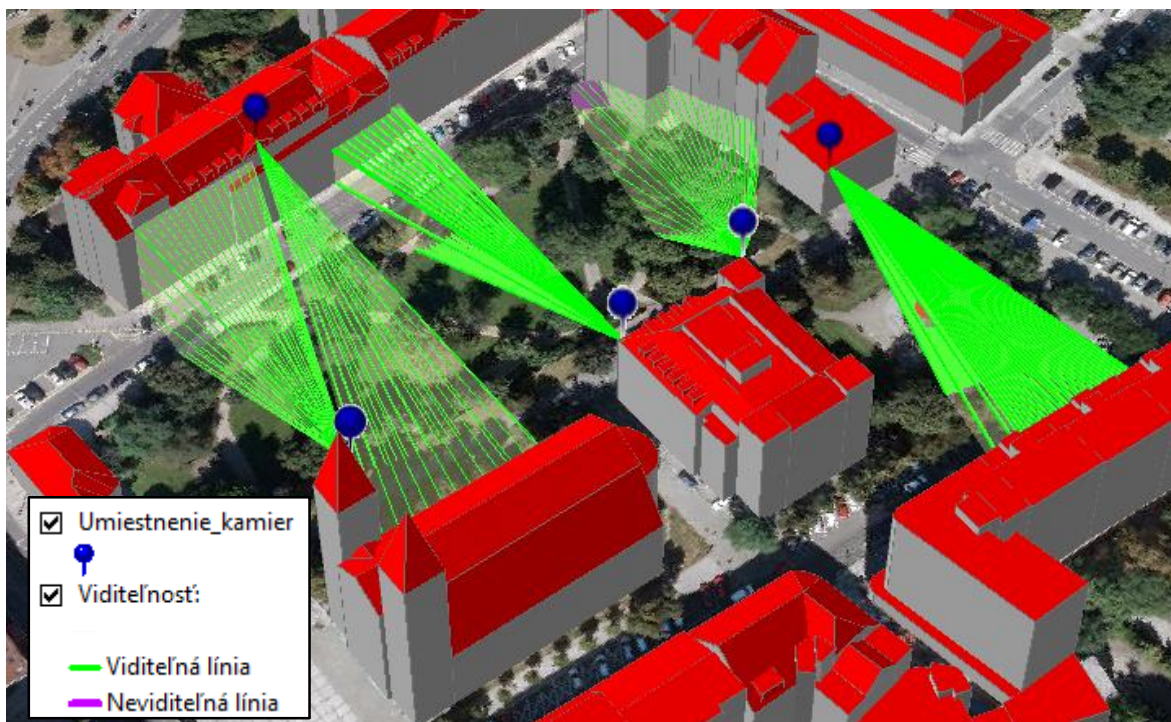


Obr. 55: Znáznornenie priemikov s vypnutou vrstvou kamier [vlastné spracovanie]

