

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Miriam Mintonová

**Využití VRML pro tvorbu webového Informačního
systému centra města Vsetín**

Diplomová práce

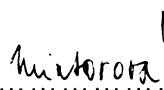
Praha 2006

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Přemysl Štych

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou práci vypracovala samostatně a s využitím zdrojů, které cituji a uvádím v seznamu použitých pramenů a literatury.

V Praze, dne 1. září 2006


.....

Miriam Mintorová

Poděkování:

Děkuji panu Mgr. Přemyslu Štychovi za poskytnutí cenných rad a připomínek a za vedení diplomové práce. Také bych chtěla poděkovat Městskému úřadu Vsetín za poskytnutí dat. Panu Ing. Martinu Javorkovi a Janu Němcovi děkuji za cenné připomínky a rady k programování v jazyce Java.

Vysoká škola: Univerzita Karlova v Praze
Katedra: Aplikované geoinformatiky a kartografie

Fakulta: Přírodovědecká
Školní rok: 2004/2005

Zadání diplomové práce

pro Miriam Mintorovou
obor Kartografie a geoinformatika

Název tématu: Webový 3D informační systém města Vsetín

Zásady pro vypracování

1. Vytvoření 3D modelu města (nebo části města) - (na základě dat o budovách doplněných informací o výšce budov)
2. Vytvoření webové aplikace, která rozšíří uživatelské rozhraní o ovládací prvky, které zajistí (napodobí) interaktivní ovládání webové aplikace (nikoli pouze vizualizace 3D modelu města) a činnost základních GIS funkcí

K vytvoření aplikace bude využit software J2SE Development Kit (JDK) a Apache Jakarta Tomcat 5.5.3 beta.

Rozsah grafických prací: analogové - dle potřeby,
digitální - 3D model města, webová aplikace

Rozsah průvodní zprávy: max. 60 stran textu

Seznam odborné literatury:

- Fisher, P., Unwin, D. (2002): Virtual Reality in Geography. New York. Taylor&Francis, Inc.
- Zlatanova, S. (1999): VRML for 3D GIS. In: Proceedings of the 15th Spring Conference on Computer Graphics. Budmerice, s. 74-82.
- Žára, J., Beneš, B., Felkel P. (1998): Moderní počítačová grafika. Praha. Computer Press.
- Žára, J. (1999): VRML 97 Laskavý průvodce virtuálními světy
- Kiszka, B. (2003): 1001 tipů a triků pro programování v jazyce Java. Brno. Computer Press.

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Přemysl Štych

Konzultant diplomové práce: Ing. Jiří Uchytíl

Datum zadání diplomové práce: 14. 12. 2005

Termín odevzdání diplomové práce: 1. 9. 2006


.....
Vedoucí diplomové práce


.....
Vedoucí katedry

V Praze dne

OBSAH

1. Úvod.....	8
2. Úvod do problematiky.....	9
2.1. Současný stav vývoje.....	9
2.1.1. Geografická vizualizace.....	9
2.1.2. Problematika webového 3D GIS.....	10
2.1.3. Propojení GIS a geovizualizace.....	11
2.1.4. Virtuální realita (VR).....	12
2.1.5. VR a GIS.....	13
2. 2. Literární rešerše.....	15
3. VRML a X3D.....	17
3. 1. Jazyk VRML.....	17
3.1.1. Základní vlastnosti jazyka VRML.....	17
3.1.2. Struktura jazyka VRML.....	18
3.1.3. Souřadný systém a jednotky.....	19
3.2. Jazyk X3D.....	20
3.2.1. Základní vlastnosti standardu X3D.....	20
3.2.2. Struktura souboru X3D.....	21
3.3. VRML/X3D prohlížeč software.....	25
3.4. Rozšíření VRML a X3D pro prezentaci geografických dat.....	26
3.4.1. GeoVRML.....	26
3.4.2. Geospatial component.....	27
3.5. Aplikační programovací rozhraní.....	27
3.5.1. Aplikační rozhraní pro VRML.....	27
3.5.2. Aplikační rozhraní pro X3D.....	29
4. Tvorba VRML/X3D modelu z geografických dat.....	31
4.1. Software pro tvorbu VRML a X3D modelů.....	31
4.2. Export 3D modelu z GIS/CAD do formátu VRML/X3D.....	32
4.3. Způsoby prezentace 3D modelu v jazyce VRML a X3D.....	32
4.3.1. Způsoby prezentace digitálního modelu terénu (DMT).....	32
4.3.2. Způsoby prezentace modelu budov.....	35
4.3.3. Způsoby vizualizace kartografických znaků.....	35
4.3.4. Následující úpravy 3D modelu ve formátu VRML a X3D.....	37

4.4. Uložení VRML/X3D modelu v databázi	37
5. Webové aplikace pro prezentaci 3D geodat	39
5.1. Řešení se zpracováním na straně klienta	41
5.2. Řešení se zpracováním na straně serveru	41
5.3. Řešení využívající GIS software	43
5.4. Řešení využívající webové služby OGC	43
5.5. Standardy OGC pro prezentaci 3D geografických dat	44
6. Návrh a zhotovení Informačního systému centra města Vsetín	46
6.1. Návrh aplikace	46
6.2. Vymezení území	47
6.3. Použitý software	48
6.4. Použitá data	49
6.5. Použité metody	51
6.5.1. Metody tvorby VRML modelu části města	51
6.5.2. Metody realizace interaktivních nástrojů	52
6.5.3. Metody výměny dat mezi VRML scénou a databází	52
6.5.4. Pohyb ve scéně	54
6.6. Tvorba 3D modelu města	57
6.6.1. Tvorba modelu terénu	57
6.6.2. Tvorba modelu budov	58
6.6.3. Tvorba kartografických znaků a prvků modelu	61
6.6.4. Závěrečná úprava modelu	63
6.7. Tvorba interaktivních nástrojů	64
6.7.1. Blaxxun3D	64
6.7.2. Java	65
6.7.3. Struktura apletu	67
6.7.4. Interaktivní nástroje	67
6.8. Tvorba databáze	71
7. Přehled výsledků	72
8. Diskuze	74
9. Závěr	78
10. Seznam zkratk a vysvětlení pojmů	79
11. Seznam literatury a pramenů	82
11.1. Seznam literatury	82

11.2. Seznam pramenů	87
12. Seznam obrázků	89
13. Seznam tabulek	90
14. Seznam příloh	91

1. ÚVOD

Problematika 3D vizualizace geografických dat v prostředí Internetu a tvorby interaktivních nástrojů pro práci s nimi je v posledních letech jedním z významných směrů vývoje geografických informačních systémů (GIS). Využití 3D geografických dat přináší výhody v mnoha oblastech jako je územní plánování, rozvoj měst, cestovní ruch, navigace, životní prostředí, přírodní pohromy apod.

V souvislosti s vývojem aplikací určených k prezentaci 3D geografických dat na Internetu jsou často diskutovány jazyky Virtual Reality Modeling Language (VRML) a eXtensible 3D (X3D). Zatímco pro 3D vizualizaci geografických dat jsou tyto nástroje standardně využívány, tvorba 3D aplikací s možností interakce a prostorových analýz je zatím ve fázi vývoje.

Tato diplomová práce se zabývá využitím jazyků VRML a X3D společně s jinými technologiemi pro vývoj webových aplikací, které slouží k vizualizaci 3D geografických dat a jejich interaktivnímu ovládání. Hlavní důraz je kladen na tvorbu interaktivních nástrojů, které dovolují práci s atributovými daty a komunikaci 3D modelu s databází.

Cílem této diplomové práce je podat přehled technologií a metod, které lze použít k prezentaci 3D geografických dat ve VRML a X3D a ke tvorbě interaktivních 3D aplikací, prakticky vyzkoušet některý z postupů a zhodnotit jeho použitelnost.

Hlavním cílem je vytvoření Informačního systému centra města Vsetín. Jeho účelem je poskytování základních informací návštěvníkům města. Dílčími cíly jsou následující kroky:

- vytvoření 3D modelu centra města Vsetín a jeho úprava pro účely výsledné aplikace
- vytvoření databáze pro správu atributových dat
- vytvoření interaktivních nástrojů
- umístění aplikace na webový server

Práce je strukturována do dvou hlavních částí – teoretické a aplikační. V teoretické části budou popsány jazyky VRML a X3D a jejich možnosti pro vývoj interaktivních nástrojů. Dále budou zmíněny postupy a nástroje pro tvorbu 3D modelů terénu a zástavby v jazycích VRML a X3D. Teoretická část je zakončena přehledem základních přístupů k řešení problematiky webových 3D aplikací v kartografii a geoinformatice.

V aplikační části práce bude popsán návrh a zvolené metody a postupy využitě pro tvorbu Informačního systému centra města Vsetín.

V závěrečné části diplomové práce jsou zhodnoceny výhody a nevýhody zvoleného řešení i výsledky práce.

2. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

2.1. Současný stav vývoje

2.1.1. Geografická vizualizace

V posledních 15 letech prošla geografická vizualizace značným vývojem. Ke zkoumání a prezentaci geografických dat je dnes možné použít, vedle statických map, interaktivní a dynamické aplikace a virtuální prostředí. Hlavním médiem pro šíření geografických dat se stal World Wide Web (WWW) (Kraak 2003). Relativně novou oblastí vývoje kartografie a geoinformatiky je 3D vizualizace v prostředí Internetu.

Velký důraz je v současné době kladen na vývoj technologií, které se zabývají spojením poznatků z oblasti 3D grafiky, zpracování geoprostorových dat a GIS a sítě Internet (Cöltekin 2002).

Geografickou vizualizaci (geovizualizaci) lze popsat jako soubor technik, které vedou k přeměně geoprostorových dat uložených v databázi na mapové produkty (Kraak 2000 in Knížová 2006). Geografická vizualizace stanovuje teorie, metody a nástroje pro vizuální zkoumání, analýzu, syntézu a prezentaci geografických dat (Kraak 2003).

Změny v oblasti geovizualizací byly ovlivněny vývojem v jiných vědních oborech. Vývoj v oblasti vědecké vizualizace (SciVis – Scientific Visualization) v 90. letech 20. století přiřadil vizualizaci zcela nový význam. Vizualizovat data již neznamena pouze dát jim viditelnou podobu, ale zajistit, aby se stala aktivním nástrojem myšlenkového procesu uživatelů (Klinková 2004). Dle Kraaka (2003) v sobě geovizualizace spojuje přístupy z vizualizací ve vědeckém programování, kartografie, analýzy obrazu, informační vizualizaci, výzkumné analýzy dat a geografické informační systémy (GIS).

Vizualizace je jedním z důležitých problémů současné kartografie. V roce 1995 byla v rámci International Cartographic Association (ICA) založena komise pro vizualizaci, jež se v roce 1999 přeměnila na komisi pro vizualizaci a virtuální prostředí (Commission on Visualization & Virtual environments). Během svého působení se komise zaměřila na spojení potřeb vědy a společnosti vypořádat se s rychle rostoucím množstvím geodat a na tvorbu a užívání kartografických modelů (Klinková 2004). V letech 1997 – 2001 byl proveden rozsáhlý průzkum, který se zaměřil na čtyři hlavní oblasti: reprezentaci geoprostorových dat, návrh uživatelského rozhraní, propojení vizualizace s databází a poznávací aspekty vizualizačních nástrojů.

Jedním z hlavních směrů vývoje geovizualizace je interaktivní a dynamická vizualizace. Dle Petersona (1995) počítač již neslouží pouze jako nástroj pro rychlejší automatizovanou tvorbu analogových map, ale poskytuje potenciál pro tvorbu interaktivních a dynamických děl. Díky interaktivní a dynamické vizualizaci může uživatel měnit obsah a vzhled mapových produktů podle své potřeby. Zejména spojení interaktivních map a funkcí GIS přináší pro uživatele řadu možností ve smyslu interakce, přístupu k informacím a kontroly nad tím, jak a kde budou geoinformace zobrazeny (Black a Cartwright 2005).

Příchod WWW v první polovině 90. let 20. století výrazně změnil způsob tvorby, publikování, distribuování a využití mapových produktů. Hlavní výhodou webových aplikací je jejich dostupnost a potenciál interakce. Kraak a Brown rozdělují webové mapy na statické a dynamické, přičemž obě skupiny lze dále dělit na mapy pouze pro prohlížení a mapy interaktivní (Kraak a Brown 2000). Statické mapy jsou nejčastěji naskenované analogové mapy. Pro dynamické mapy je charakteristická změna a animace jejich obsahu a vzhledu. Pomocí dynamiky je obvykle vizualizován vývoj určitého jevu v čase. Interaktivní mapy dovolují uživateli přizpůsobit obsah a vzhled mapy vlastním potřebám nebo získat další informace.

Další směr vývoje geovizualizace představuje 3D vizualizace. 3D vizualizace usnadňuje orientaci a interpretaci výsledků analýz (Knížová 2006). Rostoucí komplexita geoinformačních úloh vyžaduje spojení 3D prostorových a tematických dat (Zlatanova 1999).

V kartografii a geoinformaticce jsou 3D vizualizace používány především pro znázorňování výškopisu a popis terénu. Přínosné je jejich využití pro 3D modely zástavby a modelování jevů v městských oblastech. 3D vizualizace je používána také v tematické kartografii, kde dochází k vývoji nových metod znázornění.

2.1.2. Problematika webového 3D GIS

„Geografický informační systém (GIS) je organizovaný počítačově založený systém hardwaru, softwaru a geografických informací vyvinutý ke vstupu, správě, analytickému zpracování a prezentaci prostorových dat s důrazem na jejich prostorové analýzy“ (Voženilek 1998, s. 7). K hlavnímu rozvoji GIS došlo na přelomu 80. a 90. let 20. století, kdy se jeho použití pro počítačové zpracování a ukládání dat stalo realizovatelné, a kdy byl použit na úřadech státní správy a samosprávy (Black a Cartwright 2005). Do této doby byly hlavním nástrojem zkoumání geografických dat papírové mapy a statistiky. Prostřednictvím GIS lze využívat široké spektrum výkonných počítačových nástrojů, např. kalkulačních tabulek,

databází a grafických nástrojů (Kraak 2003). Uživatel může měnit obsah a vzhled mapy a pracovat s daty, ze kterých je vytvořena.

Jedním z významných způsobů prezentace GIS a šíření geografických dat se, vzhledem k široké dostupnosti a příznivému poměru výkon-cena, stal WWW (Kim a kol. 1998). První webové GIS se soustředily především na zobrazení geografických informací a obsahovaly pouze omezenou sadu nástrojů, které sloužily k navigaci, základnímu dotazování a výběru. V průběhu následujících let došlo k značnému rozšíření funkcí webových GIS, dostupné jsou např. nástroje pro editaci dat, geoprocessing a analýzu dat (Black a Cartwright 2005).

Uvedený vývoj technologií, softwarových produktů a metod je příznačný pro webové GIS pracující s dvourozměrnými daty (2D GIS). 3D geodata jsou, v porovnání s 2D geodaty, více komplexní a objemná (Held a kol. 2004). Zejména data městských oblastí, která mají komplexní geometrii, značné objemy dat a široké spektrum atributových dat je nesnadné spravovat, vizualizovat a používat k dotazům a analýzám (Vries a Stoter 2003).

Většina GIS označovaných jako 3D GIS jsou ve skutečnosti 2.5D GIS. Rozdělení GIS na 2.5D a 3D je dáno jejich schopností pracovat s 2.5 nebo 3D modely. 2.5 modely jsou modely, ve kterých je každému bodu o souřadnicích X, Y přiřazena právě jedna hodnota výškové souřadnice Z (De Floriani a kol. 1999, cit. v Bidoshi 2003). Naopak ve 3D model může obsahovat pro každou dvojici souřadnic X,Y více hodnot Z. Obvykle se však pojmy 2.5D a 3D model nerozlišují a jsou shodně označovány jako 3D model.

