

Automatická interaktivní 3D vizualizace digitálních dat

Alžběta Brychtová¹

¹Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta,
Univerzita Palackého v Olomouci, tř. Svobody 26,
771 46 Olomouc, Česká republika
alzbeta.brychtova@gmail.com

Abstrakt. V oblasti geoinformatiky není pojem “3D” ničím novým. Výstupy z analýz nad 3D daty jsou neocenitelnou podporou při rozhodování a 3D vizualizace přináší mnohem poutavější možnosti prezentace výsledků práce. Čím podrobnější a přesnější jsou vstupní data, tím jsou výsledky analýz spolehlivější a 3D scény věrohodnější. Vysoká preciznost dat sebou nese vysoké finanční a časové nároky na jejich přípravu. Jedním z východisek, jak omezit tyto požadavky na tvorbu 3D dat je zautomatizovat převod 2D dat do 3D na základě atributových hodnot. Právě touto možností se zabývá diplomová práce, jejíž hlavním cílem je vytvořit interaktivní aplikaci pro automatický převod 2D geografických dat (např. ZABAGED, DMÚ, ArcČR) do 3D prostředí s důrazem na intuitivní uživatelské rozhraní. Výsledná aplikace je koncipována jako nadstavba pro ArcGIS 9.3 vyvinutá pomocí technologie ArcObjects. Automatický převod 2D dat je umožněn prostřednictvím knihovny 3D objektů typu multipatch, která může být dle libosti rozšířena. Práce se mimo jiné zabývá hlavními úskalími automatizace převodu dat do 3D a interoperabilitou formátu multipatch.

Klíčová slova: Automatická 3D vizualizace, 3D data, GIS, ArcGIS, ArcMap, ArcObjects, Toolbar, Multipatch, SketchUp.

Abstract. In the geoinformatics the term “3D” is nothing new. Outputs from the 3D data analysis are valuable for decision support and 3D visualization brings much more possibilities of attractive presentation of the work. The more detailed and accurate the input data, the more reliable analysis and more convincing 3D scenes are. High precision data carries high financial and time demands for their preparation. One of the ways, how to limit these requirements, is to automate the conversion of 2D data in 3D based on attribute values. The diploma thesis deals with this problem. The main objective is to create interactive application for automatic conversion of 2D spatial data (e.g. ZABAGED, DMÚ or ArcČR) to a 3D environment with an emphasis on intuitive user interface. The final application is designed as an extension developed for ArcGIS 9.3 using ArcObjects technology. Automatic conversion of 2D data is possible through the library of 3D objects of multipatch type, which may be extended according to personal preferences. This contribution also mentions the major difficulties of automatization of data transfer and interoperability of 3D multipatch format.

Keywords: Automatic 3D visualization, 3D data, GIS, ArcGIS, ArcMap, ArcObjects, Toolbar, Multipatch, SketchUp.

1 Úvod

Pamatujete si na první zkušenost s anaglyfickými brýlemi, na první filmové představení v 3D kině nebo na první průlet v Google Earth nad newyorskými mrakodrapy? Snad ve všech z nás tyto pohledy vyvolaly pocit údivu a absolutního nadšení.

Protože od narození žijeme v trojdimenzionálním světě, je pro nás vnímání 3D informací přirozenější a tedy i snadnější. Proto se 3D vizualizace objevuje v mnoha odvětvích lidské činnosti – v zábavě, v obraně obyvatelstva, v architektuře i ve vědě.

V oblasti geoinformatiky není pojem 3D ničím novým. Výstupy z analýz nad 3D daty jsou neocenitelnou podporou při rozhodování a 3D vizualizace přináší mnohem poutavější možnosti prezentace výsledků práce. Čím podrobnější a přesnější jsou vstupní data, tím jsou výsledky analýz spolehlivější a 3D scény věrohodnější.

Vysoká preciznost dat s sebou nese vysoké finanční a časové nároky na jejich přípravu. Jedním z východisek, jak omezit tyto požadavky na tvorbu 3D dat, je co nejlépe zautomatizovat převod 2D dat do 3D dat na základě atributových hodnot. Právě touto možností se zabývá tato práce.

Cílem diplomové práce je vyvinout interaktivní aplikaci pro automatický převod 2D geografických dat (např. ZABAGED, DMÚ, ArcČR) do 3D prostředí s důrazem na intuitivní uživatelské rozhraní.