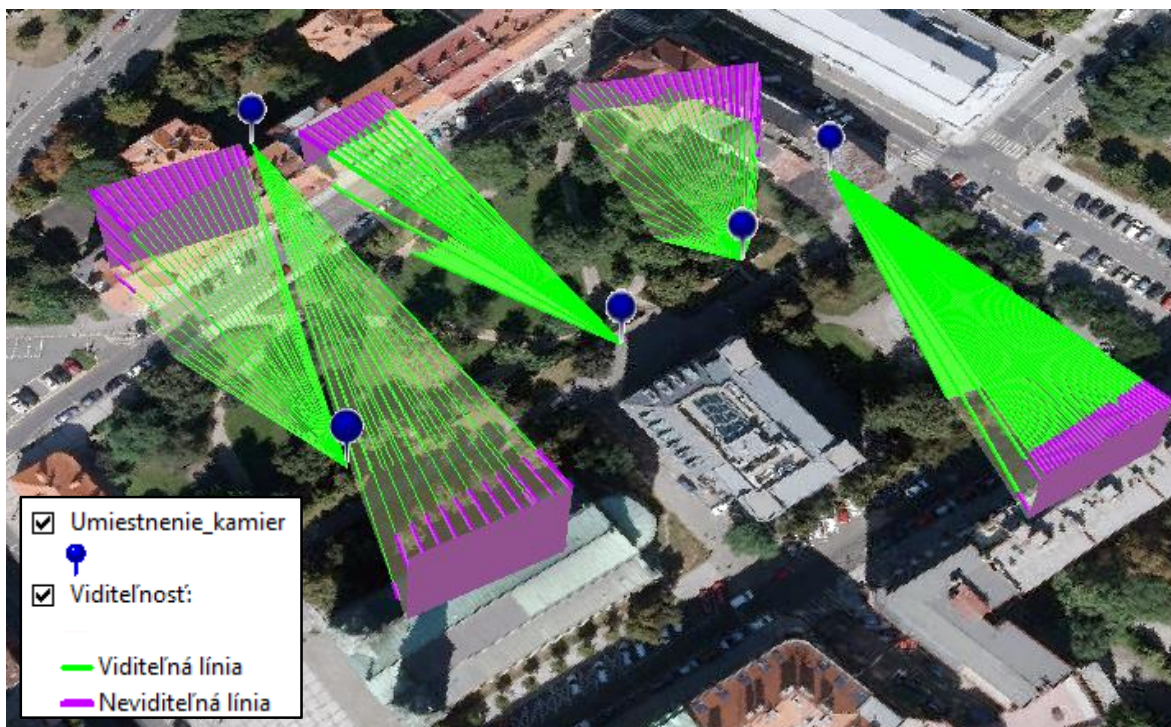


Obr. 56: Znáznornenie kamerového systému s vypnutou vrstvou budov a priemiky s budovami v podobe telies [vlastné spracovanie]

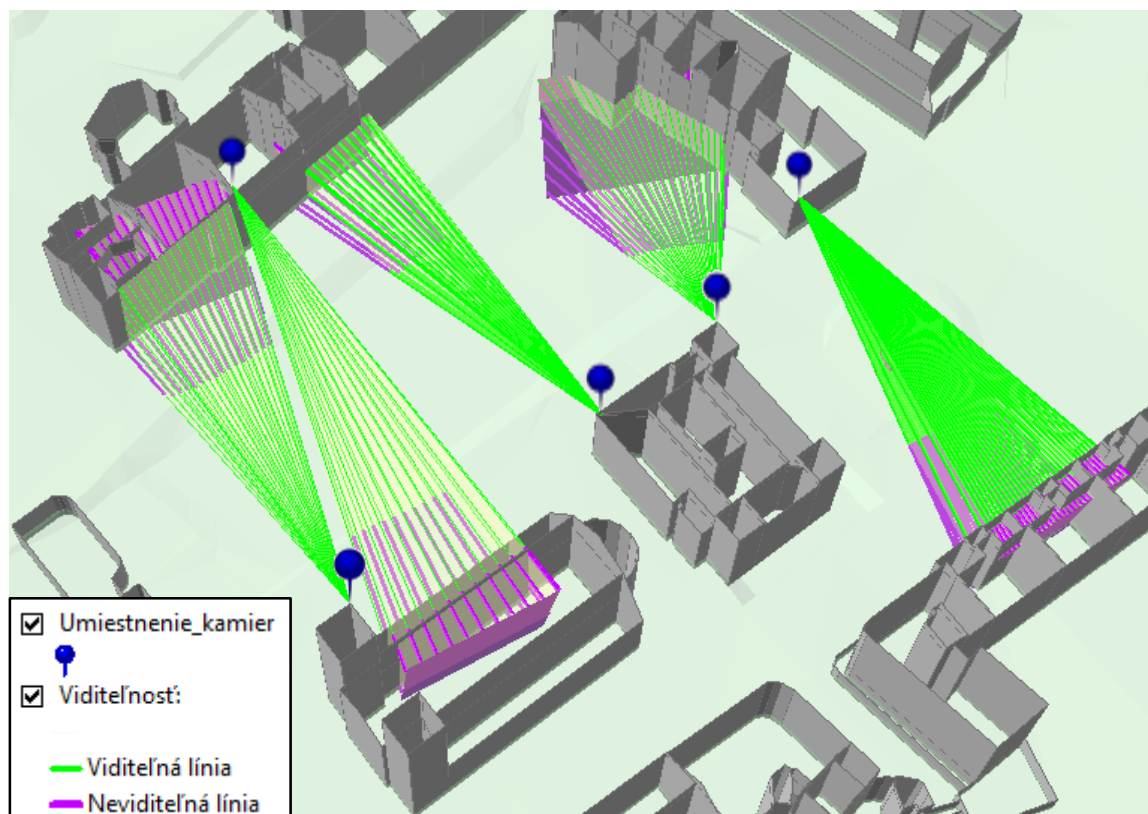
6.4.4. Grafické znázornenie viditeľnosti