Pro „3D GIS“ zatím nebylo vyvinuto uspokojivé řešení, které by umožnilo implementaci všech základních funkcí GIS (Held a kol. 2004). Většina kartografů a geoinformatiků vychází při návrhu interaktivních nástrojů pro svoji aplikaci z GIS a snaží se o vytvoření obdobných nástrojů (simulaci nástrojů GIS). Nejčastěji jsou implementovány funkce zobrazovací (zobrazení/skrytí prvků, zvýraznění/změna vzhledu) a informační (získání informací o prvcích, vyhledávání informací) (Knížová 2006).

2.1.3. Propojení GIS a geovizualizace

Black a Cartwright (2005) ve své práci upozorňují na rostoucí potřebu integrace webových GIS s geovizualizačními nástroji a multimediálními prvky. Podle autorů vytváří kombinace geodatabází, webových GIS a nástrojů pro prezentaci multimédií velký potenciál pro vytvoření uživatelského rozhraní, které je určeno i pro uživatele bez znalosti práce v GIS. Spojení uvedených technologií může přinést výhody v podobě bohatých dat a funkcionality

nabízené GIS a zobrazovacích a interaktivních schopností webových technologií. Právě závěrečná 3D vizualizace geodat je styčným bodem, kde se problematika webového 3D GIS a interaktivní geovizualizace protínají (Knížová 2006).

Již od počátku 90. let je zkoumána možnost využití virtuální reality (VR) v kartografii a geoinformaticce (Kim a kol. 1998). Klíčovým pro vývoj problematiky se stal jazyk Virtual Reality Modeling Language (jazyk pro popis virtuální reality - VRML) a jeho standardizace v roce 1997. Od té doby byla vyvinuta řada technologií a metod pro vizualizaci 3D geodat ve VRML, jejich komunikaci s GIS a databází a pro vývoj interaktivních nástrojů.

2.1.4. Virtuální realita (VR)

VR je způsob, kterým mohou lidé vizualizovat, manipulovat a provádět interakci s počítači a extrémně komplexními daty (Kumaradevan a Kumar 2001). Základem VR jsou postupy z oblasti počítačové grafiky, např. tvorba prostorových modelů a scén, manipulace s nimi, pohyb v trojrozměrném prostoru a zobrazování v reálném čase. Tyto metody jsou umocněny použitím speciálních periférií, které zajišťují obrazovou, zvukovou a hmatovou interakci (např. brýle apod.) (Žára 1999).

Dle Žáry (2000) lze za aplikaci z oblasti VR označit takový program, který splňuje následující požadavky:

- veškeré děje se provádějí v reálném čase
- virtuální svět a objekty v něm mají trojrozměrný charakter nebo alespoň vytvářejí jeho iluzi
- uživatel neprohlíží virtuální svět pouze zvenčí, ale vstupuje do něj a pohybuje se v něm po rozličných drahách
- virtuální svět není statický, s jeho částmi uživatel manipuluje. Tělesa často působí jako samostatné bytosti – pohybují se, jsou schopny interakce s uživatelem a mezi sebou navzájem.

Fairbairn a Parsley (1997) považují hardware a schopnosti rozhraní zajistit interakci mezi uživatelem a počítačem za základní kritéria rozvoje VR. Dle těchto kritérií dělí VR na pohlcující VR, rozlišující VR, promítanou VR a desktop VR. VR v prostředí WWW spadá do desktop VR. K iluzi práce a pohybu ve VR tohoto typu slouží monitor počítače a klávesnice nebo myš. Monitor představuje „průzor do virtuálního světa“ a klávesnice nebo myš zajišťuje pohyb ve virtuálním světě (Žára 1999).

Pro popis obsahu a chování virtuálních světů existuje řada formátů. Nejčastěji používaný je jazyk VRML, jehož hlavními přednostmi je univerzálnost a zaměření na Internet (Žára 1999). Dynamický vývoj, kterým tento jazyk prošel, souvisí s rychlým rozvojem Internetu, růstem výkonnosti počítačů a voláním uživatelů po univerzálním prostředku pro popis prostorových dat určených pro zobrazování v reálném čase (Žára 1999). V současné době dochází k vývoji nového formátu eXtensible 3D (X3D), který je považován za nástupce VRML. Jednou z hlavních myšlenek při návrhu formátu byla rozšiřitelnost jeho možností libovolným směrem.

V kartografii a geoinformatice jsou používány především jazyky VRML a X3D. Autoři Taddei (2003) a Zhu a kol. (2003) úspěšně použili také jazyky Java3d a MPEG4 (v tomto pořadí). V současné době roste spektrum softwarů, které poskytují nástroje pro tvorbu 3D modelů vlastního formátu a jejich následné prezentaci v prostředí Internetu. Příkladem jsou technologie Terra, GeoShow3D a Leica Virtual Explorer.

Zvláštní potřeby prezentace a vizualizace geografických dat v jazyce VRML řeší jeho rozšíření GeoVRML. Cílem GeoVRML pracovní skupiny je vytvořit a uvést do praxe nástroje, které usnadní prezentaci 3D geografických dat ve formátu VRML (<www.geovrml.net>). V souvislosti s vývojem formátu X3D byla založena pracovní skupina GeoSpatial Working Group, která navázala na výsledky GeoVRML.

2.1.5. VR a GIS

Nástroje, které slouží k použití VR v kartografii a GIS, rozdělují Huang a Lin (2002) do dvou kategorií:

- nástroje pro tvorbu 3D modelu v jazyce VRML/X3D z geografických dat
- nástroje pro interakci s 3D modelem, např. dotazování objektů

Pro tvorbu 3D modelů z geografických dat poskytuje řada GIS i CAD (Computer-Aided Design - projektování s podporou počítače) systémů příslušné sady nástrojů. Hotové 3D modely lze zpravidla exportovat do formátu VRML. Interaktivní 3D aplikace může využívat VRML soubor nebo databázi, která obsahuje data pro sestavení VRML modelu.

Nevýhodou použití VRML/X3D pro geovizualizaci 3D modelů uložených v souboru je neschopnost jazyků uchovat a zpracovávat atributová data objektů scény.

Při vývoji objemnějších a komplexnějších aplikací je preferováno uložení prostorových dat v databázi a generování 3D modelů z těchto dat. Počet Systémů řízení báze dat (SRBD), které podporují prostorová data a nástroje pro prostorové analýzy, se zvyšuje.

Také se rozšiřuje počet GIS/CAD systémů, které dodávají extenze pro práci s prostorovými daty uloženými SŘBD (Vries a Zlatanova 2004).

Klíčovým problémem využití VRML pro webové 3D aplikace je zajištění interaktivního ovládání virtuální scény. Standardní prohlížeče jsou zaměřeny pouze na navigaci ve virtuálním prostředí (výběr pohybu, změna stanoviště apod.). Aplikace v kartografii a geoinformatice však mají specifické požadavky na uživatelské rozhraní i na funkce, které by aplikace měla poskytovat.

Řešením tohoto omezení je vytvoření vlastních interaktivních nástrojů. Spektrum postupů, technologií a metod, které lze použít, je široké. Z hlediska rozdělení zpracování mezi klientem a serverem jsou aplikace děleny na klientské a serverové. Pokud aplikace provede změnu 3D modelu na serveru a do prohlížeče načte již upravenou scénu, je nazývána serverová. Pokud je změna provedena na straně klienta, je aplikace označována jako klientská.

K implementaci interaktivních nástrojů, které pracují na straně klienta, jsou využívány technologie plnící funkci rozhraní mezi VRML/X3D scénou a ostatními komponentami aplikace. Jedná se o tzv. aplikační programovací rozhraní (Application Programming Interface - API). Pro VRML jazyk bylo navrženo rozhraní Scripting Authoring Interface (SAI) a External Authoring Interface (EAI); možné je také použití technologie ActiveX/LiveConnect. Jazyk X3D poskytuje rozhraní Scene Authoring Interface (SAI).

Softwary umožňující tvorbu 3D modelů vlastního formátu a jejich prezentaci v prostředí Internetu poskytují speciální plug-iny, které obsahují řadu nástrojů typických pro GIS. Například software TerraExplorer dovoluje zobrazení mapových vrstev, vyhledávání objektů, získání základních informací, interaktivní průlety nad územím atd.

Použití jazyka VRML/X3D, aplikačního rozhraní a programovacího jazyka k vývoji interaktivní 3D aplikace je v porovnání s využitím speciálních softwarů náročnější. Návrh a realizace vlastní aplikace ovšem umožňuje přizpůsobit její vlastnosti požadovanému účelu. Tato diplomová práce se zabývá vývojem webových aplikací sloužících k prezentaci 3D geografických dat s využitím jazyků VRML a X3D.

2.2. Literární řešerše

V této kapitole budou zmíněny významné práce zabývající se problematikou využití VR v geovizualizaci a interaktivních 3D aplikací v kartografii a geoinformaticce.

Problematikou využití VRML v kartografii se zabývají autoři Fairbairn a Parsley (1997). Jejich práce popisuje VR a zkoumá možnosti jejího propojení s kartografií. Dále se autoři zabývají jazykem VRML a představují projekt, který byl zaměřen na prezentaci geografických dat ve VRML.

Vztahem mezi VRML a kartografií se zabývají autoři Dykes a kol. (1999). Jejich práce se soustředí na ilustraci širokého spektra kartografických reprezentací a zapojení VRML do procesu prezentace geografických dat. Dále autoři ve své práci hodnotí vliv VRML na kartografii a kartografie na VRML.

Autoři Wachowicz a kol. (2002) představují sedm faktorů, které mají vliv na tvorbu a využití virtuálních prostředí ve vizualizaci geodat. Rozdělují je do dvou skupin na problematiku tvorby virtuálního prostředí z geodat a problematiku jeho využití.

V České republice se využitím VRML a GeoVRML v oblasti geovizualizací zabývá práce Klinkové (2004). Autorka klade důraz na propojení geodat s animacemi a multimediálními prvky. Na základě několika vytvořených modelů z různých geodat autorka představuje a hodnotí možnosti jazyka VRML v oblasti geovizualizací.

Problematiku interaktivních 3D aplikací popisuje také Knížová (2006). Autorka se ve své práci soustředí zejména na využití VRML pro interaktivní geovizualizaci. V praktické části klade důraz na vývoj interaktivních nástrojů pro ovládání VRML scény.

Problematikou tvorby VRML modelu zástavby z geodat se zabývá práce Olivíka (2003). Autor se zaměřuje především na realistické modelování budov v GIS a vytvoření 3D virtuálního modelu areálu Západočeské univerzity. Automatizovanou tvorbou prostorových modelů map na Internetu pomocí jazyka VRML se zabývá Havrlant (2003).

Na závěr je důležité zmínit pracovní skupinu Computer Graphics Group (CGG), která se zabývá vizualizací ve VRML pod vedením Doc. Ing. Jiřího Žáry CSc. Činnost této skupiny nezapadá přímo do oblasti využití VRML v geovizualizaci. Projekty Virtual Old Prague (Žára et al. 2001, Žára 2002), e-AGORA (Adamec et al. 2001) a Nautilus (Chudil a Žára 2000) ale mají v oblasti VRML vizualizací mezinárodní význam.

O problematice webového 3D GIS podává podrobný přehled práce Held a kol. (2004). Autoři zdůrazňují potřebu zajistit dostatečnou funkčnost GIS pro práci s 3D modely. Práce

popisuje rozdíly mezi 2D GIS a 3D GIS a poskytuje přehled různých přístupů technologického řešení webových 3D informačních systémů.

Moore a kol. (1997) se zaměřují na využití jazyků VRML a Java pro tvorbu aplikace určené k výuce geografie. VRML slouží jako rozhraní pro zkoumání geodat uložených v databázi. Kromě této databáze projekt využívá bázi multimediálních prvků – použity jsou VR, video, fotografie, grafika a hypertext. Jazyky VRML a Java využil při tvorbě aplikace určené pro výuku studentů krajinného plánování také Helwit (2004).

Kim a kol. (1998) považují kombinaci technologií VRML a Java pro tvorbu rozhraní 3D GIS za velmi perspektivní. Podle autorů bude v budoucnu pomocí těchto technologií možné navrhovat a vyvíjet webové 3D aplikace, které budou obsahovat všechny funkce typické pro 2D GIS. VRML a Javu použili i autoři Coors a Jung (1998).

Různé přístupy pro vývoj webových interaktivních 3D aplikací hodnotí autoři Lin a kol. (1999). Autoři popsali a prakticky zpracovali čtyři přístupy: kombinaci technologií VRML a Java, Java3D a Java, VRML a ActiveX a VRML, Java a C++.

Významná je práce autorů Huang a Lin (2000), která popisuje projekt GeoV&A. Autoři navrhli řešení, které používá software ArcView a extenze 3D Analyst a Internet Map Server. Po interakci uživatele s webovým 2D GIS aplikací vygeneruje pomocí ArcView 3D Analyst 3D model. Součástí aplikace je funkce pro analýzu viditelnosti a generování profilů.

Vries a Stoter (2003) hodnotí možnosti vizualizace 3D geodat v jazycích VRML a X3D. Autoři navrhli, zpracovali a zhodnotili dvě modelová řešení.

Zajímavý přístup přináší práce Zlatanové (1999). Autorka klade důraz na uspořádání 3D prostorových a tematických dat v databázi a schopnost 3D GIS uchovávat a analyzovat tato data. Problematiku webového 3D GIS rozděluje do tří částí: organizace dat na serveru, prostředky pro provádění dotazů a vizualizace výsledných informací.

Vries a Zlatanová (2004) zkoumají možnosti využití standardů OpenGIS Consortium (OGC) pro prezentaci 3D geodat na webu. Autoři úspěšně použili Web Feature Service (WFS) a formát X3D při tvorbě webové 3D aplikace, která dovoluje vizualizaci, navigaci, dotazování a analýzu geodat.

V České Republice se problematikou webového 3D GIS zabývá Bauckmann (1999). Práce přináší zajímavý přístup k řešení komunikace mezi VRML modelem a databází.

3. VRML A X3D

Spolu se speciálními softwary, které nabízejí vlastní formát a plugin, jsou formáty VRML a X3D nejčastěji používaným způsobem prezentace 3D geografických dat v prostředí internetu. Vznik VRML znamenal zásadní zlom v oblasti vizualizace 3D dat na webu. „Do této doby nebyla prezentace 3D modelů bez náročného technického vybavení i obsáhlých znalostí možná“ (Žára 1999). S příchodem VRML lze 3D modely prohlížet jednoduše pomocí internetového prohlížeče a VRML prohlížeče. Nové možnosti v oblasti prezentace 3D grafiky na webu přináší formát X3D, který je považován za vyzrálější a přesnější jazyk pro popis VR.

3.1. Jazyk VRML

VRML je jazyk, který je určen pro popis obsahu virtuálních světů a jejich chování. VRML je současně formátem - definuje způsob zápisu virtuálních světů do souborů v textovém tvaru (Žára 1999).

Jazyk VRML je společným produktem významných tvůrců systémů pro virtuální realitu, odborníků na počítačovou grafiku a internetové veřejnosti. Pod vedením VRML Consortia, Inc. byl v roce 1997 přijat za standard ISO. Norma nese název VRML97. V současné době pod názvem VRML chápeme mezinárodní verzi VRML97 (Žára 1999).