2 Metody zpracování

V první fázi řešení diplomové práce bylo nutné seznámit se s odbornou literaturou a používanými postupy při vizualizaci a převodu dat do 3D prostředí.

Na základě provedené rešerše metod, existujících aplikací a programových nadstaveb, jejichž obor působnosti se dotýká klíčové problematiky (tedy 3D vizualizace), bylo rozhodnuto, že hlavním výstupem diplomové práce bude programová nadstavba nad ArcMap ArcGIS 9.3, která umožní převod 2D dat do formátu multipatch, který byl ESRI vyvinut právě k ukládání složitějších 3D objektů.

Pro sestavení aplikace bylo využito programovacího jazyka VB.NET a knihoven ArcObjects.

Technologie ArcObjects, implementovaná v ArcGIS Desktop od verze 8.0, otevírá řadu možností pro vývoj nových uživatelských aplikací. ArcObjects jsou softwarové komponenty, které byly vyvinuty pro použití v ESRI produktech (ArcGIS Desktop a ArcGIS Server) [14]. S trochou nadsázky je možné ArcObjects přirovnat ke kostkám Lega, jejichž prostřednictvím se mohou postavit nejrůznější tvary – stejným způsobem se pomocí komponent ArcObjects staví softwarové produkty.

Z programátorského pohledu jsou ArcObjects třídy naprogramované za využití jazyka C++, které jsou v binárním formátu uloženy jako soubory DLL (dynamic linking library).

ArcObjects představují sadu zhruba 2700 tříd, které definují metody a vlastnosti objektů, se kterými uživatel pracuje. Těmito objekty mohou být dokumenty ArcMapu,

mapová okna, kurzory, toolbary, tlačítka volající procedury, ale i datové vrstvy, jednotlivé linie, body, polygony, či kartografické symboly atp. [10]

Pomocí komponent ArcObjects je možné vytvářet zcela nové (tzv. standalone) aplikace nezávislé na ArcGIS Desktop nebo rozšiřovat jeho stávající možnosti (tvorba nových nástrojů pro zpracování, vizualizaci dat atp.). Druhá z uvedených možností byla využita při řešení diplomové práce.

Pro práci s ArcObjects v rámci rozšiřování funkcí ArcGISu je nutné na vývojářský počítač nainstalovat ArcGIS Software Development Kit (SDK). Jedná se o kolekci diagramů, ukázkových kódů, dokumentace a nástrojů umožňujících vývoj aplikace. Velmi důležité jsou tzv. Add-ins, které poskytují nástroje pro zjednodušení ladění kódu a automatizují některé procesy mezi vývojovým (např. Visual Studio) a aplikačním prostředím (ArcGIS) [2].

Vývoj nadstavbové aplikace probíhal v prostředí Microsoft Visual Studio 2008 Express Edition, které podléhá licenci typu freeware. Visual Studio poskytuje velmi přívětivé uživatelské rozhraní, pokročilé vývojové nástroje a ladící funkce.

Za programovací jazyk byl vybrán Visual Basic .NET. Důvodem je jeho jednoduchá a přehledná syntax a množství tutoriálů a ukázkových kódů lokalizovaných právě v tomto jazyku.

Visual Basic.NET je postaven na platformě .NET Framework. V dnešní době je jediným systémem, který .NET Framework plně podporuje, Windows [24].

Extenze byla vytvořena jako dynamická knihovna (DLL – dynamic linking library), ze které ArcGIS načítá potřebné informace k vykonávání procedur, jejichž popis je v DLL obsažen. Knihovna obsahuje COM rozhraní pro spolupráci s ArcGIS a je nutné ji zaregistrovat. Tento krok automaticky řeší instalátor vytvořený ve Visual Studiu [12]. Hotový instalační soubor se po spuštění na uživatelském počítači sám postará o registraci COM rozhraní. Uživatelé pak stačí aktivovat extenzi přímo v ArcMapu.

V osmihodinové zkušební verzi programu Google SketchUp 6 PRO byly vytvořeny 3D objekty, které naplnily knihovnu využívanou vyvinutou aplikací pro nahrazení 2D dat 3D daty. Objekty v nativním formátu SketchUpu (*.skp) byly pomocí nástroje Import 3D Files (extenze 3D Analyst) převedeny do formátu ESRI Multipatch a uloženy do osobní geodatabáze.