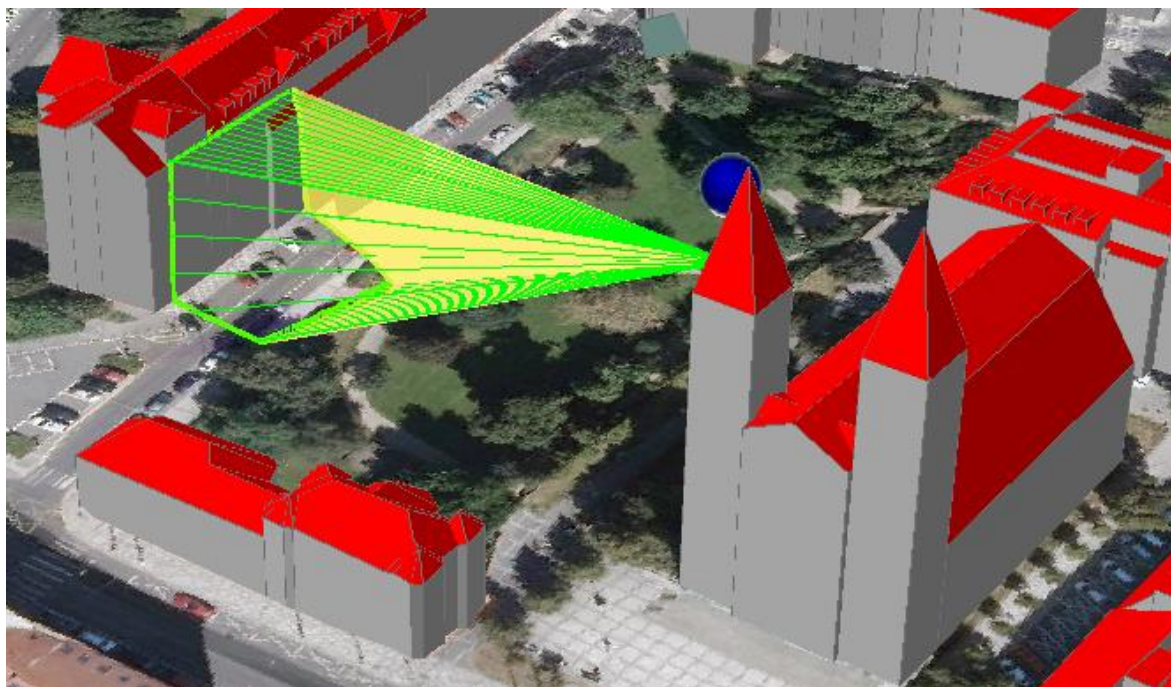
Obr. 57: Znáznornenie analýzy viditeľnosti [vlastné spracovanie]



Obr. 58: Znáznornenie analýzy viditeľnosti s vypnutou vrstvou budov [vlastné spracovanie]



Obr. 59: Znáznornenie analýzy viditeľnosti s vypnutou vrstvou striech a bez ortofotomapy [vlastné spracovanie]