3.1.1. Základní vlastnosti jazyka VRML

- možnost kombinace virtuálních světů s multimediálními prvky
- možnost zapojit prvky, které jsou umístěny kdekoli v síti Internet
- animace, interakce a manipulace s virtuálními objekty je zajištěna jednotným způsobem
- možnost definice způsobu pohybu uživatele
- virtuální světy lze vkládat do WWW stránek a rámců
- možnost spolupráce s dalšími programovacími jazyky (Java, JavaScript) a aktivace jiných programů
- popis virtuálních světů je ukládán pouze v textovém tvaru (Žára 1999)

3.1.2. *Struktura jazyka VRML*

VRML scéna se zapisuje do textového formátu, který má příponu .wrl. Zápis VRML scény se skládá z několika logických celků. V úvodu je obvykle uvedena hlavička souboru a všeobecné informace o virtuálním světě. Hlavička je nutná součástí VRML souboru. Následující část obsahuje popis těles a jejich vlastností a definice prvků potřebných pro animaci a interakci. V závěru jsou umístěna propojení statických a dynamických prvků z předchozí části.

VRML soubor je uspořádán do hierarchické struktury. Základní prvky, ze kterých se VRML zápis virtuálního světa skládá, jsou nazývány uzly. Každý uzel lze specifikovat několika parametry. Podle vzájemné polohy uzlů ve stromu rozlišujeme vztahy mezi rodičem, potomky a sourozenci. Žára (1999) rozděluje uzly do devíti logických skupin:

První skupinou jsou **Informační uzly**. Tyto uzly poskytují informace o souboru a jeho tvůrci, seznam zajímavých míst uvnitř světa, doporučený způsob procházení světem, velikost avatara (virtuální dvojník, který představuje nás samé uvnitř virtuálního světa) apod.

Skupiny **Geometrie a Vzhled** povrchu jsou určeny k popisu tvaru, velikosti, barvy a textury objektů virtuálního světa.

Skupina uzlů **Prostředí** umožňuje do scény přidat hudbu, video, přírodní jevy (mlha), pozadí (nebe) a světelné zdroje.

Skupinové uzly umožňují definovat vlastnosti pro více uzlů zároveň. Např. uzel Transform zajišťuje posunutí, otočení nebo změnu měřítka skupiny objektů, uzel Swich zobrazuje vždy pouze jeden ze skupiny objektů, uzel LOD násobnou reprezentaci objektů dle vzdálenosti od pozorovatele apod.

Skupiny uzlů – **Manipulátory, Interpolátory a Detektory** jsou určeny k zajištění dynamických akcí ve virtuálních světech. Příkladem dynamické akce je posunutí nebo změna barvy určitého objektu poté, co na něj uživatel poklepe. Detektory reagují na chování návštěvníka virtuálního světa vysíláním informací – tzv. událostí. Manipulátory umožňují jednoduše převádět posuvný pohyb myši na pohyb geometrického objektu. Interpolátory jsou uzly, které převádějí vstupní hodnotu na hodnotu jiného typu pomocí lineární interpolace.

Speciální skupina obsahuje uzel Skript, kterým lze definovat složitější operace předávání informací mezi uzly, a uzel TimeSensor, který zajišťuje časování dynamických akcí.

Přehled VRML uzlů včetně rozdělení do skupin poskytuje tabulka v příloze č. 1.

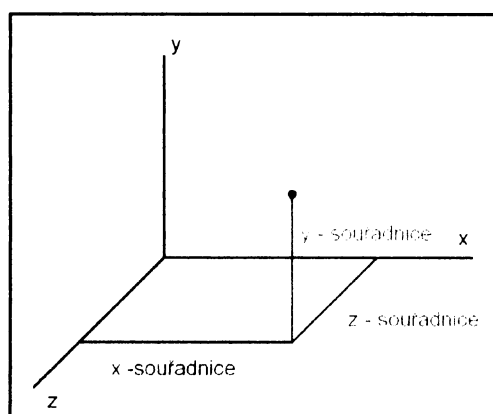
Kromě uzlů a jejich parametrů obsahuje VRML také jazykové konstrukce (příkazy):

- příkaz DEF a USE – slouží k opakovanému použití uzlu, který již byl v souboru definován, pouze odkazem na jeho jméno.
- příkaz PROTO, EXTERNPROTO a IS - PROTO umožňuje definovat nové, vlastní uzly, stromové struktury a knihovny specializovaných objektů (Žára 1999). Uzel EXTERNPROTO má stejný význam s tím, že jeho definice je uložena v externím souboru. Pomocí příkazu IS jsou parametry určené k úpravě vzoru přiřazeny skutečným parametrům.
- příkaz ROUTE ... TO ... - vytváří spojení mezi uzlem, který vysílá událost a uzlem, který ji přijímá. Datové typy vstupní a výstupní události si musí odpovídat. Uzly, které jsou spojovány, musí být označeny konstrukcí DEF.

3.1.3. Souřadný systém a jednotky

VRML používá pravotočivý kartézský souřadnicový systém (Moore a kol. 1997). Kladná osa y míří kolmo vzhůru. „Polohové“ souřadnice jsou zadávány v rovině rovnoběžné nebo totožné s rovinou xz. Uspořádání os ukazuje obrázek č. 3.1.

Obrázek č. 3.1: Souřadnicový systém VRML



Zdroj: vlastní

Délky se ve VRML udávají v metrech, úhly v radiánech a čas v sekundách. Hodnoty dat mohou být ve VRML zadávány v jednoduché 32-bitové přesnosti (single precision).

3.2. Jazyk X3D

Formát X3D je standardem pro definici interaktivní, animované 3D grafiky zahrnující další media jako zvuk, video a hypertext (Tolar 2001). Hlavními výhodami X3D oproti VRML je jeho modularita (existuje více podob formátu pro různé požadavky) a podpora kódování XML.

XML (eXtensible Markup Language) je značkovací jazyk určený k přenosu a ukládání dat v prostředí internetu (<<http://www.w3.org/XML/>>). Úkolem XML je popsat co data znamenají, nikoli jak by měla být vizualizována. Hlavními výhodami jazyka jsou nezávislost na platformě a otevřenost.

Požadavky uživatelů i tvůrců virtuálních aplikací z hlediska dalšího vývoje jazyka VRML97 dále mapovalo VRML Consortium, Inc. V roce 1999 se toto konsorcium přeměnilo na Web 3D Consortium. Důležitým faktorem, který ovlivnil vznik jazyka X3D, byl významný úspěch XML (Rahman 2006). Vývojem X3D se v rámci Web3D konsorcia zabývala skupina X3D Task Group. Ke specifikaci formátu X3D došlo v roce 2004.

3.2.1. Základní vlastnosti standardu X3D

Základní vlastnosti standardu X3D jsou:

- kompatibilita se současnými VRML daty, prohlížeči a nástroji; možnost převodu VRML světů do formátu X3D
- malý, jednoduchý profil pro co nejširší možnost přijetí X3D podpory jak pro exportování, tak importování dat
- větší profil, plně podporující současné VRML
- rozšiřující mechanismus - přidáváním dalších komponent schopnosti X3D narůstají
- podpora dalších kódování včetně XML pro užší integraci s webovými technologiemi a nástroji
- dostupnost standardizovaných extenzí určených pro potřeby specializovaných aplikací
- grafika je dostupná kvalitně, v reálném čase, interaktivní a obsahuje kromě 3D dat také zvuk a videozáznam
- podpora programovacích jazyků pro zajištění komunikace mezi X3D scénou a ostatními programy - X3D Scene Authoring Interface (SAI)

- oproti VRML obsahuje X3D nové prvky

Uvedených vlastností bylo dosaženo specifikováním komponentově založené architektury. Na rozdíl od rozsáhlé, monolitické specifikace, která vyžaduje plnou podporu, umožňuje komponentová architektura vytváření tzv. profilů, které mohou být různě podporovány (Tolar 2001, <<http://www.web3d.org>>).

- Komponenta (component) je skupina souvisejících funkcí, které se skládají z různých X3D objektů a služeb (<<http://www.web3d.org>>); komponenty mohou mít více úrovní (nová služba, komponenta nebo profil je přidána ve formě jedné nebo více úrovní). Úrovně jsou označovány použitím číselného schématu, ve kterém výše očíslované úrovně znamenají rostoucí kvalitu služeb.
- Profil (profile) je skupina komponent, úrovní těchto komponent a kritérií podpory objektů, jež jsou v sadě obsaženy (X3D); je navržena pro potřebu určité aplikace, oboru nebo trhu.

Podle požadavků na aplikaci si tvůrce vybere příslušný profil. Například pokud požaduje prezentaci plně-interaktivních virtuálních světů, vybere si „základní profil“; požaduje-li rychlý přenos dat pomocí webové služby, vybere „malý profil“ (Tolar 2001).

Profily lze podle specifických potřeb kombinovat s komponentami; pokud X3D prohlížeč požadované komponenty podporuje, je X3D scéna přehrána. V hlavičce X3D souboru lze uvést, které komponenty mají být pro přehrávání scény použity.

3.2.2. Struktura souboru X3D

Hierarchická struktura souboru X3D je velmi podobná struktuře VRML souboru (Vries a Zlatanova 2004). Základními prvky jazyka jsou uzly, které mohou mít jednoho nebo více potomků. Hierarchie uzlů se nazývá graf scény. Graf obsahuje všechny objekty scény a jejich vztahy. X3D rozlišuje dva typy vztahů mezi objekty grafu scény. První typ popisuje prostorové vztahy mezi objekty (transformation hierarchy), zatímco druhý typ popisuje propojení mezi parametry uzlů a tok událostí mezi nimi (behaviour graph) (<www.web3d.com>).

X3D podporuje více kódování dat scény včetně textových (VRML a XML) a binárních kódování. Data scény mohou být zkomprimována (Tolar 2001). Použitému kódování odpovídají přípony X3D souboru; přehled poskytuje tabulka č. 3.1.

Tabulka č. 3.1: Kódování dat X3D scény a přípony

X3D kódování	přípona
klasické VRML	.x3dv
XML	.x3d
binární	.x3db

Zdroj: Tolar (2001)

X3D soubor se skládá z hlavičky, případné deklarace prototypů, grafu scény a propojení statických a dynamických prvků grafu scény. Hlavička souboru X3D musí obsahovat následující prvky:

- identifikátor označující, že soubor obsahuje X3D kódování
- číslo verze standardu X3D
- označení typu kódování (např. VRML, XML nebo binární)
- jméno profilu, seznamem dalších komponent a úrovní uvnitř komponent (nepovinné)
- komentář (nepovinné)

Ukázka hlavičky X3D souboru podle Tolara (2001):

```
#X3D V1.0 utf8
#X3D profile=Interactive
#X3D component=GeoData
#X3D component=Nurbs:2
```

X3D používá, stejně jako VRML, konstrukce PROTO, EXTERNPROTO, IS, DEF, USE a ROUTE... TO....

Základní komponenty specifikace X3D

V této části bude uveden přehled komponent specifikace ISO/IEC CD 19775-1r1:200x – zatím poslední specifikace zabývající se architekturou a základními komponentami. Komponenty specifikace budou rozděleny do tří skupin: první skupina obsahuje pouze základní komponentu. Do druhé skupiny byly zařazeny komponenty, které obsahují uzly VRML (uzly totožné pro VRML a X3D) nebo uzly VRML společně s X3D uzly. Třetí skupina popisuje komponenty, které obsahují uzly typické pouze pro X3D.

Základní komponenta

- **Core** – komponenta je nezbytná pro všechny implementace X3D a pro další komponenty; je základní funkční jednotkou X3D runtime systému. Úroveň 1 obsahuje architekturu, základní abstraktní typy uzlů a proměnné.

Komponenty obsahující převážně uzly VRML

- **Shape, Rendering, Geometry3D, Text a Texturing** – komponenty definují uzly, které slouží k popisu geometrie a vzhledu objektů scény
- **Lighting, Sound, Environmental effects** – komponenty definují uzly, které slouží k popisu prostředí (osvětlení, zvuk, realistické přírodní jevy, pozadí)
- **Grouping** – komponenta zavádí systém, dle kterého jsou uzly organizovány a seskupovány
- **Networking** – komponenta definuje uzly používané pro přístup k souborům na disku, WWW stránkám apod.
- **Navigation** – definuje uzly, které slouží pohybu avatara ve scéně nebo s jeho pohybem souvisí
- **Pointing device sensor a Environmental sensor Key** – definují uzly, které reagují na poklepání myši nebo umístění kurzoru nad určitý objekt/část scény a změnu prostředí (nejčastěji interakci mezi dvěma prvky scény)
- **Time** - definuje uzly, které slouží dynamickým akcím založeným na čase
- **Interpolation** - definuje uzly které provádějí lineární interpolaci mezi klíčovými hodnotami

- **Scripting** – definuje uzel Script, který je určen k programování chování objektů scény a jednoduchých interaktivních nástrojů

Komponenty obsahující pouze uzly X3D

- **Geometry2D, CAD geometry, Texturing3D a Cube map environmental texturing** – komponenty definují uzly, které rozšiřují možnosti popisu geometrie a vzhledu objektů.
- **Layout** – poskytuje specifikaci organizace světa do nezávislých, překrývajících se vrstev.
- **Humanoid animation (H-Anim)** – komponenta se zabývá reprezentací lidských postav – tzv. humanoidů v X3D.
- **Geospatial** – komponenta se zabývá reprezentací geografických dat v X3D.
- **Non-Uniform B-Splines (NURBS)** – definuje uzly, které slouží popisu Non-Uniform B-Splines (NURBS) geometrie.
- **Distributed Interactive Simulation (DIS)** – komponenta zabývající se rozsáhlými virtuálními prostředími s více uživateli; komunikace přes síť.
- **Shader** – poskytuje metody, které uživateli dovolují zvolit způsob stínování; Stínování (rendering) je proces, který vytvoří pomocí matematického algoritmu obraz 3D scény (Šleisová 2005).
- **Layer** – komponenta dovoluje rozdělit scénu na „vrstvy“ a určit pořadí jejich stínování.
- **Rigid body physics** – komponenta dovoluje přiřadit objektům scény chování dle fyzických zákonů.
- **Followers** – komponenta definuje uzly, které podporují dynamickou plynulou změnu parametrů na základě vzdálenosti.
- **Particle system description** – komponenta specifikuje vizualizaci jevů jako oheň, kouř, sníh apod.
- **Picking sensor** - komponenta poskytuje schopnost testovat v omezené formě kolize libovolných objektů.
- **Key device sensor** - definuje uzly, které reagují na změnu stavu některé z kláves.
- **Event Utilities** – komponenta umožňuje vytvářet obsáhlé posloupnosti příkazů pomocí konstrukcí ROUTE a TO.

3.3. VRML/X3D prohlížečí software

K prohlížení VRML a X3D scén je nutné použít speciální software. Technologie, které k tomuto účelu slouží, lze podle Šimánka (2006) rozdělit do dvou skupin. První skupinou jsou standardní VRML/X3D prohlížeče. Prohlížeč VRML/X3D je program, který je schopen převést textový popis ze souboru VRML/X3D do obrazu virtuálního světa (Žára 1999). Většina VRML/X3D prohlížečů je ve formě pluginu k webovému prohlížeči.

Druhou skupinou jsou řešení založená na programovacím jazyce Java. Tato řešení mohou používat VRML a X3D nebo vlastní formát. Jejich předností je nezávislost na platformě a schopnost prezentovat 3D model bez instalace speciálního prohlížečího softwaru. VRML scéna je společně s prohlížečem nahrána v okamžiku, kdy uživatel otevře webovou stránku. Daní za malý objem Java prohlížeče je ovšem podpora pouze omezené sady uzlů VRML/X3D (Šimánek 2006).