Uživatelská nápověda pro extenzi byla vytvořena ve freeware programu HTML Help Workshop.

Funkcionalita aplikace může být zaručena, pokud je na uživatelském počítači nainstalován ArcGIS desktop verze 9.3 s extenzemi 3D Analyst a Spatial Analyst a Microsoft .NET Framework 3.5. Pokyny pro autory

3 3D vizualizace v ArcGIS Desktop

V prostředí ArcScene resp. ArcGlobe je 3D vizualizace umožněna dvěma způsoby.

První z nich se provádí nastavením vlastnosti vrstvy zobrazené v aktivním okně pod záložkou *Symbology*. Pro stanovení vzhledu 3D reprezentace zobrazené vrstvy je možné využít objektů ve formátech *.3ds, *.dae, *.flt, *.skp a *.wrl. Uživatel volí

s jakou hustotou, velikostí, orientací a texturou se objekty vykreslí. Touto metodou se ze zobrazených dat nestávají 3D data, jedná se o pouhou vizuální reprezentaci.

Druhou z metod je zobrazení pravých 3D dat. Nejvíce používaným a nejjednodušším postupem je nastavení nadmořské výšky základny a celkové výšky objektu pro data typu z-enabled (polygonZ, polylineZ, pointZ). Realističtějšího vzhledu lze dosáhnout zobrazením objektů typu multipatch. Nevýhodou je, že ArcGIS nemá implementované rozhraní, kde by bylo možné tyto objekty vytvářet.

Prvky typu multipatch je možné vytvářet programovým způsobem prostřednictvím ArcObjects, což není příjemné řešení pro každého uživatele, nebo pomocí nástroje Import 3D Files (3D Analyst Tools) importovat hotový 3D objekt vytvořený v jednom z podporovaných formátů (*.3ds, *.flt, *.skp, *.wrl). V každém případě je nutné každý objekt zvlášť vymodelovat a zobrazit.

Při vizualizaci v prostředí ArcScene nebo ArcGlobe jsou obě výše popisované metody vizuálně k nerozeznání. Vykreslování velkého množství objektů zatěžuje systém stejným způsobem.

Hlavním a velice důležitým rozdílem je, že pomocí první metody (nastavení vzhledu vrstvy prostřednictvím vlastnosti Symbology) nezískáme pravá 3D data, pouze 3D vjem, a proto tyto výsledky nejsou oproti druhé variantě (zobrazení z-enable nebo multipatch objektů) exportovatelné do jiného 3D formátu.

Tabulka 1. Podpora 3D formátů v prostředí ArcGIS Desktop.

	3DS	Collada	OpenFlight	KML	SketchUp	VRML	X3D
Symbology	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗
Import	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗
Export	✗	✗	✗	✓	✓*	✓	✗

* export z ArcGIS do SketchUp je umožněn pouze při zpětné konverzi modelů převedených ze SketchUpu pomocí pluginu ArcGIS for SketchUp 6 [11] za předpokladu žádných manipulací s objektem v ArcGISu.

4 Aplikace 3Discworld

Aplikace 3Discworld představuje hlavní výsledek magisterské práce. Jedná se o nástavbu pro program ArcGIS 9.3, která umožňuje automatickou interaktivní 3D vizualizaci digitálních dat.