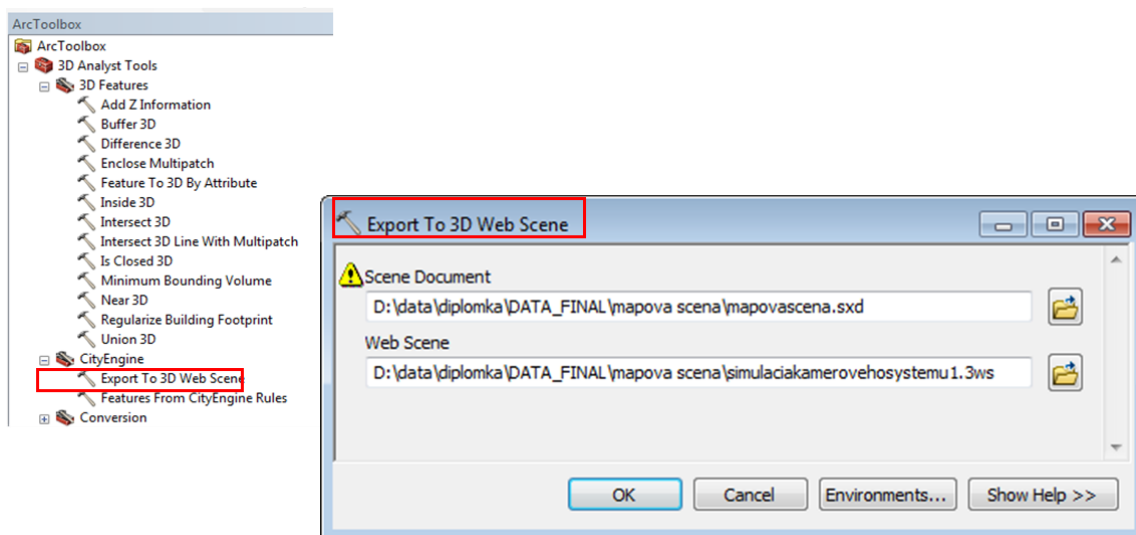


Obr. 60: Detail zachytávajúci územie snímané jednou kamerou [vlastné spracovanie]

6.5. Webová mapová scéna

Praktický výsledok diplomovej práce je prezentovaný tiež ako webová mapová scéna online, ktorá ponúka realistický pohľad na celú scénu. Ide o veľmi efektívnu formu výstupu.

Webovú je možné charakterizovať ako webovú mapu, ktorá zobrazuje dáta v 3D. Program *ArcScene* umožňuje vytvorený projekt exportovať ako webovú scénu online pomocou nástroja *Export to 3D web scene*. Tento nástroj umožňuje vytvárať webové scény priamo z aplikácie *ArcScene*. Exportovať je možné všetky dáta podporované aplikáciou *ArcScene* okrem dátovej sady LAS a tiež bodové alebo líniové dáta zobrazené 2D symbolmi. Takto vytvorenú 3D vizualizáciu je potom možné publikovať, prehliadať a zdieľať s inými užívateľmi prostredníctvom internetu.



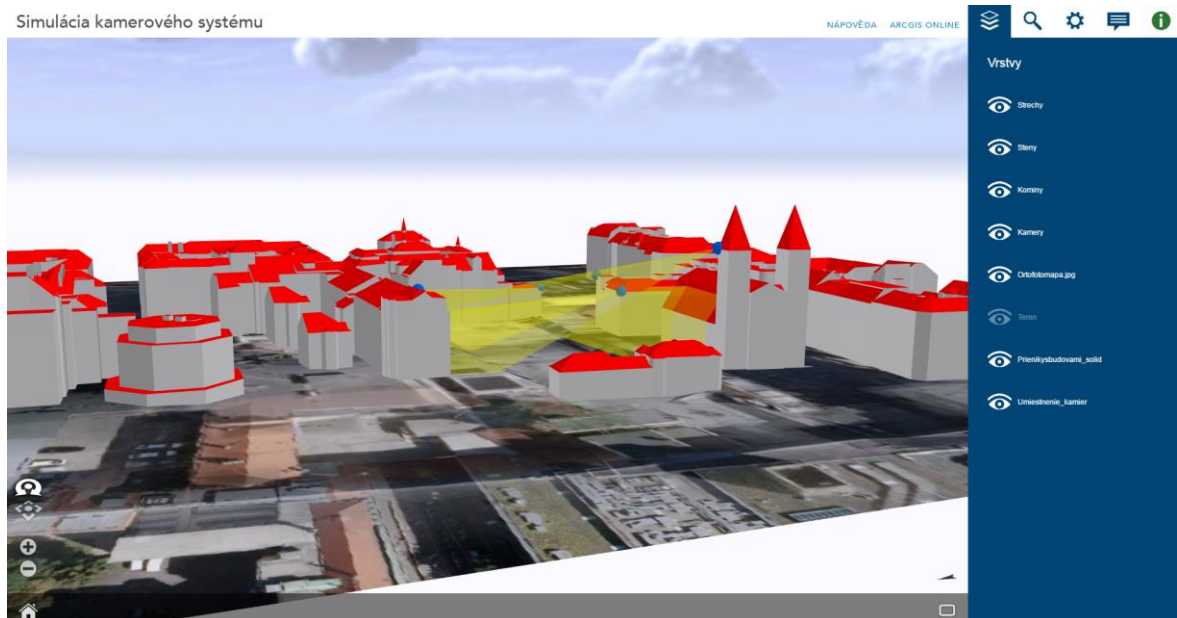
Obr. 61: Postup vytvorenia webovej mapovej scény [vlastné spracovanie]

Exportovaním projektu do 3D webovej scény sa v zadanom umiestnení vytvorí súbor s príponou *.3ws*. Táto prípona predstavuje formát *CityEngine Web Scene*, ktorý je možné prehliadať vo webovom prehliadači prostredníctvom špeciálneho prehliadača *CityEngine Web Viewer*, ktorý je založený na HTML₅ a technológii WebGL. Zjednodušenie môžeme povedať, že na prehliadanie webovej scény nie sú potrebné žiadne inštalácie ale postačí aktuálny webový prehliadač.