Mezi nepoužívanější prohlížeče VRML patří Cortona VRML Client, CosmoPlayer (výzkum již ukončen), BS Contact VRML/X3D, Octaga Player a Flux Player. Poslední tři jmenované softwary zároveň umožňují zobrazení scény ve formátu X3D. Možné je použít také Open source prohlížeče FreeWRL a Xj3D. Přehled hlavních prohlížečů, jejich podpory operačními systémy a internetovými prohlížeči a schopností zobrazit VRML/X3D scénu ukazuje tabulka č. 3.2.

Tabulka č. 3.2: VRML/X3D prohlížeče a jejich podpora operačními systémy a internetovými prohlížeči

	operační systém	internetový prohlížeč pod Windows	formát scény
BS Contact VRML/X3D	Windows	IE, Mozilla/Firefox, Opera	VRML, X3D
Cortona VRML Client	Windows, Mac OS	IE, Mozilla/Firefox, Opera od verze 5.0	VRML, X3D od verze 5.0
Octaga	Windows, Linux	IE, Mozilla/Firefox, Opera	VRML, X3D
Flux 2	Windows	IE, Mozilla	částečně VRML, X3D
Venues	Windows	IE	VRML, X3D
FreeWRL	Mac OS, Linux	-	VRML, částečně X3D

Zdroj: Šimánek

Zástupci Java technologií jsou WireFusion, Shout3D (pravděpodobně přerušen výzkum), Blaxxun3D, BS Contact J (vyvinutý z Blaxxun3D) a Vizz3D (Šimánek 2006).

3.4. Rozšíření VRML a X3D pro prezentaci geografických dat

3.4.1. GeoVRML

Řešením zvláštních potřeb prezentace a vizualizace geografických dat v jazyce VRML se zabývá pracovní skupina GeoVRML. Jejím cílem je vytvořit a do praxe předat nástroje pro zobrazení geografických dat v jazyce VRML (<www.geovrml.org>). GeoVRML je dnes k dispozici ve verzi GeoVRML 1.0 a GeoVRML 1.1.

GeoVRML rozšiřuje možnosti jazyka VRML o uzly, které jsou vhodné pro prezentaci a vizualizaci geografických dat. Uzly GeoVRML jsou definovány v externích souborech pomocí konstrukce PROTO. Příkazem EXTERNPROTO je lze vložit do požadovaného VRML souboru.

Nástroje GeoVRML 1.1 lze shrnout do následujících sedmi bodů:

Souřadný systém – GeoVRML poskytuje možnost vložit souřadný systém do VRML souboru; k dispozici jsou 3 souřadné systémy, 21 elipsoidů a 1 geoid.

Přesnost – VRML poskytuje pouze 32 bitovou přesnost, která je při prezentaci dat v planetárním měřítku nedostatečná. GeoVRML poskytuje 64 bitovou dvojitou přesnost.

Měřítko (měřítkování) – GeoVRML poskytuje nástroje pro úpravy modelu související se změnou měřítka pro prezentaci objemných modelů s více rozlišeními na webu.

Metadata – GeoVRML zajišťuje možnost propojit data s metadaty.

Animace – GeoVRML poskytuje možnost interpolace v rámci souřadného systému, což umožňuje provádět animace přímo pomocí zeměpisných souřadnic na zemském povrchu.

Sebepozorování – GeoVRML poskytuje funkce pro dotazování a získávání souřadnic libovolného georeferencovaného bodu.

Navigace – GeoVRML poskytuje podporu některých způsobů navigace, které jsou specifické pro geografické aplikace.

3.4.2. Geospatial component

V souvislosti s vývojem formátu X3D byla založena pracovní skupina zaměřená na prezentaci geodat nazvaná X3D GeoSpatial Working Group. Skupina navázala na výsledky vývoje v GeoVRML. V X3D jsou uzly určené k prezentaci geodat součástí komponenty Geospatial. Stejně jako ve VRML jsou i v X3D vkládány uzly této komponenty pomocí příkazů EXTERNPROTO. Uzly komponenty jsou dosud shodné s uzly s GeoVRML 1.1.

3.5. Aplikační programovací rozhraní

Standardní prohlížeče VRML/X3D poskytují nástroje pro pohyb ve scéně, navigaci a základní interakci se scénou. Pro řadu webových 3D aplikací je tato nabídka nedostatečná, a proto tvůrci navrhují vlastní doplňující nástroje. K realizaci složitějších funkcí již možnosti jazyků VRML/X3D nestačí. Společně s VRML/X3D jsou využívány programovací jazyky a další technologie.

Již bylo zmíněno, že z hlediska rozdělení zpracování mezi klientem a serverem jsou aplikace děleny na klientské a serverové. Pokud změnu 3D modelu zajišťuje skript/program pracující na straně klienta, je aplikace nazývána jako klientská. Pokud operaci zajišťuje skript/program na straně serveru a do VRML/X3D prohlížeče je načítána již upravená scéna, je aplikace označována jako serverová. Komunikaci mezi VRML/X3D scénou a programy psanými v jiných jazycích zajišťuje aplikační programovací rozhraní.

Pro VRML byla vyvinuta rozhraní SAI (Script Authoring Interface) a EAI. SAI dovoluje uživateli ovlivňovat scénu pomocí interakce s objekty 3D scény - zajišťuje výměnu dat pouze mezi uzly scény. Naopak rozhraní EAI umožňuje ovládat scénu pomocí externího programu – Java apletu. Použit lze také technologii ActiveX/LiveConnect. Pro X3D bylo navrženo rozhraní SAI (Scene Authoring Interface).

3.5.1. Aplikační rozhraní pro VRML

SAI

SAI (script authoring interface) používá k ovládní VRML scény skript obsažený v uzlu Script (Holečko 1999). Skripty mohou být napsané v jazyce ECMAScript nebo Java. Skripty pracují pouze uvnitř VRML souboru. SAI neumožňuje komunikaci scény s ostatními částmi webové aplikace.

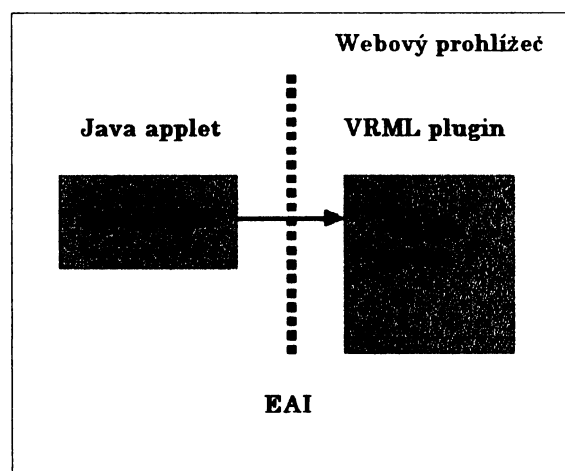
SAI nedovoluje vytvořit uživatelské rozhraní, které využívá standardní ovládací prvky (textová pole, zaškrťovací pole apod.). K interakci se scénou jsou proto využívány Head-Up Displays (HUD). HUD jsou 3D objekty, které představují tlačítka reagující na dotyk. Pomocí uzlu ProximitySensor a konstrukce ROUTE...TO... se tato tlačítka pohybují shodně s avatarem. Díky tomu se ve VRML prohlížeči zobrazují stále na stejném místě.

Předností rozhraní SAI je jeho univerzální použití ve všech VRML prohlížečích, které podporují skripty. Nevýhodou HUD prvků je jejich drobné „klepání“ při vyrovnávání polohy a orientace v případě, kdy je avatar v jejich blízkosti (Knížová 2006). Naopak v případě velké vzdálenosti avatara od HUD prvků může docházet ke kolizím prvků s objekty scény (<developer.blaxxun.com>).

EAI

EAI umožňuje ovládat VRML scénu pomocí Java apletu, který je s VRML scénou vložen do téže www stránky (případně vedlejšího rámce) (Holečko 1999). Java aplet je program psaný v jazyce Java, který je vložený do webové stránky, a jehož činnost je řízena webovým prohlížečem (Kiszka 2003). EAI bylo standardizováno v roce 2004 a začleněno do normy VRML97. Schéma aplikačního rozhraní poskytuje obrázek č. 3.2.

Obrázek č. 3.2: Funkční schéma EAI



Zdroj: <<http://jerry.c-lab.de/vrml99/vrml99papers/schonhage.pdf>>

Ke komunikaci mezi apletem a VRML scénou využívá EAI webový prohlížeč. Uživatel pomocí Java apletu zadá požadavek, webový prohlížeč tento požadavek předá VRML prohlížeči a ten příkaz vykoná. Pomocí javových knihoven lze sestavit kvalitní grafické uživatelské rozhraní (Graphical User Interface – GUI).

Nevýhodou EAI je jeho citlivost na softwarové vybavení klientského počítače (Thorne 2005). K prohlížení a interakci s 3D aplikací, která používá EAI, je potřeba VRML prohlížeč podporující tuto technologii, internetový prohlížeč a Java Virtual Machine (JVM) společnosti Microsoft. Nutná instalace JVM - méně rozšířené podpory Javy (od roku 2004 již není Microsoft JVM součástí žádného z produktů Microsoft) - velmi omezuje použitelnost EAI rozhraní. Více rozšířená podpora Javy, Java Runtime Environment (JRE) od společnosti Sun Microsystems, rozhraní EAI nepodporuje.

ActiveX/LiveConnect

ActiveX/LiveConnect je technologií vyvinutou společností Microsoft, která poskytuje sadu nástrojů pro vývoj webových stránek. Stejně jako při použití EAI je prvek ActiveX vložen společně s VRML prohlížečem do webové stránky. Pro psaní skriptů lze použít jazyky VBScript a JavaScript.

Protože rozhraní nebylo standardizováno, není přístup psaní skriptů pro jednotlivé VRML prohlížeče jednotný. Výsledná aplikace proto funguje správně pouze v prohlížeči, pro který byla navržena. Navíc, použití prvků ActiveX/LiveConnect je pro uživatele rizikové z hlediska bezpečnosti jeho počítače.

Výhodou použití prvků ActiveX/LiveConnect je relativně snadné programování v jazycích VBScript a JavaScript. Vzhledem k tomu, že rozhraní používající ActiveX/LiveConnect je externí, je možné sestavit standardní uživatelského rozhraní.

3.5.2. Aplikační rozhraní pro X3D

SAI

X3D poskytuje rozhraní SAI. Rozhraní poskytuje shodný přístup k programování interními i externími skriptovací jazyky. Tato konzistence je jednou z výhod formátu X3D oproti VRML. „X3D definuje množinu abstraktních API služeb a mapování z takových služeb na různé programovací jazyky a komponentové technologie včetně Javy, ECMAScript, Microsoft's Component Model (COM) a Document Object Model (DOM)“ (Tolar 2001).

Protože SAI-X3D má obdobnou architekturu jako EAI, je opět závislé na rozdílnostech klientského softwaru (Thorne 2005). X3D prohlížeče podporují rozhraní SAI

různými způsoby, např. Flux podporuje SAI s využitím jazyka ECMAScript, FreeWRL s využitím jazyka Java, Xj3D oba způsoby apod.

Aplikační rozhraní a Java prohlížeče

Java prohlížeče jsou programy napsané v jazyce Java (často applety). Obvykle nabízejí vlastní, externí, na jazyce Java založené rozhraní. Prohlížeč i nástroje pro interakci se scénou jsou v tomto případě vytvořeny na jazyce Java, což umožňuje snadnou komunikaci mezi nimi. Výhodou je, že činnost prohlížeče ani rozhraní není závislá na použití JVM od společnosti Microsoft. Podmínkou je ovšem instalace JRE. 000).

4. TVORBA VRML/X3D MODELU Z GEOGRAFICKÝCH DAT

4.1. Software pro tvorbu VRML a X3D modelů

Programy pro tvorbu VRML/X3D scény je možné rozdělit do tří základních skupin:

- textové editory
- VRML a X3D editory
- speciální programy

Textové editory jsou používány k přímému zápisu scény v textové podobě. Tento způsob tvorby virtuální scény vyžaduje kvalitní znalost syntaxe uzlů jazyka VRML. Výhodou použití textového editoru je jeho dostupnost – použít lze např. Poznámkový blok.

Editory určené k psaní virtuálních scén jsou oproti textovým editorům vybaveny funkcemi, které psaní VRML kódu usnadňují a zpřehledňují. Řada VRML a X3D editorů poskytuje vizuální prostředí – v takovém případě se editory nazývají VRML/X3D buildery (Knížová 2006). Tvůrce 3D scény není nucen znát přesnou syntaxi jazyka a 3D objekty vytváří pomocí grafického uživatelského rozhraní.

Vytvoření komplikovaných modelů je v editorech velmi pracné a složité - v některých případech nemožné. Pro tyto účely jsou používány speciální programy pro 3D modelování. Tyto programy mají obvykle vlastní nativní formát dat, ale poskytují možnost exportovat hotový model do VRML (X3D). Pro tvorbu virtuálních scén z geografických dat lze použít nadstavby 3D GIS a 3D CAD. Použití speciálních modelovacích programů včetně programů pro práci s geografickými daty nevyžaduje znalost syntaxe jazyků VRML a X3D. Na druhé straně je nutná znalost funkcí modelovacího programu.

Zpracování stejných dat dvěma softwary se může lišit, protože každý program používá jiné metody a přístupy. O vhodnosti použití softwaru rozhoduje zejména to, jaké charakteristiky výsledného modelu požadujeme a typ dat, ze kterých má být model vytvořen.

Rozdílné je využití GIS a CAD. Při modelování větších území s velkým počtem objektů a tam, kde není třeba detailní znázornění prvků, ale celková představa o daném území, je výhodnější použít GIS software. Naopak při modelování terénu a prvků na něm s větší podrobností a detailem (zejména malá území) se lépe osvědčují CAD systémy (Šleisová 2005).

4.2. Export 3D modelů z GIS/CAD do formátů VRML/ X3D

Převod 3D modelu do formátu VRML je obvykle softwary pro práci s 3D geografickými daty podporován. Export 3D modelu do formátu X3D zatím GIS a CAD softwary nepodporují. Zhotovený 3D model lze nejdříve z GIS/CAD exportovat do VRML a poté převést do X3D pomocí převodníku VRML – X3D. Tento převodník je možné získat na stránkách Web 3D Consortia (<www.web3D.org>).

4.3. Způsoby prezentace 3D modelu v jazyce VRML a X3D

4.3.1. Způsoby prezentace digitálního modelu terénu (DMT)

„Digitální modely reliéfu (DMR, digitální model terénu – DMT, Digital Elevations Model – DEM) jsou datové struktury a pro ně speciálně sestavené programy pro prezentaci zemského povrchu v jejich trojrozměrné podstatě.“ (Voženílek 1998, s. 15 - 16).

Model terénu zobrazuje povrch jako plochu vytvořenou z diskretních bodů. V závislosti na pravidelnosti rozmístění bodů lze povrch zobrazit pomocí pravidelné (např. rastr) nebo nepravidelné (např. nepravidelná trojúhelníková síť TIN – Triangulated Irregular Network) sítě. Jinou možností je proložení diskretních bodů geometrickou plochou (např. tzv. spline plochou) (Šleisová 2005).

K popisu geometrie modelu terénu lze v jazyce VRML použít dva uzly - IndexedFaceSet (Množina ploch) a ElevationGrid (Výšková mapa). Oba uzly lze také použít k popisu terénu v X3D. Součástí X3D je uzel IndexedTriangleSet, který může být k reprezentaci terénu také použit. Jazyk X3D navíc disponuje komponentou NURBS, která poskytuje nástroje pro popis spline geometrie; popsán bude uzel NurbsPatchSurface.