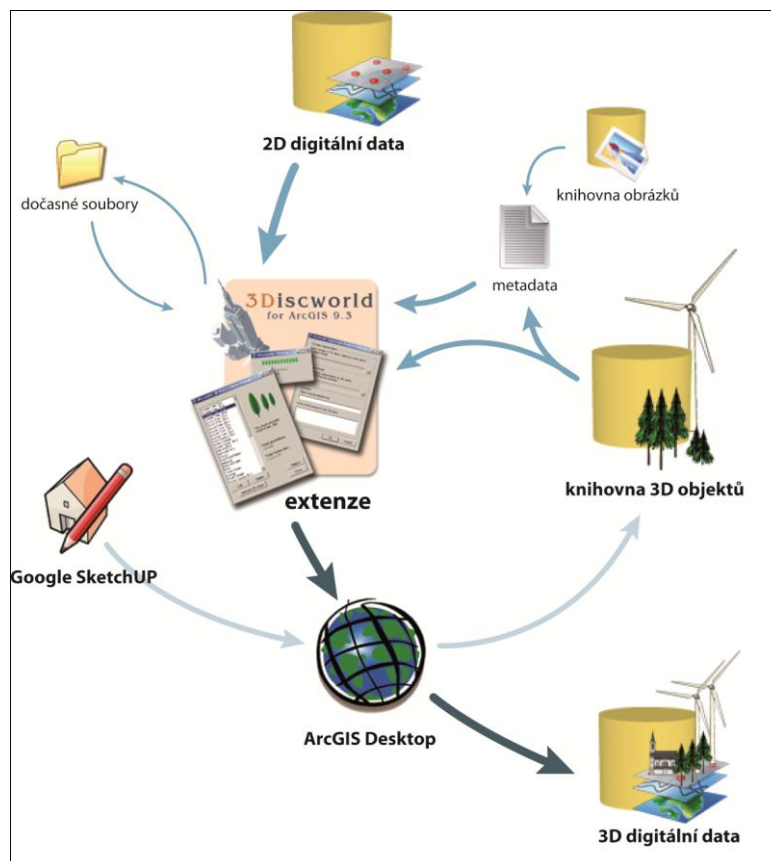
4.1 Komponenty aplikace

Správný chod celé aplikace zajišťuje sada softwarových, databázových a podpůrných komponent, jejichž vzájemná provázanost je schematicky zobrazena na obrázku 3.

Mezi softwarové komponenty patří Google SketchUp, ArcGIS Desktop a samotná extenze 3Discworld. Prostřednictvím SketchUpu a ArcGISu jsou vytvářeny 3D objekty, které jsou importovány do knihovny 3D objektů.

Metadatový textový soubor, který obsahuje informace o konkrétních 3D objektech (umístění geometrie, název a popis), představuje funkční vazbu pro načítání těchto informací do prostředí extenze, kde uživatel listuje knihovnou a vybírá požadovaný vzhled objektu.

Do procesů definovaných extenzí vstupují informace o načtených vrstvách 2D dat. V průběhu vyhodnocování výsledků se vytváří dočasné soubory, které jsou ve finální fázi převedeny do databáze hotových 3D dat.



Obr. 1. Návaznost aplikačních komponent.

4.2 Vstupní datové podklady

Nejdůležitějším podmíněným prvkem pro práci s extenzí 3Discworld jsou vstupní data, která mohou být, vzhledem ke své užitnosti, rozdělena do dvou skupin.

Do první skupiny patří geografická data, která vstupují do výpočtů jako referenční podklad prostorového umístění vytvářených 3D dat. Těmito daty mohou být polygonové, liniové a bodové vrstvy a digitální modely reliéfu v podobě výškového gridu. Volba podrobnosti vstupních dat záleží na uživateli. Je nutné si ale uvědomit, že 3D data ve většině případů slouží pro vizualizaci virtuální reality a tudíž je nutné brát ohled na míru generalizace dat. Naprosto nevhodná jsou data, jako například digitální vektorová geografická databáze ArcČR 500 (zpracována v měřítku 1: 500 000 [1]) či databáze ESRI Data&Maps poskytována s instalací ESRI produktů (pro Evropu zpracována v měřítku 1: 3 000 000 [6]).

Naopak za velmi vhodná jsou považována data ZABAGED (zpracována v podrobnosti odpovídající Základní mapě České republiky v měřítku 1: 10 000) nebo DMÚ25 (podrobností odpovídají Topografické mapě 1: 25 000). Nevýhodou zmiňovaných geografických databází je, že atributové tabulky jednotlivých témat neobsahují informace o výškách objektů, které jsou pro vytváření 3D dat důležité.

Formát vstupních dat je omezen na polygonová, liniová a bodová data podporovaná ArcGISem. Pokud je vstupní vrstva typu multipoint, je třeba ji převést na jednoduchou bodovou vrstvu.

Funkce extenze umožňují výpočet nadmořské výšky vytvářených 3D dat prostřednictvím výškového gridu. Obecně platí, že čím většího rozlišení grid je, tím přesnější je výsledná vizualizace.

Druhou kategorií vstupních dat představuje knihovna 3D objektů, které jsou umístovány na základě uživatelského nastavení a prostorové lokace vstupních dat první kategorie. Tímto vzniká požadovaná 3D reprezentace geografických dat.