Táto prehliadacia aplikácia je súčasťou *ArcGIS Online* a je priamo zabudovaná na ich stránke <https://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html>. Výhodou je tiež jednoduchá obsluha, ktorú zvládne aj bežný užívateľ [6]. Vytvorená mapová scéna s

názovom *DP.3ws* predstavuje elektronickú 2 . Nedostatkom je, že systém nepodporuje export líniových dát, z tohto dôvodu je vytvorená scéna ochudobnená o dáta tohto typu.

Obrázok 62 zobrazuje vytvorenú simuláciu zorného poľa kamerového systému ako webovú mapovú scénu otvorenú v prehliadači. V prostredí prehliadača na nachádzajú štandardné ovládacie prvky, ktorých použitie je jednoduché a intuitívne. Prehliadač umožňuje používateľovi s interaktívnou scénou ďalej pracovať. Je možné si scénu približovať alebo oddialiť a taktiež posúvať a rotovať. Prehliadač tiež obsahuje nástroj na vyhľadávanie objektov a kompas, ktorý po kliknutí orientuje celú scénu na sever. Nechýba ani možnosť nastavenia tieňovania a veľkosti obrazovky. Používateľ má z dispozícií zoznam všetkých vrstiev nachádzajúcich sa v danej scéne a tak aj možnosť si vybrať špecifické vrstvy ktoré chce prehliadať prípadne vypnúť.



Obr. 62: Vytvorená webová mapová scéna otvorená v prehliadači [vlastné spracovanie]

7. ZÁVER

Cieľom diplomovej práce bolo využiť dostupné 3D modely mesta Praha a preskúmať možnosti nástrojov pre priestorové analýzy. Konkrétnou požadovanou úlohou je simulácia zorného poľa kamerového systému. Výsledkom simulácie je znázornenie zorných polí kamier v prieniku s 3D modelom mesta.

Z veľkého objemu dostupných otvorených dát bola pre spracovanie simulácie vybraná časť Prahy 5 a návrh kamerového systému bol sústredený na záhradu Portheimka a okolie Námestia 14. řína.

Zorné pole kamery je prezentované ihlanom a namodelované v programe *CityEngine*. Spolu bolo navrhnutých 5 kamier, tak aby bolo možné nastaviť individuálne parametre pre každú kameru. Nastaviteľnými parametrami boli uhol, rotácia a výška kamery a tiež rozmery snímaného obrazu a vzdialenosť na akú kamera sníma. Parametre boli volené tak aby bolo možné simulovať prieniky s 3D modelom mesta a nepredstavujú reálne hodnoty konkrétnych typov kamerových systémov. Keďže išlo o simuláciu, stanoviska kamier boli volené náhodne, pretože nebol zadefinovaný konkrétny priestor snímania.

Po namodelovaní a umiestnení kamerového systému bola vykonaná analýza návrhu v systéme *ArcScene*. Najskôr boli vytvorené prieniky vo forme línií a telies medzi 3D modelom mesta a navrhnutým systémom kamier. Prieniky zobrazujú všetko čo sa nachádza v zornom polí kamier vrátane mŕtvych zón a teda nevypovedajú o skutočnej viditeľnosti. Z tohto dôvodu bola vykonaná aj analýza viditeľnosti, ktorá už zorné polia farebne rozlíšila na viditeľnú a neviditeľnú zónu. Na záver boli vytvorené 3D vizualizácie, ktoré znázorňujú výsledok priestorových analýz a teda oblasti pokrytia kamerami. Výstupom je projekt s názvom *Simulácia kamerového systému.sxd*, ktorý predstavuje prehľadnú grafickú prílohu v elektronickej podobe. Taktiež bola vytvorená aj online webová mapová scéna.

Účelom vytvorenej simulácie bolo poukávanie na možnosti priestorového analyzovania otvorených priestorových dát mesta pri navrhovaní bezpečnostných kamerových systémov, ktoré prispievajú k znižovaniu kriminality a poskytujú prehľad o dianí v okolí.