IndexedFaceSet

Uzel IndexedFaceSet dovoluje definovat zcela obecné těleso nebo libovolně zakřivenou plochu pomocí zápisu malých „plošek“, které objekt pokrývají (Žára 1999). Pokud jsou „plošky“ tvořeny trojúhelníky, odpovídá plocha popsána v uzlu IndexedFaceSet modelu TIN.

Popis geometrie objektu se skládá z pole Coordinate, kde jsou uloženy souřadnice všech vrcholů, a z pole indexů nazvaném CoordIndex. Indexy slouží k identifikaci vrcholů. Každou plošku je možné definovat pomocí indexů, které odpovídají jejím vrcholům.

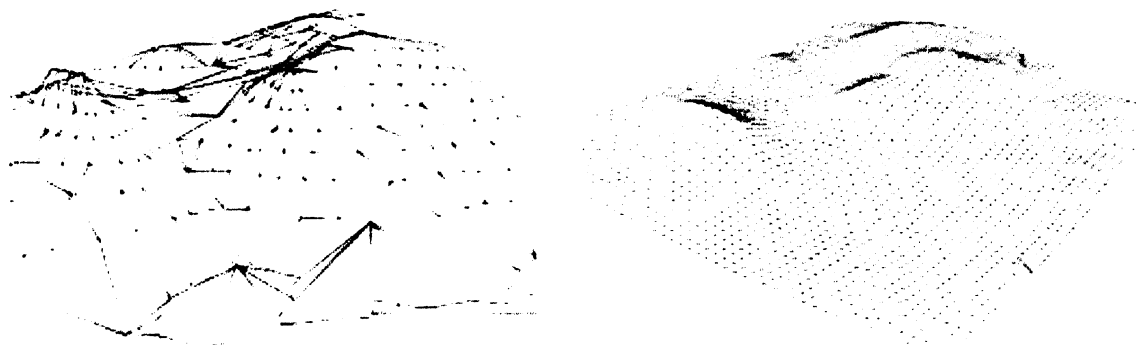
IndexedTriangleSet

Uzel `IndexedTriangleSet` definuje plochy obdobným způsobem jako uzel `IndexedFaceSet`. Hlavním rozdílem je, že uzel `IndexedFaceSet` dovoluje popsat „plošku“ libovolným počtem vrcholů, zatímco uzel `IndexedTriangleSet` má k dispozici pouze trojúhelníky.

Uzel ElevationGrid

Uzel `ElevationGrid` slouží k vytvoření plochy, která je definována pravoúhlou sítí vrcholů s příslušnými hodnotami výšek. Pomocí parametrů `xDimension` a `zDimension` lze zadat počet vrcholů sítě ve směru `x` a `z`, pomocí parametrů `xSpacing` a `zSpacing` lze nastavit hodnoty pravidelných vzdáleností mezi vrcholy ve směru osy `x` a `z` (prostorové rozlišení modelu). Parametr `height` je tvořen polem výšek všech vrcholů sítě. Plocha popsaná uzlem `ElevationGrid` je automaticky umístěna do roviny `xz`. Porovnání uzlů `IndexedFaceSet` a `ElevationGrid` ukazuje obrázek č. 4.1.

Obrázek č. 4.1: Model terénu zobrazený uzlem `IndexedFaceSet` a uzlem `ElevationGrid`



Zdroj Havrlant (2002)

Z předchozího popisu vyplývá, že uzel `IndexedFaceSet` je vhodnější pro reprezentaci modelu TIN a uzel `ElevationGrid` je vhodnější pro popis modelu, který byl před exportem ve formě rastru. GIS softwary tuto skutečnost při exportu 3D modelu do formátu VRML obvykle zohledňují.

Modely tvořené uzlem `IndexedFaceSet` a `ElevationGrid` se v mnoha ohledech liší. V závislosti na požadavcích na výsledný model je nutné rozhodnout, který z uzlů je vhodné použít. Podrobně zpracovává tuto problematiku Knížová (2006). Přehled předností a

nedostatků prezentace modelu terénu pomocí uzlů IndexedFaceSet a ElevationGrid ukazuje tabulka č. 4.2.

Tabulka č. 4.2: Přednosti a nedostatky prezentace modelu terénu pomocí uzlů IndexedFaceSet a ElevationGrid

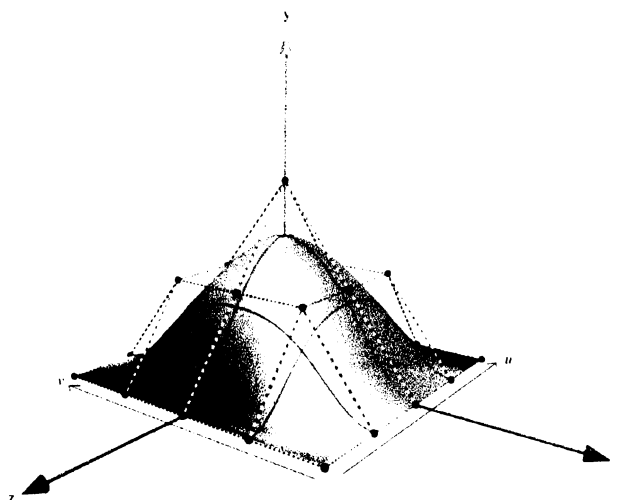
schopnost uzlu	IndexedFaceSet	ElevationGrid
znázornění území jakéhokoli tvaru	+	-
zobrazení jakéhokoli terénního detailu či tvaru (např. převisu)	+	-
zohlednění zakřivení Země a elipsoidu	+	-
generalizace	-	+
tvorba modelu o více rozlišeních (integrování modelu v uzlu LOD)	+	-
georeference, shodnostní transformace	-	+
mapování textury na model	-	+
vyhlazení modelu	-	+
efektivita popisu krajiny z hlediska objemu dat	+	-
menší objem dat	-	+
vyšší rychlost zobrazování ve VRML	+	-
integrace vektorových dat	+	-

Zdroj: Knižová (2006)

NurbsPatchSurface

Uzel NurbsPatchSurface slouží k znázornění modelu terénu pomocí NURBS plochy. „Tvar této plochy je určen řídicí sítí bodů podle stanoveného parametru (řádu – order). Jeho znázornění ukazuje obrázek č. 4.2.

Obrázek č. 4.2: Povrch tvořený uzlem NurbsPatchSurface



Zdroj: <<http://www.web3d.org/x3d/specifications/>>

Plocha je matematicky definována polynomickou funkcí a hodnota řádu je přirozené číslo (nabývající hodnot od 2 do 15), které udává počet členů polynomu. Je-li řád roven číslu 2, je tvar plochy totožný s její řídicí sítí. Čím je řád vyšší, tím je daná plocha hladší“ (Sýkora 2001).

Řídicí body, které jsou základem popisu geometrie modelu, jsou uloženy v poli parametru controlPoint. Hodnoty řádu jsou definovány parametry uOrder a vOrder. Dvojice uzlových vektorů (*knot vectors*), které mají na tvar NURB ploch stejně významný vliv jako souřadnice řídicích bodů, udávají parametry uKnot a vKnot.

4.3.2. Způsoby prezentace modelu budov

Dle účelu modelu zástavby jsou vytvářeny modely s různou podrobností. Model budovy může mít podobu jednoduchého tělesa nebo může být tvořen množinou ploch.

Poměrně komplikovanou část zpracování modelů budov představuje znázornění střech. Různorodé a komplikované tvary střech jsou obvykle nahrazovány jednoduššími tvary.

Ve VRML a X3D existuje pro popis nepravidelných těles již uvedený uzel IndexedFaceSet. Pokud je budova reprezentována jednoduchým geometrickým tvarem, lze použít uzel Box (Kvádr).

4.3.3. Způsoby vizualizace kartografických znaků

Bodové prvky

Vytvořit bodový znak lze v jazycích VRML a X3D pomocí uzlu PointSet (Množina bodů). K definování bodů stačí pouze uvést jejich souřadnice, případně barvy. Zobrazené body mají velikost pouze jednoho pixelu, která se se změnou měřítka nemění. Body není možné otexturovat a osvětlovat, nelze na ně použít odkaz a nejsou testovány na kolize.

K vizualizaci bodových objektů je možné použít i jiné metody. Jednou z nich je reprezentace objektu jednoduchými tělesy nebo skupinou těles. Bodový znak může být reprezentován pomocí uzlu Sphere (Koule), Cone (Kužel), Box (Krychle), Cylinder (Válec) nebo jejich kombinací.

Jinou možností je použití uzlu Billboard. Tento uzel umožňuje natačení objektu nebo skupiny objektů v závislosti na pohybu pozorovatele. Umístěním rastrového obrázku do tohoto uzlu je 3D objekt zjednodušen na transparentní rovinnou plochu, která je natačena

podle pohybu pozorovatele. Vzniká tak dojem, že objekt je trojrozměrný, přestože tomu tak není.

Liniové prvky

VRML a X3D poskytují pro popis linií uzel IndexedLineSet (Množina čar). X3D navíc poskytuje uzel LineSet (Množina čar) a NurbsCurve (Nurbs křivka).

Linie ve VRML mají, podobně jako výše uvedené body, šířku jeden pixel. Stejně tak se šířka čáry se změnou měřítka nemění, linie není možné otexturovat, nejsou ovlivněny světlem, nelze je použít jako odkaz a nepodléhají kolizím s avatarem. Jazyk X3D poskytuje uzel LineProperties (Vlastnosti čáry), pomocí kterého lze nastavit typ a šířku linie.

Alternativou linií je uzel Extrusion (Opláštění). Uzel je určen pro popis objektů, jejichž povrch vznikne postupným přesouváním dvourozměrného profilu po křivce v prostoru (Žára 1999). Profil může mít v každém řídicím bodě křivky, po které je posouván, jinou velikost a orientaci. Použití tohoto uzlu poskytuje široké možnosti při navrhování liniového znaku. Pro složitější návrhy je ovšem podmínkou pravidelné rozmístění řídicích bodů.

Plošné prvky

3D plošné prvky lze v modelu vytvořit několika způsoby. Prvním z nich je použití uzlu Extrusion. V tomto případě je přesouvaným profilem 2D polygon reprezentující plošný prvek. Profil je tažen podél osy y do požadované výšky.

Obrázek č. 4.3: Ukázka dvou způsobů prezentace 3D plošných znaků



Zdroj: Šleisová (2005)

Dalším způsobem je ořez 3D modelu terénu dle profilu. Šleisová (2005) používá tuto metodu pro tvorbu 3D modelu silnice a řeky. Oříznuté části modelu terénu lze ve VRML a X3D prezentovat pomocí uzlu IndexedFaceSet. Obě uvedené možnosti jsou vidět na obrázku č. 4.3. Les je vytvořen vytažením profilu, zatímco řeka a silnice ořezem terénu.

Komponenta NURBS přichází se způsobem ořezu modelu přímo v X3D souboru pomocí uzlu NurbsTrimmedSurface, ve kterém je definována plocha NURBS i profil, podle kterého je oříznuta.

2D prvky

Jazyk X3D poskytuje řadu možností pro popis 2D geometrie. Komponenta 2D Geometry (2D Geometrie) a NURBS obsahuje uzly pro popis dvourozměrných čar, křivek, bodů, kruhů (nebo jejich částí), obdélníků a trojúhelníků. Tyto prvky lze výhodně uplatnit v kartografických modelech s vyšší mírou abstrakce a k prezentaci 2D map ve virtuálním prostředí.

4.3.4. Následující úpravy 3D modelu ve formátu VRML a X3D

Definování geometrie terénu je pouze jednou z částí procesu tvorby VRML a X3D souboru z geografických dat. Dále je nutné definovat vzhled objektů a doplnit prvky, které dokreslují iluzi prostoru. K popisu vzhledu objektů je určen uzel Appearance (Vzhled), který dovoluje definovat dva možné vzhledy povrchu těles: barvu a texturu. Při prezentaci geografických dat se uplatňují VRML uzly Material (přiřazení barvy) a ImageTexture (přiřazení textury). X3D navíc poskytuje uzel MultiTexture, který dovoluje přiřadit více samostatných textur jednomu tělesu. Mezi prvky, které slouží k dokreslení iluze prostoru, patří světlo, zvuk, pozadí a mlha.

4.4. Uložení VRML/X3D modelu v databázi

Uložení 3D modelu v souboru VRML/X3D není z hlediska správy a organizace dat příliš výhodné. Projekty v oblasti kartografie a GIS upřednostňují uložení trojrozměrných dat v databázi a dynamické generování 3D modelů z těchto dat.

Vývoj GIS směřuje k SŘBD, ve kterých jsou společně spravována prostorová i neprostorová data. Tato integrovaná architektura SŘBD upřednostňuje společné uložení

prostorových a neprostorových objektů před uložením georeferencovaných objektů a připojených sémantických informací (Held a kol. 2004).

Dochází ke zvyšování počtu SŘBD, které podporují prostorová data a nástroje pro prostorové analýzy v souladu s OGC specifikacemi (Ingres, Informics, Oracle, MySQL, atd.) (Held a kol. 2004). Podpora je obvykle řešena extenzí, která podporuje uložení, vyhledávání, dotazování a aktualizaci jednoduchých prostorových znaků (bodů, linií a polygonů). Zvyšuje se také počet GIS/CAD extenzí pro práci s prostorovými daty uloženými SŘBD.

Až na výjimky ovšem většina řešení není schopna pracovat s 3D prostorovými objekty. Prostorové analýzy v GIS a DBMS jsou omezeny dvěma rozměry a pouze vizualizace probíhá ve 3D (Vries a Stoter 2003).

Podle Zlatanové (1999) by databáze, která je určena pro webové 3D aplikace, měla splňovat tyto základní požadavky:

- správa tematických a prostorových dat pro každý objekt
- správa fyzických vlastností objektů (materiál, textura)
- podpora prostorové analýzy
- možnost poskytovat data pro vizualizaci ve VRML
- správa parametrů popisujících chování objektu

5. WEBOVÉ APLIKACE PRO PREZENTACI 3D GEODAT

Problematikou webových aplikací pro prezentaci 3D geodat se zabývá řada autorů, kteří během vývoje problematiky navrhli různé způsoby řešení. Implementace základních funkcí GIS (sběr, kontrola, uskladnění, výběr, analýza, manipulace a prezentace dat) nebyla zatím uspokojivě vyřešena. Tato kapitola podává přehled základních přístupů, které byly pro tvorbu webových 3D aplikací vyvinuty. Existující přístupy lze rozdělit dle několika hledisek.

Prvním hlediskem je, zda je 3D scéna vytvářena z dat uložených v databázi na serveru nebo v souboru. Důležité je také, zda dochází ke změnám scény na straně klienta, nebo na straně serveru. Dalším hlediskem je spektrum poskytovaných funkcí. Nejčastěji jsou poskytovány funkce, které zajišťují získávání atributových informací o objektech, výběr objektů dle atributů a změny obsahu scény (přidávání/odebírání objektů). Rozhodující také je, zda je možné provádět interakce s 3D scénou, HTML stránkou (např. vyplnění formuláře) nebo oběma způsoby a zda je výsledek poskytnut ve 2D (text, mapa, tabulka, obrázek) nebo 3D formě (změna scény).

Základní schéma webových 3D aplikací je pro většinu návrhů shodné. Základem jsou tyto komponenty:

- webový prohlížeč
- prohlížeč virtuální scény
- program na straně klienta (Java applet, ECMA skript apod.)
- program na straně serveru
- webový server
- databázový server

Klient je aplikace, která je schopna komunikovat se serverem pomocí standardního webového protokolu (např. HyperText transport protocol - HTTP). Tato aplikace může mít podobu webového prohlížeče nebo samostatné aplikace (Held a kol. 2004).