Součástí instalace aplikace je databáze 50 3D objektů ve formátu multipatch, uložených do osobní geodatabáze (*.mdb) a připravených k okamžitému použití. 3D objekty byly vytvořeny tak, aby za předpokladu minimálních časových a systémových nároků, v maximální možné míře realisticky vystihovaly geografická data. Obecně platí, že čím složitější geometrie, tím realističtější je vzhled konkrétního objektu a tím vyšší jsou nároky na dobu zpracování a velikost úložiště.

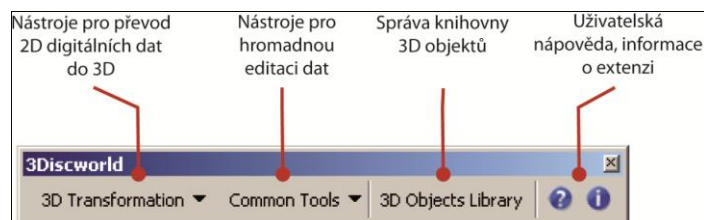
Pro potřeby aplikace musí být 3D objekty uloženy v geodatabázi. V prostředí ArcGIS není možné je nijak transformovat (měnit velikost, texturu) se zárukou zachování původní kvality. Pokud tedy uživatel shledá současnou knihovnu za nedostačující, musí si vytvořit a importovat vlastní objekty.

Všechna vstupní data musí mít přiřazený Projected Coordinate System. Bylo tak rozhodnuto z důvodu zjednodušení přístupu k aplikaci a jednoznačnosti při přepočtu uživatelem definovaných hodnot.

4.3 Uživatelské prostředí aplikace

Uživatelské rozhraní aplikace bylo naprogramováno prostřednictvím jazyka VB.NET. Pro zprostředkování komunikace mezi uživatelem, extenzí a daty zobrazenými

v ArcMap a pro nastavení uživatelských parametrů byly vytvořeny formuláře, na které je odkazováno prostřednictvím tlačítek toolbaru. Toolbar je podle funkcionality jednotlivých nástrojů rozdělený na čtyři hlavní části.



Obr. 2. Hlavní části toolbaru aplikace 3Discworld.

Menu *3D Transformation* obsahuje 4 nástroje pro převod (resp. nahrazení) 2D digitálních dat do 3D formátu. Tyto nástroje pracují s polygonovými, liniiovými a bodovými vrstvami otevřenými v aktivním okně ArcMap. Všechny nástroje mají některá nastavení identická. Jedná se o výběr referenční polygonové, liniiové či bodové vrstvy s možností volby pro zahrnutí jen vybraných záznamů, stanovení nadmořské výšky podstavy zástupných 3D objektů (uživatel vybírá mezi nulovou nadmořskou výškou a výpočtem z výškového gridu) a nastavení úložiště výstupné multipatch vrstvy. Kromě prvního nástroje je společná možnost výběru zástupného 3D objektu z předdefinované knihovny.

Menu *Common Tools* nabízí tři podpůrné nástroje pro předpřípravu nebo dodatečnou editaci dat – jedná se o změnu nadmořské výšky a změnu orientace multipatch dat, a převod Z-disabled dat na Z-enabled.

Nedělitelnou součástí aplikace je knihovna 3D objektů, jejímž prostřednictvím uživatel vybírá vzhled 3D geometrie, která je používána pro převod 2D dat. *3D Objects Library Manager* představuje nástroj pro správu knihovny 3D zástupných objektů. Formulář zveřejňuje seznam a popis všech objektů uložených v určené geodatabázi, která je vytvořena při instalaci extenze. Prostřednictvím formuláře je možné do knihovny přidávat nové 3D objekty, editovat stávající nastavení nebo objekty odstraňovat.

5 Výstupy

Diplomový projekt je podložen několika druhy výstupů. Jsou to instalátor aplikace, programová dokumentace a ukázka možných výstupů.

Instalátor aplikace zajišťuje distribuci extenze na uživatelské počítače a případné doinstalování .NET Frameworku 3.5, který je nutný pro správný chod extenze. Programová dokumentace (okomentovaný kód) je k dispozici společně s instalátorem na stránkách katedry geoinformatiky UPOI a na stránkách ESRI ArcScripts.