Vytvorenú simuláciu je možné využiť pri navrhovaní kamerových systémov a rozhodovaní o počte a umiestnení kamier zadefinovaním reálnych parametrov a požiadaviek systému. Tento proces je oveľa jednoduchší s využitím nástrojov 3D GIS.

Tieto nástroje pomáhajú návrhárom vybrať ideálnu pozíciu kamery tak aby spĺňala zadané podmienky. Navrhnutý systém poskytuje možnosť vypracovať viacero možností rozloženia kamier a vybrať to najvyhovujúcejšie. Prínosom je aj 3D vizualizácia, ktorá pomáha lepšie pochopiť ako bude navrhovaný systém vyzerat' v reálnom živote, aký priestor bude kamerový systém pokrývať a čo je možné od budúceho kamerového systému očakávať.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

- [1] RAPANT, Petr. *Úvod do geografických informačních systémů*. VŠB -TU Ostrava, 2002, s. 9. Dostupné také z: http://katedry.fmmi.vsb.cz/616/soubory/Rapant_GIS.pdf
- [2] KAŇUK, Ján. *Priestorové analýzy a modelovanie* [online]. Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, 2015, s. 1-114 [cit. 2017-05-06]. ISBN 978-80-8152-290-1. Dostupné z: http://geografia.science.upjs.sk/images/publication/2015_PF_Kanuk_PAaM.pdf
- [3] *Geographic Information Systems* [online]. [cit. 2017-01-023]. Dostupné z: <http://maps.hertslis.org/webmapsextra/GISdata/vectorraster.htm>
- [4] *ARCDATA PRAHA: geografické informačné systémy* [online]. 2015 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://old.arcdata.cz/uvod>
- [5] *Esri CityEngine* [online]. Systems Research Institute, 2017 [cit. 2017-03-12]. Dostupné z: <http://desktop.arcgis.com/en/cityengine/>
- [6] *ArcRevue: Časopis pro uživatele software Esri a ENVI*. 4. 2013. ISSN 1211-2135. Dostupné také z: <https://www.arcdata.cz/zpravy-a-akce/publikace/arcrevue/archiv-arcrevue/arcrevue-4-2013>
- [7] KOREŇ, Milan. *Geografický informačný systém ArcGIS*. Technická univerzita vo Zvolene, 2014, 121 s. ISBN 978-80-228-2702-7.
- [8] *ArcGIS Help 10.1* [online]. Esri, 2013 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/>
- [9] *Úvod do geografických informačních systémů (GIS)* [online]. 2007 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/ugi/elearning/index1.htm>
- [10] RUDA, Aleš. *GIS v regionálním rozvoji* [online]. Mendelova univerzita v Brně [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/index.pl?opora=5784>
- [11]. *ArcMap* [online]. Environmental Systems Research Institute, 2017 [cit. 2017-02-13]. Dostupné z: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/>
- [12]. *Digitální modely terénu* [online]. KLIMÁNEK, Martin. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: http://uhulag.mendelu.cz/files/pagesdata/cz/dmt/dmt_09-10.pdf
- [13]. NOVOTNÁ, Marie. *Geografické informační systémy v humánní geografii*. Plzeň: Vydala Západočeská univerzita, 2014, 101 s. ISBN 978-80-261-0466-7. Dostupné také z: http://zcu.cz/export/sites/zcu/pracoviste/vyd/online/GISHG_Inregio.pdf