Aby bylo možné prohlížet 3D data a provádět interakce se scénou, je nutné webový prohlížeč rozšířit o potřebný plugin, Java applet nebo obojí.

Program na straně klienta (Java applet, ECMA skript) umožňuje manipulovat s VRML/X3D scénou, měnit ji a aktualizovat. Pokud je použit přístup, který využívá uložení

3D modelu v databázi, nemusí být tento program vůbec zastoupen. V takovém případě jsou změny provedeny přímo na úrovni databáze a pozměněná 3D scéna znovu načtena.

Předávání dat mezi klientem a databází zajišťuje speciální na serveru umístěný program. Tento program je na požadavek od uživatele spuštěn webovým serverem jako samostatný proces. K jeho napsání lze dnes použít řadu technologií – Common Gateway Interface (CGI), Active Server Pages (ASP), PHP, Java Servlet a Java Server Pages (JSP). Programy přebírají data zadaná uživatelem, zpracovávají je a jako výsledek vytvářejí většinou HTML stránky. Tyto dynamicky vytvořené stránky pak WWW server posílá zpět klientovi.

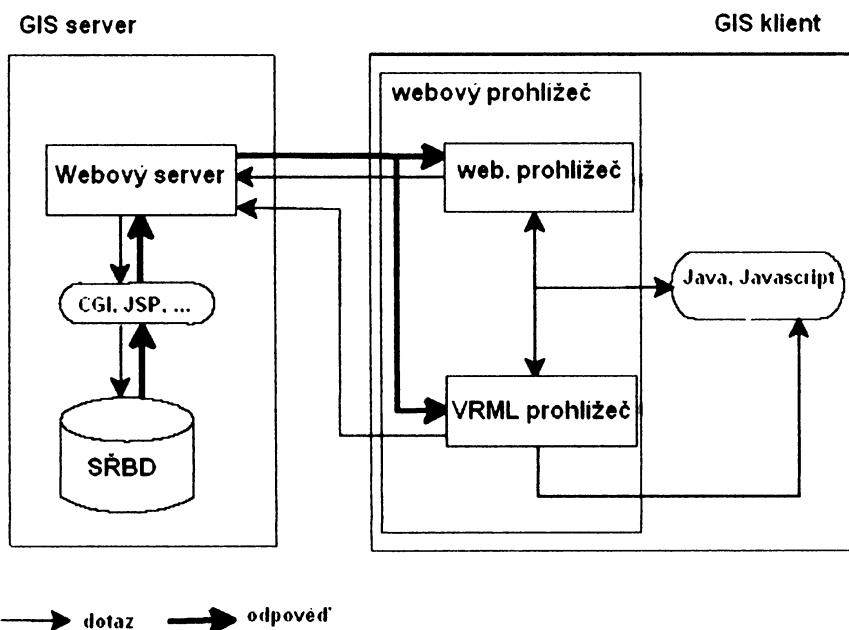
Webový server je počítač, který zpracovává požadavky klienta a poskytne požadovanou webovou stránku nebo jiný dokument.

Databázový server je software pro ukládání, organizaci, vyhledávání a poskytování dat v databázi. Jedná se v podstatě o SŘBD, který je nepřetržitě spuštěn jako služba (ve Windows NT), očekává požadavky od klientů (ostatních aplikací) a odpovídá na ně (Kosek 1999).

Celé schéma ukazuje obrázek č. 5.1. Webový prohlížeč a VR prohlížeč zajišťují zobrazení webové stránky a virtuální scény. Na základě interakce uživatele s webovou stránkou, 3D scénou nebo programem na straně klienta je aktivován program na straně serveru. Ten zajistí zpracování vstupních údajů, výměnu dat s databází a

- 1) vytvoření nové 3D scény nebo HTML stránky
- 2) předání dat programu na straně klienta, který provede patřičné změny.

Obrázek č. 5.1: Základní schéma webových aplikací prezentujících geodata ve VRML



Zdroj: Zlatanova (1999)

Jednotlivá konkrétní řešení používají široké spektrum technologií. Mohou proto používat i jiné komponenty nebo naopak některé nepoužívat. Zvláštní skupinu tvoří řešení, která do své architektury zahrnují GIS softwary. Prototypem tohoto přístupu je aplikace GeoV&A, kterou prezentuje Huang a kol. (2000). Vries a Zlatanova (2004) navrhli přístup, který využívá webovou službu OpenGIS Consortia (OGC) Web Feature Service (WFS). Oběma typům řešení bude v kapitole věnována samostatná část. Stejně tak budou v kapitole popsány standardy OGC Web Terrain Service (WTS) a Web 3D Service (W3DS), které slouží ke přístupu a sdílení 3D geografických dat.

5.1. Řešení se zpracováním na straně klienta

SALIX (Helwit 2004)

Projekt Salix využívá uložení 3D modelu ve VRML souboru i v databázi, rozhraní EAI a Java aplety. Autoři svoji aplikaci zaměřili na krajinné plánování. Uživatel může otevřít již vytvořené návrhy parku nebo si vytvořit vlastní. Do návrhu je možné vkládat stromy, přemísťovat je, odebírat a nebo simulovat jejich růst. Terén je uložen ve VRML souboru, vkládané objekty v databázi (MS Acces). Řešení soustředí všechny operace na stranu klienta.

Přístup do databáze je zajištěn přímým spojením Java apletu s databází. Pro každý návrh existuje v databázi tabulka, která obsahuje informace o poloze vložených objektů. Dále v databázi existuje tabulka obsahující všechny objekty, které je možné do návrhu vložit, a jejich vlastnosti.

Výhodou aplikace je množství funkcí i jejich pokročilost. Značnou nevýhodou je však přímá komunikace mezi apletem a databází, která je v praxi obtížně realizovatelná.

5.2. Řešení se zpracováním na straně serveru

Řešení Zlatanova (1999)

Tento přístup využívá technologie HTML a CGI (Perl a C++). K vizualizaci 3D modelu je použit formát VRML, veškerá data jsou uložena v databázi.

Aplikace poskytuje funkci získávání informací o objektu a výběr objektů pomocí SQL dotazu. Poklepáním na objekt 3D modelu, nebo vyplněním formuláře v HTML stránce je

spuštěn CGI skript na serveru. Ten zpracuje vstupní informace, získá požadovaná data z databáze a zajistí vytvoření HTML stránky/VRML scény a jejich odeslání klientovi.

Zlatanová a Gruber (2000) rozšiřují schéma o skripty psané v jazyce Javascript, které slouží k ovládání scény na straně klienta. Aplikace poskytují možnost zobrazení výsledku dotazu v podobě 3D grafiky i textu.

Řešení autorů Vries a Stoter (2003)

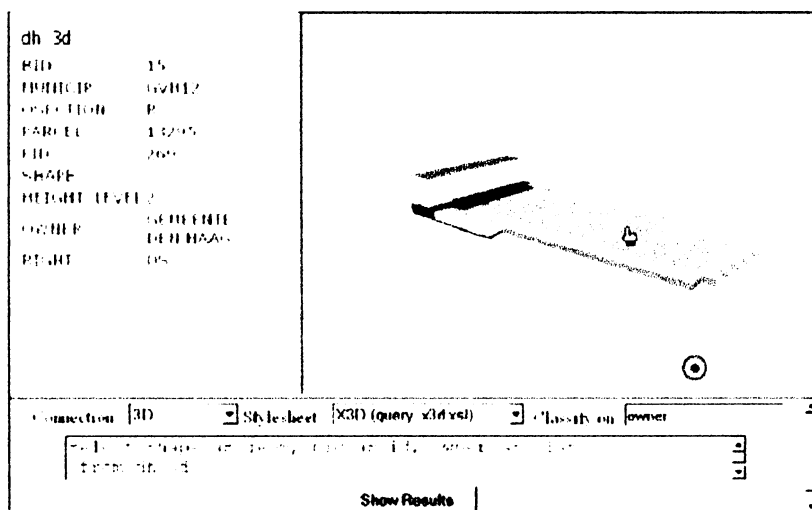
Toto řešení je obdobné předchozímu. Rozdílné je použití formátu X3D oproti VRML a Servletů oproti CGI. Prostorová i neprostorová data jsou uložena v jedné databázi. Změny 3D scény jsou prováděny v databázi, poté jsou data transformována do podoby X3D modelu.

Uživatelův požadavek aktivuje XSQL stránku, která je následně zaslána XSQL servletu. Ten zajišťuje komunikaci s databází, provedení dotazu a hlavně zpracování výsledků dotazu do formátu XML. Tento výsledek je zaslán zpět klientovi, kde je pomocí transformačního softwaru eXtensible Stylesheet Language for Transformations (XSLT) převeden do formátu X3D a následně načten do X3D prohlížeče.

Metoda umožňuje obdobným způsobem získat výsledky dotazu také v podobě 2D modelu a HTML stránky obsahující tabulky s atributovými informacemi. Ukázkou uživatelského rozhraní představuje obrázek č.5.2.

Řešení je výhodné vzhledem ke své platformní nezávislosti servletu. Technologii XSQL lze navíc použít také pro komunikaci s jinými databázemi (např. MySQL).

Obrázek č. 5.2: Ukázka řešení využívající formát X3D, Java Servlety a XSQL



Zdroj: Vries a Stoter (2003)

5.3. Řešení využívající GIS software

GeoV&A (Huang a Lin 2000)

Řešení využívá software ArcView a extenze 3D Analyst a Internet Map Server. Pro prezentaci 3D scény je použit formát VRML. Na straně serveru je ArcView IMS rozšířen pomocí jazyka Avenue. Komunikace mezi klientem a Avenue programy zajišťuje CGI script.

Nástroje, které aplikace poskytuje lze rozdělit do dvou skupin – nástroje pro vizualizaci a pro 3D prostorovou analýzu (analýza viditelnosti a tvorba profilů). Na straně klienta uživatel komunikuje prostřednictvím formuláře v HTML stránce. Na straně serveru je sada programů napsaných v jazyce Avenue, které zpracovávají uživatelem zadané parametry, a zajišťují vizualizaci a analýzy. 3D vizualizace i analýzy jsou prováděny na základě 2D dat. Výsledek je možné vizualizovat v podobě 2D mapy nebo VRML scény.

5.4. Řešení využívající webové služby OGC

OGC je nezisková mezinárodní organizace, která se zabývá vývojem standardů v oblasti geo-aplikací (<<http://www.opengeospatial.org>>). Na jejím založení v roce 1994 se podílely společnosti produkující i využívající GIS software, univerzity a vládní organizace. Cílem OGC je vytvoření otevřeného, rozšiřitelného a standardizovaného rozhraní mezi jednotlivými komponenty (softwarovými produkty) GIS (<<http://www.opengeospatial.org>>).

Mezi standardy definované OGC patří mimo jiné webové služby Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS) a datový formát Geography Markup Language (GML). Pro poskytování trojrozměrných dat jsou určeny služby Web Terrain Service (WTS) a Web 3D Service (W3DS). Webové služby OGC představují standardizovaná, na platformě nezávislá rozhraní pro přístup a sdílení (případně manipulaci) geografických dat z různých serverů.

Řešení autorů Vries a Zlatanova (2004)

Řešení autorů Vries a Zlatanova (2004) využívá standartu WFS, jazyka GML, X3D a programu XSLT. Základem řešení je výměna dat mezi klientem a serverem ve formátech založených na XML. Prostorová data i atributová data jsou uložena v databázi na serveru.

Služba WFS dovoluje klientům přistupovat prostřednictvím internetových GIS ke geografickým datům ve vektorovém formátu (GML) a manipulovat s nimi na úrovni jednotlivých prvků (Menninger 2006).

Výstupem služby WFS je XML proud vektorových dat. K popisu těchto dat je používán formát GML, který byl vyvinut OGC konsorciem a je založen na formátu XML. GML přebralo od XML veškeré vlastnosti – nezávislost na platformě, syntaxi značkovacího jazyka, otevřenost apod. (<<http://www.gis.zcu.cz>>).

K převodu dat do grafického formátu dochází na straně klienta. Nejčastěji jsou data ve formátu GML převedena do vektorového formátu SVG (Scalable Vector Graphic).

Přestože WFS je primárně určen pro prezentaci 2D geografických dat, autoři jej úspěšně použili pro 3D prezentaci. Výsledky jejich práce ukazují, že řešení je vhodné pro interakci s 3D modelem, dotazování a prostorové analýzy.

Prostředníkem mezi databází a klientem je WFS server. WFS server zpracuje uživatelův požadavek, dojde k výměně dat s databází a výsledek je ve formátu GML zaslán klientovi. Na straně klienta jsou data převedena pomocí XSLT z GML do X3D a vizualizována pomocí X3D prohlížeče. Uživatelské rozhraní aplikace bylo vytvořeno pomocí HTML stránky a jazyka Javascript.

5.5. Standardy OGC pro prezentaci 3D geografických dat

Služba Web Terrain Service (WTS)

Tato služba představuje standardní rozhraní pro získávání 3D scén ze serveru. WTS vychází ze služby WMS - je jejím rozšířením pro práci s 3D daty.

Přes WMS lze v internetovém GIS přistupovat ke vzdáleným geodatům, zobrazovat je ve formě rastrového obrázku, případně provádět jednoduché dotazy (Menninger 2006).

Zobrazený pohled nebo 3D scéna je definován jako 2D projekce 3D objektů na plochu. Stejně jako WMS i WTS prezentuje data ve formě rastrového obrázku.

Služba je vhodná především pro prezentaci 3D pohledů. Pro ostatní účely – navigaci skrze 3D scénu, získávání informací o objektech a prostorové analýzy – není WTS vhodná. Při navigaci je nutné vygenerovat řadu obrázků, což vede k neustálé výměně dat se serverem (provoz je velmi pomalý) (Vries, Zlatanova 2004).

Služba Web 3D Service (W3DS)

Tato služba je zatím ve fázi vývoje a dosud nebyla standardizována. Je službou pro sdílení a prezentaci 3D geografických dat na webu. Na rozdíl od WTS je základním výstupním formátem této služby VRML, případně GeoVRML a X3D. To umožňuje zkoumání a pohyb uvnitř 3D scény.

Na druhé straně využití jazyků VRML, GeoVRML a X3D znesnadňuje získávání atributových informací o objektech scény. V současnosti služba neumožňuje dotazování na vstupní geodata. Do budoucna je uvažováno rozšíření služby o následující funkce:

- funkce pro dotazování na interaktivně vybrané objekty ve 3D scéně
- podpora grafických prvků zajišťujících realističnost
- možnost předdefinovat cestu („průlet“) 3D scénou
- možnost ovlivňovat grafický styl znázorněných 3D objektů uživatelem pomocí SLD (Menninger 2006)

6. NÁVRH A ZHOTOVENÍ INFORMAČNÍHO SYSTÉMU CENTRA MĚSTA VSETÍN

Praktickou částí diplomové práce je vytvoření webové 3D aplikace s názvem Informační systém centra města Vsetín. Aplikace je určena především návštěvníkům města, kteří jejím prostřednictvím mohou získat základní informace o městě. Informační systém by měl poskytovat uživatelům možnost virtuální prohlídky města, vyhledávání budov, služeb a zajímavých míst a získávání informací o budovách.