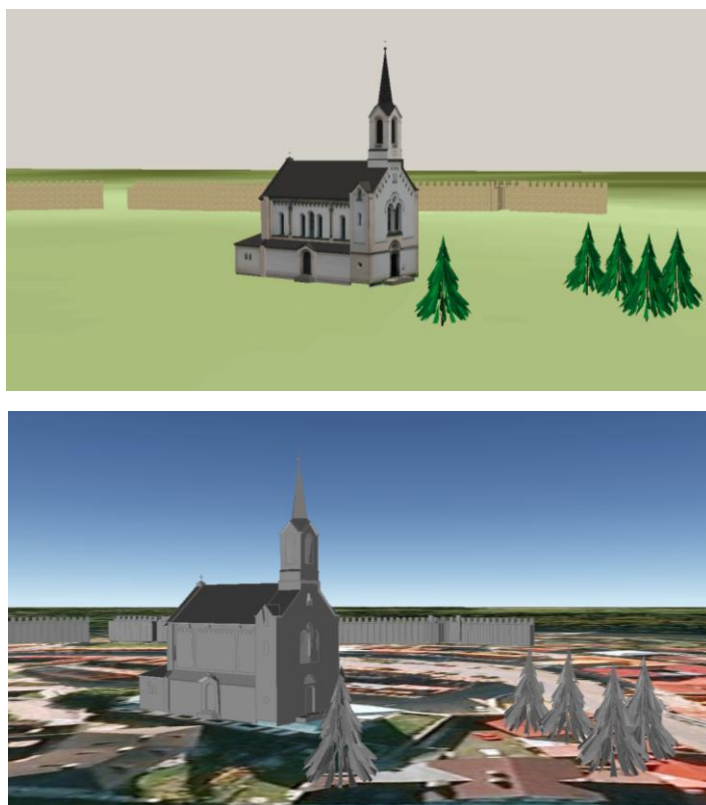
Výstupní data jsou ve formátu multipatch ukládána do File Geodatabase. Podoba výstupních dat je dána nastavením vstupních parametrů – především výběrem z knihovny 3D objektů.

Snahou bylo poskytnout nabídku všech objektů vyskytujících se na mapových listech ZABAGED (25-12-16 a 11-23-02) poskytnutých pro účely diplomové práce od ČUZK. Knihovna 3D objektů obsahuje 50 modelů. Je nutné podotknout, že ne všechny objekty reálného světa je jednoduché vytvořit automatickým způsobem. K některým je nutné přistupovat individuálně - tzn. vymodelovat jejich nenapodobitelný tvar a ten umístit na konkrétní polohu.

Kvalita některých objektů nemůže být charakterizována třetím rozměrem (jedná se například o louky, rašeliniště, silniční či železniční komunikace) a při jejich vizualizaci záleží jen na uživateli, s jakou invencí ji pojme.

Velké problémy může činit vytváření 3D dat pro technicky složité objekty – plavební komory, podjezdy, elektrická vedení a další, které je nutné vytvořit s individuálním přístupem.

Prostřednictvím vestavěných nástrojů ArcGIS je umožněn export 3D objektů ve formátu multipatch do VRML a KML. Ani jedna z možností bohužel nezachovává vizuální kvalitu objektu multipatch – ty se musí dodatečně přenastavit v prohlížeči VRML resp. KMZ.



Obr. 3. Vizualizace 3D multipatch objektů v ArcScene (nahore) a KMZ objektů po exportu do Google Earth (dole) – ztráta vizuální kvality je zřetelná.

6 Závěr

Realističnost trojdimenzionální scény klesá s rostoucí mírou automatizace převodu 2D dat do 3D. Tato úměra platí v každém případě, bez ohledu na způsob řešení. Svět je zkrátka nekonečně složitý a pro jeho plně automatické digitální ztvárnění by bylo zapotřebí nekonečně složitěho algoritmu.

Výsledná extenze představuje způsob, jak konkrétní jev zaznamenaný prostřednictvím planárních dat nahradit vybraným zástupným 3D objektem – stejným procesem klasická kartografie přiřazuje reálným objektům kartografický symbol. Problém představuje i hromadné algoritmické vytvoření zkosených střech pro celou polygonovou vrstvu zástavby.