- [14]. *Geoinformatics: Prof. Tamás János, Fórián Tünde* [online]. 2011 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0032_terinformatika/index.html
- [15]. RÁŠOVÁ, Alexandra. ANALÝZA VIDITELNOSTÍ V PROSTŘEDÍ GIS. In: *21. slovenské geodetické dni* [online]. Žilina, 2013 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: http://www.kgk.sk/fileadmin/templates/downloads/Zbornik_referatov_21._SGD/5_4_Rasova_p.pdf
- [16]. *GISMentors* [online]. 2017 [cit. 2017-03-11]. Dostupné z: <http://gismentors.cz/blog/otazka-vies-co-je-open-source-gis/>
- [17]. *Geoportal Praha* [online]. Praha: Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy, 2013 [cit. 2017-02-12]. Dostupné z: <http://www.geoportalpraha.cz/>
- [18]. VARMUS, Martin. *ShapeFile* [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://wiki.cs.vsb.cz/images/4/41/Var084-gis-shapefile.pdf>
- [19]. *Mapy.CZ* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=15.6252330&y=49.8022514&z=8>
- [20]. *CityEngine Help* [online]. Esri R&D Center Zurich, 2016 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://cehelp.esri.com/help/index.jsp?topic=/com.procedural.cityengine.help/html/toc.html>
- [21]. *GEOPLANIT: CITYENGINE SECURITY CAMERA DEMO – VIDEO & CGA CODE* [online]. 2017 [cit. 2017-04-05 19]. Dostupné z: <https://www.geoplanit.co.uk>
- [22]. KUBINSKÝ, Daniel. *Danie Kubinský osobná stránka: GIS* [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://www.dkubinsky.sk/blog/gis>
- [23]. NOVOTNÁ, Márie. *Geografické informační systémy v humánní geografii*. Západočeská univerzita v Plzni, 2014, 101 s. ISBN 978-80-261-0466-7.
- [24]. *Rešerše dostupných technologií pro 3D GIS: příloha k průběžné zprávě projektu Vývoj a experimentální nasazení informačních systémů pro podporu rozhodování s využitím trojrozměrných geografických dat* [online]. T-MAPY spol. s r.o [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: http://3d.tmapy.cz/doc/reserse_3dgis.pdf
- [25]. Mosaic dataset [online]. In: . [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: http://www.esri.com/news/arcuser/0610/graphics/mosaicdataset_5-lg.jpg

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

GIS	Geografický informačný systém
3D	Trojdimenzionálny
2D	Dvojdimenzionálny
TIN	Nepravidelná trojuholníková sieť
ESRI	Spoločnosť zaoberajúca sa vývojom GIS softvéru
DMT	Digitálny model terénu
DMR	Digitálny model reliéfu
SQL	Databázový jazyk Structured Query Language
ArcGIS	Softvér zameraný na geografické informačné systémy
DBMS	Systém riadenia bázy dát

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1: Vysvetlenie pojmu dát [vlastné spracovanie].....	11
Obr. 2: Ukážka rôznych dátových vrstiev [16].....	12
Obr. 3: Vektorové dáta: a) bod b) úsečka c) reťazec d) polygón e) povrch f) objem.....	13
Obr. 4: Rastrová reprezentácia dát [3].....	14
Obr. 5: Príklady využitia GIS [16].....	15
Obr. 6: Dialógové okno pre merania v ArcScene [vlastné spracovanie].....	17
Obr. 7: Dialóg pre vyhľadávanie podľa kľúčového slova [vlastné spracovanie].....	18
Obr. 8: Príklad priestorového vyhľadávania objektov [vlastné spracovanie].....	19
Obr. 9: Funkcia Erase [8].....	20
Obr. 10: Funkcia Identity [8].....	20
Obr. 11: Funkcia Intersect [8].....	20
Obr. 12: Funkcia Symmetrical Difference [8].....	21
Obr. 13: Funkcia Union [8].....	21
Obr. 14: Funkcia Update [8].....	21
Obr. 15: Funkcie mapovej algebry [13].....	22
Obr. 16: Nástroj systému ArcGIS pre mapovú algebru [vlastné spracovanie].....	22
Obr. 17: Nástroje v systéme ArcGIS pre vytváranie vzdialenostných analýz [vlastné spracovanie].....	23
Obr. 18: Ukážka obalovej zóny na bodovom, líniovom a polygónovom prvku [14].....	24
Obr. 19: Príklad analýzy susedstva-priestorové príslušnosti k autobusovým zastávkam [9].....	24
Obr. 20: Rozšírenie ArcGIS Network Analyst [vlastné spracovanie].....	26
Obr. 21: Vyhľadanie najrýchlejšej cesty (vľavo) a najkratšej cesty (vpravo) medzi dvoma miestami [11].....	26
Obr. 22: Vyhľadanie všetkých nemocníc vzdialených 15 minút cesty od miesta nehody [11].....	27
Obr. 23: Znázornenie miest vzdialených od centier 2,4 a 6 hodín cesty [11].....	27
Obr. 24: Rastrový model terénu (vľavo) a trojuholníkový model terénu (vpravo) [23].....	28
Obr. 25: rozšírenie ArcGIS 3D Analyst [vlastné spracovanie].....	32
Obr. 26: Lišta nástrojov na upravovanie 3D efektov v ArcScene.....	33
Obr. 27: Ukážka 3D obalovej vrstvy Buffer [vlastné spracovanie].....	34
Obr. 28: Možnosti nástrojov na konverziu formátov [vlastné spracovanie].....	34