6.1. Návrh aplikace

Při návrhu aplikace byl z hlediska funkcí kladen hlavní důraz na propojení 3D modelu s databází. Aplikace by měla splnit následující požadavky:

- zajistit vizualizaci 3D modelu části města
- obsahovat základní funkce pro pohyb a navigaci v 3D modelu
- obsahovat nástroje pro změnu obsahu 3D scény (přidávání/odebírání prvků)
- obsahovat nástroje pro získávání informací
- obsahovat nástroje pro vyhledávání objektů
- obsahovat nástroj pro určování souřadnic polohy avatara

Z hlediska použitých technologií byl kladen důraz na dostupnost výsledné aplikace. Prokázalo se, že uživatelé často nejsou ochotni instalovat prohlížeč nebo jiný program na svém počítači za účelem prohlížení 3D scény (<www.blaxxun.com>, Knížová 2006). Webové 3D aplikace jsou navíc často vázány na konkrétní VRML prohlížeč a internetový prohlížeč. Požadavkem bylo snížit závislost aplikace na vybavení uživatelova počítače na minimum.

K vizualizaci 3D modelu byl použit formát VRML. Z hlediska uložení 3D modelu byl zvolen způsob, kdy je model předem vytvořen a zapsán ve VRML souboru. V databázi jsou uložena pouze atributová data.

Základem uživatelského rozhraní je webová stránka psaná v jazyce HTML 4.01. Aplikace využívá VRML prohlížeč Blaxxun3D, který je založen na jazyce Java, a jeho externí aplikační rozhraní. Změny scény probíhají na straně klienta. Nástroje sloužící k interakci se

scénou byly vytvořeny v jazyce Java a jsou realizovány prostřednictvím apletů, JSP stránek a servletů. Atributová data jsou uložena v softwaru MySQL 4.1.

6.2. Vymezení území

Aplikace byla vytvořena pro vybranou oblast v centru města Vsetín. Zájmové území má velikost 828 × 975 m a obsahuje 273 budov.

Město Vsetín se nachází v okrese Vsetín ve Zlínském kraji. Zároveň se nachází ve Vsetínské vrchovině a z velké části se rozprostírá v rozšířeném údolí Vsetínské Bečvy a jejích přítoků. První písemná zmínka o městě pochází z roku 1308, kdy bylo převedeno z majetku řádu templářských rytířů do nájmu Voka z Kravař (<www.mestovsetin.cz>). V dnešní době je Vsetín okresním městem a významným hospodářským a kulturním střediskem východní Moravy. V roce 2001 měl Vsetín 29 190 obyvatel (<www.czso.cz>).

Vymezení území v centru města Vsetín bylo provedeno uměle na základě dvou požadavků. Snahou bylo získat území, které by bylo kompaktní a zároveň obsahovalo většinu

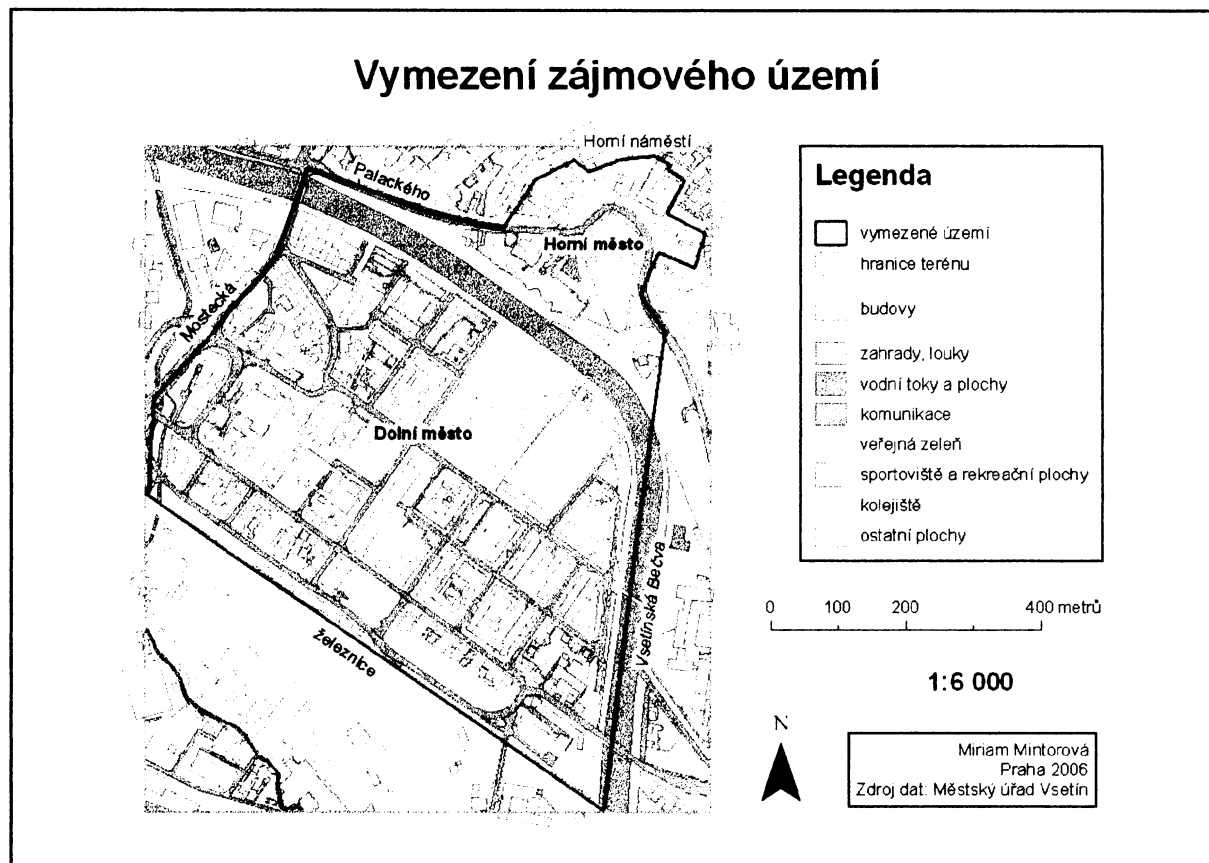
- významných objektů občanské vybavenosti,
- kulturních a památkových objektů,
- oblastí s administrativními a komerčními budovami.

Zájmové území je z jižní strany ohraničeno železniční tratí, z východní strany ulicí Moskevská, ze severní strany ulicí Palackého, Horním náměstím a ulicí Za Zámkem. Z východu území ohraničuje Vsetínská Bečva. Vymezené území představuje obrázek č. 6.1.

Převážná část území leží na pravém břehu řeky v městské části Dolní město. Jedná se o jednoznačně vymezenou oblast, která je přirozeně ohraničena železniční tratí, řekou a velkou komunikací. Je zde také soustředěna většina administrativních budov, kulturních zařízení, obchodů, bank, restaurací apod.

Některé z především kulturně významných budov města se nacházejí v městské části Horní město - na Horním náměstí a v jeho blízkosti. Jedná se o budovu zámku (umístěno vlastivědné muzeum), okresního soudu, staré radnice a kostel Nanebevzetí Panny Marie. Vzhledem ke svému významu bylo Horní náměstí do zájmového území zahrnuto, přestože s první částí netvoří kompaktní celek.

Obrázek č. 6.1: Vymezení území



Zdroj: vlastní; Zdroj dat: Městský úřad Vsetín

Pokud hranice prochází ulicí, model zahrnuje pouze budovy stojící na straně ulice směrem ke středu vymezeného území. Model terénu přesahuje vymezené území tak, aby měl pravidelný geometrický tvar. Souřadnice levého horního a pravého dolního rohu modelu terénu jsou:

- Levý horní roh: $X_1(\text{S-JTSK}) = 1\,154\,465$ m, $Y_1(\text{S-JTSK}) = 496\,508$ m
- Pravý horní roh: $X_2(\text{S-JTSK}) = 1\,155\,440$ m, $Y_2(\text{S-JTSK}) = 495\,680$ m

6.3. Použitý software

Jednotlivé kroky procesu tvorby Informačního systému byly uskutečněny v následujícím softwaru:

- vytvoření 3D modelu města - **Microstation V8**

- úpravy 3D modelu po jeho exportu do formátu VRML a vytvoření některých prvků 3D modelu - **WordPad MFC**
- prohlížení fotografií budov během modelování – **ACDSee 5.0**
- úprava dat před importem do databáze - textový editor **WordPad MFC** a **MS Excel**
- uložení a správa dat – **MySQL 4.1**
- konverze dat z formátu ESRI Shapefile do formátu DGN – **ArcMap 9.0** (Microstation V8 neumí pracovat s formátem ESRI Shapefile, ve kterém byly mapové vrstvy poskytnuty)
- k vývoji programů v jazyce Java je určen software **Java 2 SDK, SE v1.4.2_09**
- pro běh hotových programů byl použit software **Java Runtime Environment (JRE) 5.0**
- k tvorbě programů bylo použito vývojové prostředí **NetBeans 4.1**
- HTML kód byl zapsán v textovém editoru **WordPad MFC**
- k zajištění běhu aplikace byl použit webový server **Apache 2.0** a software **Tomcat 5.5**

6.4. Použitá data

V práci byla použita především geografická data. Geografická data jsou data identifikující geografickou polohu a charakteristiky přírodních a antropogenních jevů a hranic mezi nimi (<<http://www.vugtk.cz/termkom/termsl.html>>). Mají prostorovou složku (zeměpisné nebo kartografické souřadnice), vztahovou složku (vztah k ostatním jevům a objektům; topologie), tematickou složku (popisnou), časovou složku (vývoj v čase) a funkční složku (UPOL). Dále práce využívá doplňující atributová data a fotografie.

Hlavní část dat použitých pro tuto práci poskytl Městský úřad Vsetín. Jsou to:

- DMT
- mapová vrstva budov, tras městské hromadné dopravy (MHD), zastávek MHD a bloková mapa základní (BMZ)
- Základní územní identifikace (ZUZI)

Atributová data týkající se využití budov byla získána na webových stránkách Informačního centra města Vsetín. Část atributových dat společně s fotografiemi byla pořízena při terénním průzkumu.

DMT byl uložen ve formátu DGN, který uchovává data v trojrozměrné podobě. Mapové vrstvy byly obdrženy ve formátu ESRI Shapefile. Připojená atributová data byla uchována v souborech DBF (pro Shapefile). Doplnující atributová data byla uložena ve formátu TXT, fotografie byly uloženy ve formátu JPEG.

DMT byl pořízen firmou Foresta SG a.s. v roce 2003. Vznikl fotogrammetrickou metodou a doměřováním v terénu. Mapová vrstva polygonů půdorysů budov doplněná údaji o nadmořské výšce budov byla rovněž pořízena firmou Foresta SG a.s. v roce 2003. Výšky budov byly naměřeny z leteckých snímků ve výšce okapu budovy. Přesnost dat odpovídá 3. třídě přesnosti dle normy ČSN 01 34 10 - střední výšková souřadnicová chyba $m_z = 0.12$ m a střední polohová souřadnicová chyba $m_{xy} = 0.14$ m. Rozestup výškových bodů je 20 m.

BMZ je polygonová vrstva odvozená od vrstvy parcel a částečně z vnitřní kresby digitální referenční katastrální mapy – skutečného stavu. K polygonovým objektům je připojen údaj o využití (<<http://pcj331p.vsb.cz/midas>>). BMZ, která byla v práci použita, byla zhotovena společností T-MAPY v roce 2001 a rozlišuje 29 kategorií využití. V letech 2001-2005 byla postupně aktualizována.

Mapová vrstva tras MHD a zastávek byla vytvořena Městským úřadem Vsetín na základě terénního průzkumu a jízdních řádů.

ZUZI, která byla použita pro tuto práci, byla vytvořena a v roce 2005 naposledy aktualizována společností T-MAPY. Základem ZUZI jsou soubory adres, budov a ulic. Soubory katastrálních území, urbanistických obvodů, městských částí a uličních úseků slouží pouze pro odkazy ze souboru adres a budov na územní identifikátory. Nejdůležitější částí ZUZI je z hlediska využití adresa ve smyslu bydliště nebo sídla organizace (<<http://www.premis.cz/adrsys/Cesky/help.htm#VyznamZUZI>>). Použitá identifikace obsahuje mapové vrstvy budov a adresních bodů (ESRI shapefile) a databázové tabulky ulic, uličních úseků, městských částí, urbanistických obvodů a katastrálních území (DBF). Mapová vrstva budov reprezentuje veškeré stavební objekty v území. Polygony budov vznikají primárně z digitální katastrální mapy převzaté od Katastrálního úřadu. Dále vrstva doplňována pomocí technické mapy a ortofotomapy.

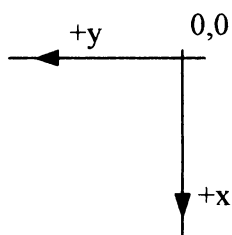
Atributová data získaná ze stránek Informačního centra obsahují název a adresu objektů - památek, služeb, vzdělávacích a zdravotnických zařízení apod.

Fotografie, které byly pořízeny při terénním průzkumu (celkem 564 fotografií), jsou dvojího typu. První typ byl určen k modelování budov v programu MicroStation V8. Cílem těchto fotografií bylo co nejlépe vystihnout tvar budovy. Druhou skupinou byly fotografie, které mají ve výsledné aplikaci ilustrační charakter.

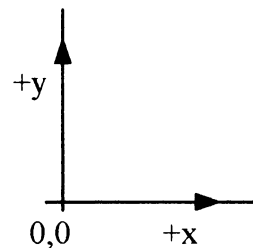
Všechna geografická data jsou v souřadném systému S-JTSK (systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální), výškový systém je Výškový systém baltský po vyrovnání.

Uspořádání os souřadného systému S-JTSK ukazuje obrázek č. 6.2. Protože MicroStation V8 standardně využívá pravotočivý kartézský souřadnicový systém (obrázek č. 6.3), je pro systém S-JTSK v tomto softwaru využívána kresba ve třetím kvadrantu (<http://www.geosop.cz/download/tp_d1_2002.doc>).

Obrázek č. 6.2: Souřadnicový systém S-JTSK



Obrázek č. 6.3: Souřadnicový systém MicroStation



Zdroj obou obrázků: <http://www.geosop.cz/download/tp_d1_2002.doc>

Tímto způsobem v Microstation odpovídá souřadnice -x ve výkresu souřadnici Y v S-JTSK a souřadnice -y výkresu odpovídá souřadnici X v S-JTSK. Transformační vztah mezi souřadnicemi určuje rovnice:

$$(x, y)_{\text{Microstation}} = (-Y, -X)_{\text{S-JTSK}}$$

6. 5. Použité metody

6. 5. 1. Metody tvorby VRML modelu části města

Metody prezentace modelu terénu, modelu budov a kartografických znaků v jazyce VRML byly popsány v kapitole č. 4. V této práci byl použit především uzel IndexedFaceSet množina ploch - k reprezentaci modelu terénu i modelu budov. Při exportu z GIS nebo CAD je TIN konvertován do uzlu IndexedFaceSet (Knížová 2006). Uzel je vhodný také pro reprezentaci modelu budov, který je složen z nepravidelných těles. Dovoluje definovat obecné těleso nebo libovolně zakřivenou prostorovou plochu (Žára 1999).

Vizualizace bodových kartografických znaků a doplňujících prvků modelu terénu byla provedena metodou, která využívá uzel Billboard. Výhodou této metody je především

realistický vzhled prvků a snadný popis prvků, které by jinak byly v jazyce VRML těžko popsatelné (Žára 1999).

Linie jsou v této práci reprezentovány uzlem IndexedLineSet. Uzel Extrusion není prohlížečem Blaxxun3D podporován (<www.blaxxun.com>). Plošné kartografické znaky byly vyhotoveny metodou, kterou ve své práci uvádí Šleisová (2005) - na základě vybraných polygonů je model terénu oříznut a rozdělen.