Vyvstává otázka, zda je vizuální generalizace (symbolizace) vzhledem k 3D reprezentaci krajiny relevantní. Mají-li být 3D data pouze prostředkem pro efektivnější a zajímavější způsob zobrazení prostorových vztahů, pak rozhodně ano. Pokud ale má třetí rozměr hrát roli v prostorových analýzách, pak symbolizace jevu rozhodně není na místě a mělo by se přistoupit k nahrazení za 3D objekty konkrétních parametrů.

Slabinou produktu ArcGIS v oblasti 3D je, že neposkytuje implementované prostředí, ve kterém by se 3D objekty tvořily se stejnou jednoduchostí jako například ve SketchUpu. Dokud bude tato absence přetrvávat pak bude zvyšování realistického dojmu scény časově náročné. A ani potom nebude automatizace procesu vyšší než teď.

Výsledná extenze může být považována za jakési nakročení k budoucnosti, v níž bude skloubena síla ArcGISu s 3D možnostmi cadovských programů.

Reference

1. *ArcČR 500* [online]. c2007 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://old.arcdata.cz/data/arccr>>
2. *ArcGIS Software Developer Kit* [online]. c2008 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.1/ArcGISDevHelp/SDK/DevKit.htm>>
3. *Bárdyová, M., Bravenec, V., Hubálek, T., Ožana, R. (2005): Stereoskopické vyhodnocování leteckých snímků na pracovní stanici DPZ. Semestrální projekt, VŠB-TU Ostrava, 53 s.*
4. *Burke, R. (2003): Getting to know ArcObjects: Programming ArcGIS with VBA. ESRI, Redlands, California, 404 s.*
5. *Český úřad zeměměřický a katastrální* [online]. c2010 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?PRARESKOD=998&MENUID=0&AKCE=DOC:30-ZU_ZABAGED>
6. *ESRI Data and Maps for ArcGIS, ArcGIS StreetMap USA (2004)* [online]. c2007 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://www.lib.ncsu.edu/gis/esri2004.html>>

7. *ESRI Developer Network* [online]. c2010 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://edn.esri.com>>
8. *ESRI Supprot* [online]. c2010 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://support.esri.com>>
9. *Galerie 3D objektů* [online]. c2010 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://sketchup.google.com/3dwarehouse/>>
10. *Getting Started with ArcObjects* [online]. c2004 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <http://www.vls-inc.com/urban_analyst.htm>
11. *Google SketchUp* [online]. c2010 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://sketchup.google.com/download/plugins.html>>
12. *How to create a custom install program* [online]. c2008 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.2/NET/0df20605-b457-42d6-b63c-341a3824474a.htm>>
13. *Import 3D files: ESRI Help* [online]. c2010 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://www.web3d.org/about/faq/>>
14. *Introduction to ArcGIS for Developers* [online]. c2005 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <http://www.vls-inc.com/urban_analyst.htm>
15. *Katalog objektů ZABAGED* [online]. c2010 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?PRARESKOD=998&MENUID=0&AKCE=DOC:30-ZU_ZABAGED>
16. *KML – Google Code* [online]. c2010 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://code.google.com/intl/cs/apis/kml/>>
17. *Laserscanning | Geodis* [online]. c2010 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://www.geodis.cz/sluzby/laserscanning>>
18. *List of products that support COLLADA* [online]. c2010 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <http://www.collada.org/mediawiki/index.php/List_of_products_that_support_COLLADA>
19. *MIKE URBAN* [online]. c2005 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://tux.arcdata.cz/download/ArcRevue/2005/4/19-MIKE-URBAN-aplikace-ArcObjects.pdf>>
20. *Overwatch Urban Analyst Software* [online]. c2009 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <http://www.vls-inc.com/urban_analyst.htm>
21. *Presagis* [online]. c2008 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://www.presagis.com/products/>>
22. *Stereo Analyst for ERDAS IMAGINE* [online]. c2010 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://www.erdas.com/tabid/84/currentid/1860/default.aspx>>
23. *The Multipatch Geometry Type* [online]. c2008 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/multipatch-geometry-type.pdf>>
24. *Visual Basic .NET FAQ* [online]. c2007 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://www.vbnet.cz/faq.aspx>>
25. *X3D FAQ* [online]. c2010 [cit.2010-04-09] Dostupné z: <<http://www.web3d.org/about/faq/>>