Obr. 29: Možnosti nástrojov Data Management [vlastné spracovanie].....	35
Obr. 30: Nástroje systému ArcGIS na tvorbu analýz viditeľnosti [vlastné spracovanie]....	36
Obr. 31: Nástroje z 3D analyst na analyzovanie terénu [vlastné spracovanie].....	36
Obr. 32: Ukážky analýz terénu [25].....	37
Obr. 33: Pracovné prostredie programu CityEngine a jeho časti [vlastné spracovanie]	40
Obr. 34: Zobrazenie vstupných dát v ArcCatalogu [vlastné spracovanie]	43
Obr. 35: Vyznačenie záujmového územia, upravené z [19]	44
Obr. 36: Postup vytvorenia novej scény v CityEngine [vlastné spracovanie].....	45
Obr. 37: Zadefinované vstupné parametre v editore pravidiel [vlastné spracovanie]	46
Obr. 38: Schematické vysvetlenie zadefinovaných parametrov [vlastné spracovanie].....	46
Obr. 39: Okno Inšpektor na editovanie vlastností objektov [vlastné spracovanie]	47
Obr. 40: Vytvorené pravidlo použité na vykreslenie zorných polí kamier [vlastné spracovanie].....	48
Obr. 41: Prirad'ovacie tlačidlo v titulnej lište programu CityEngine[vlastné spracovanie]	49
Obr. 42: Vygenerované zorné polia kamier so vstupnými parametrami (vľavo), s upravenými parametrami (vpravo)	49
Obr. 43: Vyvolanie nástroja Intersect 3D a zadanie vstupných parametrov[vlastné spracovanie].....	50
Obr. 44: Postup vytvorenia uzavretej vrstvy budov s použitím nástroja Encluse Multipatch [vlastné spracovanie]	51
Obr. 45: Vrstva zorných polí - predné plochy ihlanov [vlastné spracovanie]	51
Obr. 46: Nástroj Line of Sight a zadefinovanie vstupných parametrov [vlastné spracovanie]	52
Obr. 47: Vyhľadanie striech z atribútovej tabuľky [vlastné spracovanie].....	54
Obr. 48: Postup vytvorenia novej vrstvy z vyselektovaných striech [vlastné spracovanie]	54
Obr. 49: Lišta Georeferncing [vlastné spracovanie].....	55
Obr. 50: Polohovo umiestnená ortofotosnímka s vyznačenými zdrojovými a cieľovými bodmi [vlastné spracovanie]	56
Obr. 51: Zadanie funkcie na vytvorenie TIN modelu [vlastné spracovanie].....	56
Obr. 52: Postup priradenia ortofotosnímky k terénu [vlastné spracovanie]	57
Obr. 53: Výsledok priestorovej analýzy znázorňujúci detail jednej kamery [vlastné spracovanie]	58

Obr. 54: Znáozornenie kamerového systému s vytvorenými prienikmi [vlastné spracovanie]	58
Obr. 55: Znáozornenie prienikov s vypnutou vrstvou kamier [vlastné spracovanie]	59
Obr. 56: Znáozornenie kamerového systému s vypnutou vrstvou budov a prieniky s budovami v podobe telies [vlastné spracovanie]	59
Obr. 57: Znáozornenie analýzy viditeľnosti [vlastné spracovanie]	60
Obr. 58: Znáozornenie analýzy viditeľnosti s vypnutou vrstvou budov [vlastné spracovanie]	60
Obr. 59: Znáozornenie analýzy viditeľnosti s vypnutou vrstvou striech a bez ortofotomapy [vlastné spracovanie]	61
Obr. 60: Detail zachytávajúci územie snímané jednou kamerou [vlastné spracovanie]	61
Obr. 61: Postup vytvorenia webovej mapovej scény [vlastné spracovanie]	62
Obr. 62: Vytvorená webová mapová scéna otvorená v prehliadači [vlastné spracovanie]	63

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1: Softvér pre 3D GIS.....	31
Tabuľka 2: Nástroje 3D Features.....	33

ZOZNAM PRÍLOH

(V elektronickej podobe na CD)

Príloha č. 1 Projekt ArcScene – *Simulácia kamerového systému.sdx*

Príloha č. 2 Webová mapová scéna vo formáte *.3ws*

Príloha č. 3 Kópia diplomovej práce vo formáte *.pdf*