6. 5. 2. Metody realizace interaktivních nástrojů

Interaktivní nástroje navržené v této práci využívají externí aplikační rozhraní, které je součástí technologie Blaxxun3D. Při výběru bylo preferováno externí aplikační rozhraní, které dovoluje sestavit uživatelské rozhraní dle potřeby aplikace. Podobně jako EAI uskutečňuje toto rozhraní výměnu dat mezi VRML prohlížečem a Java apletem, který je umístěn ve stejné webové stránce (nebo rámci). Na rozdíl od klasického EAI ovšem rozhraní nevyžaduje JVM od společnosti Microsoft. Tento fakt byl jedním z hlavních faktorů, které ovlivnily výběr rozhraní.

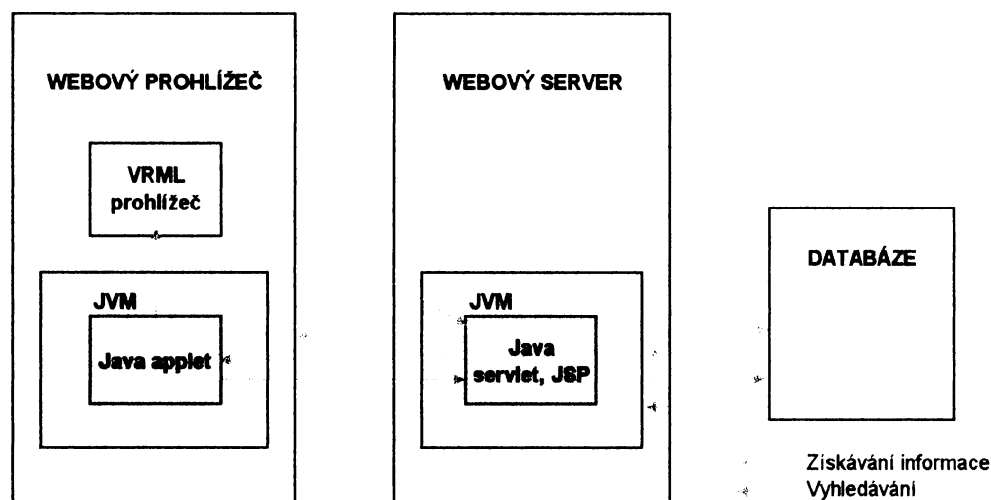
Dalším významným faktorem, který ovlivnil výběr, je schopnost technologie Blaxxun3D prezentovat 3D aplikace bez nutnosti instalace VRML prohlížeče a ve všech významných internetových prohlížečích.

6. 5. 3. Metody výměny dat mezi VRML scénou a databází

Součástí aplikace jsou dva interaktivní nástroje (Vyhledávání a Získávání informací), které požadují výměnu dat mezi VRML scénou a databází. K jejich realizaci byla použita architektura klient-server. Výměna dat je uskutečněna odlišnými způsoby, protože oba nástroje mají rozdílný charakter. Schéma obou způsobů výměny je znázorněno na obrázku č. 6.4.

Nástroj Vyhledávání používá přenosu dat mezi apletem, webovým serverem, servletem, databází a VRML prohlížečem. Aplet, jež je součástí uživatelského rozhraní, slouží k zadání požadavků uživatele a jejich odeslání webovému serveru. Webový server slouží jako prostředník mezi apletem a servletem. V okamžiku, kdy server data přijme, spustí servlet. Ten zajistí zpracování požadavku do podoby SQL dotazu, pomocí kterého získá z databáze požadovaná data. Výsledek dotazu je odeslán zpět apletu, který provede požadovanou úpravu VRML scény.

Obrázek č. 6.4: Schéma výměny dat mezi komponentami aplikace pro nástroje Vyhledávání a Získávání informací



Zdroj: vlastní

Nástroj Získávání informací používá odlišný způsob komunikace. Je založen na přenosu informací mezi prohlížečem VRML, webovým prohlížečem, webovým serverem, JSP stránkou a databází. Po poklepnání na příslušný objekt VRML scény je aktivován hypertextový odkaz na JSP stránku.

Každý objekt odkazuje na stránku s též URL adresou, která je doplněna identickým kódem objektu. Na základě kódu JSP stránka formuluje SQL dotaz, získá příslušná data z databáze a tato data začlení do svého obsahu. Kompletní JSP stránku odešle server webovému prohlížeči, který ji zobrazí.

K přenosu dat mezi klientským počítačem a webovým serverem je použit HTTP protokol. HTTP definuje určité metody, s pomocí kterých si klient a server předávají data (Procházka 2001). Mezi nejpoužívanější metody pro přenos požadavků na server patří metody GET a POST.

Pomocí metody GET jsou odesílána data zakódována do URL (v tomto případě do URL JSP stránky). JSP po svém spuštění vyjme zakódovaná data z URL adresy a zpracuje je. Příklad takového kódování ukazuje zápis [1] – kódovaná data zde představuje číslo 425. Metoda GET je vhodná k odesílání malého množství dat a také v případě, kdy data mohou být zveřejněna (Procházka 2001).

<http://tridmestovsetin.s41.eatj.com/anchorJSP.jsp?>

[1]

Pomocí metody POST je možné přenášet jakýkoli typ dat bez omezení objemu dat (Procházka 2001). Typ přenášených dat musí být uveden v parametru Content-type. Metoda POST je vhodná především pro přenášení objemných dat a v případě, kdy je nevhodné, aby kdokoli viděl jejich obsah (např. heslo). Metoda je také používána pro přenášení dat z formulářů.

Z popisu metod je zřejmé, že k realizaci nástroje Vyhledávání byla použita metoda POST a k vytvoření nástroje Získávání informací metoda GET.

Komunikace apletu s databází prostřednictvím JSP a Servletu byla zvolena z důvodu obtížné realizace přímého spojení mezi apletem a databází. Aplety jsou z bezpečnostních důvodů omezeny a nemohou provádět síťové připojení na jiný server, než ze kterého pocházejí. Podmínkou spojení mezi databází a apletem je jejich uložení na jednom serveru. V praxi je ale běžné uložení databáze na odděleném serveru.

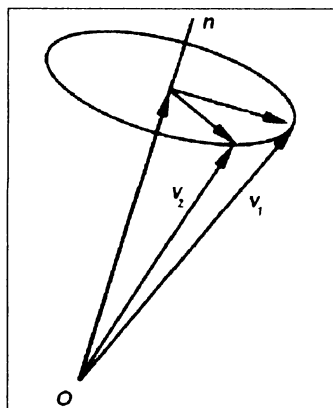
6. 5. 4. Pohyb ve scéně

Pro vytvoření funkcí pohybu ve VRML scéně byly použity poznatky lineární algebry. Pohyb ve 3D scéně byl proveden pomocí změny parametrů uzlu Viewpoint (Stanoviště). Uzel definuje umístění a pohledové charakteristiky stanoviště ve virtuálním světě (Žára 1999).

Pro uskutečnění pohybu jsou použity parametry poloha (definována souřadnicemi x, y, z) a orientace (definována ve tvaru AxisAngleOfRotation). AxisAngleOfRotation definuje orientaci ve tvaru $a(x, y, z, \alpha)$, kde x, y, z určují osu otočení a α udává velikost úhlu otočení. Základem takto definované orientace je existence základního (původního) směru, jehož vektor je otáčen. Způsob otočení představuje obrázek č. 6.5, kde v_1 je původní vektor, v_2 otočený vektor, α je úhel otočení a n osa otočení.

Ve VRML staví implicitní nastavení uzlu Viewpoint pozorovatele do bodu $[0, 0, 10]$; pohled míří automaticky do záporné osy z . Této orientaci odpovídá vektor v_1 $(0 \ 0 \ 1)$. Parametr orientation uzlu Viewpoint definuje, jakým způsobem je tento základní pohled otočen. Hlavní součástí výpočtů je získání vektoru v_2 , který orientaci a_1 ve tvaru AxisAngel odpovídá.

Obrázek č. 6.5: Schéma otočení definovaného tvarem AxisAngleOfRotation



α

Zdroj: vlastní

Výhodné je, že vektor v_1 je shodný s vektorem, který popisuje jednu z os souřadného systému. Na základě těchto poznatků lze definovat matici M , která popisuje počáteční souřadný systém:

$$[M] = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad [2]$$

Pro otočení tohoto souřadného systému podle $a_1(x, y, z, \alpha)$ platí následující rovnice (<<http://www.euclideanspace.com>>):

$$[R] = \begin{pmatrix} (1 - \cos(\alpha))x^2 + \cos(\alpha) & (1 - \cos(\alpha))xy - z \sin(\alpha) & (1 - \cos(\alpha))xz + y \sin(\alpha) \\ (1 - \cos(\alpha))xy + z \sin(\alpha) & (1 - \cos(\alpha))y^2 + \cos(\alpha) & (1 - \cos(\alpha))yz - x \sin(\alpha) \\ (1 - \cos(\alpha))xz - y \sin(\alpha) & (1 - \cos(\alpha))yz + x \sin(\alpha) & (1 - \cos(\alpha))z^2 + \cos(\alpha) \end{pmatrix} \quad [3]$$

kde x je normalizovaná x-ová souřadnice

y je normalizovaná y-ová souřadnice

z je normalizovaná z-ová souřadnice

α je úhel otočení

Z výsledné matice $[R]$ lze vyjmout vektor v_2 (r_{31}, r_{32}, r_{33}). Tento vektor je otočený původní vektor v_1 a určuje směr pohledu.

Pomocí poměru hodnot r_{31} a r_{33} jsou vypočítány hodnoty posunů, které jsou poté přičítány/odečítány od souřadnic x a y polohy stanoviště. Tím je zajištěna funkce pohybu v horizontálním směru.

Funkce pro otáčení ve VRML scéně vyžaduje další výpočty. V předchozích krocích byl zjištěn vektor, který určuje směr pohledu pozorovatele. K realizaci funkce otáčení je nutné tento směr otočit okolo osy z o určitý velmi malý úhel. Z výsledného ($2 \times$ otočeného vektoru) je nutné zpět získat tvar `AxisAngleOfRotation`, který je dosazen do parametru `orientation` uzlu `Viewpoint`. Tím je provedeno otočení. Provedení se skládá z těchto kroků:

- stanovení otáčení a_2 ve tvaru `AxisAngleOfRotation` (stanoveno bylo otočení kolem osy z o 0.00074 radiánů)
- provedení otočení původního souřadného systému, tentokrát podle a_2
- zjištění výsledného otočení, které se z předchozích otočení skládá; získat jej lze vynásobením matic podle vztahu [4] a výpočtem ze vniklé matice dle vztahů [5]:

Součinem matice $\mathbf{R} = (r_{ij})$ typu $(m \times n)$ a $\mathbf{S} = (s_{ij})$ typu $(n \times p)$ nazýváme matici $\mathbf{T} = (t_{ij})$ typu $(m \times p)$, pro jejíž prvky platí:

$$t_{ij} = \sum_{k=1}^n r_{ik} s_{kj} \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, p) \quad [4]$$

- z matice \mathbf{T} , která násobením vznikne, je vypočtena orientace a_3 (<http://www.euclideanspace.com>):

$$\begin{aligned} \alpha &= \arccos((t_{00} + t_{11} + t_{22} - 1)/2) \\ x &= (t_{21} - t_{12}) / \sqrt{((t_{21} - t_{12})^2 + (t_{02} - t_{20})^2 + (t_{10} - t_{01})^2)} \\ y &= (t_{02} - t_{20}) / \sqrt{((t_{21} - t_{12})^2 + (t_{02} - t_{20})^2 + (t_{10} - t_{01})^2)} \\ z &= (t_{10} - t_{01}) / \sqrt{((t_{21} - t_{12})^2 + (t_{02} - t_{20})^2 + (t_{10} - t_{01})^2)} \end{aligned} \quad [5]$$

kde $t_{00} - t_{22}$ jsou prvky matice $[M]$

x, y, z jsou normalizované x, y, z -ové souřadnice

α je úhel otočení

Výpočet má dvě singularity (výjimky) – pro úhel $\alpha = 0^\circ$ a $\alpha = 180^\circ$. V těchto případech je nutné výpočet upravit. Metoda jazyka Java `set(Matrix3d)`, kterou pro výpočet používám, je schopna tyto výjimky zpracovat.

Získané hodnoty a_3 definují orientaci uzlu Viewpoint po otočení. Změnou původní orientace Viewpointu na orientaci a_3 je docíleno pootočení pohledu ve VRML scéně.

6.6. Tvorba 3D modelu města

6.6.1. Tvorba modelu terénu

Základem tvorby modelu terénu byla vrstva bodů ve formátu DGN, který dovoluje uchovávat trojrozměrná data.

V softwaru Microstation V8 lze z bodové vrstvy vytvořit model terénu dvěma způsoby. První možností je použití nástroje Umístit volně tvořenou plochu, kdy je výsledkem B-spline plocha. Použití tohoto nástroje vyžaduje manuální zadání každého bodu, a proto je tento postup pro tvorbu modelu terénu větších rozměrů časově velmi náročný a pracný.

V této práci byla použita druhá metoda (<<http://www.askinga.com>>). Metoda využívá nástroje Ploška (Facet). Ten není součástí standardní nabídky nástrojů softwaru Microstation – jedná se o MDL aplikaci. MDL aplikace je aplikace vytvořená v MDL (Microstation Development Language). Součástí instalace Microstation jsou některé MDL aplikace firmy Bentley a jiných firem. Nástroj Facet je zde také obsažen.

Aplikace Facet poskytuje nástroj pro tvorbu TIN z vrstvy bodů nebo linií (vrstevnic). Dialog Facet lze vyvolat pomocí příkazového řádku vepsáním pokynu „mdl load facet;facet dialog“. Dialog nabízí nástroj Triangulate XY Points. Vzniklá plocha je v programu Microstation pojmenována jako Síť (Mesh).

Pro práci s 3D prvky nabízí Microstation dvě skupiny nástrojů: nástroje pro práci s tělesy a nástroje pro práci s plochami (3D linie jsou ovládány nástroji pro 2D prvky s použitím nástroje AccuDraw). Pro úpravu Sítě není dostupná samostatná skupina nástrojů, lze však použít nástroje pro úpravu Ploch. Při jejich použití je Síť automaticky převedena na Plochu.

Původním záměrem bylo vytvořit model terénu ve dvou provedeních: model potažený BMZ (v rastrovém formátu) a jednobarevný model. Model potažený BMZ se ovšem nepodařilo zhotovit v takové kvalitě, aby bylo možné ho použít. Již bylo zmíněno, že prohlížeč Blaxxun3D je určen k prezentaci 3D scén s menším objemem dat. Dále má tento

prohlížeč omezené možnosti práce s texturami. Prohlížeč nepodporuje opakování textur a obecně je kvalita textur (zejména pokud jsou použity obrazy s většími jednobarevnými plochami) velmi nízká. Uspokojivých výsledků se nepodařilo dosáhnout ani rozdělením modelu terénu do několika částí (tzv. dlaždic). Model terénu byl proto ponechán jednobarevný a doplněn plošnými prvky (vodní toky a významné plochy veřejné zeleně) dle metody, kterou prezentuje Šlejsová (2005).

Hotový model byl převeden do formátu VRML. Export modelu byl nastaven tak, aby souřadnice byly ponechány ve tvaru x, y, z, kde z je výšková souřadnice. Jinou možností je převedení souřadnic do VRML systému prostorových souřadnic. Zápis souřadnic x, y, z je ovšem přehlednější.

Výsledný vztah mezi souřadnicemi v Microstation a ve VRML souboru následují: x souřadnice v Microstation odpovídá x ve VRML, y souřadnice v Microstation odpovídá y ve VRML a z souřadnice v Microstation odpovídá z ve VRML.

Další úpravou modelu před exportem byl posun modelu terénu [496000,1155000,0]. Hlavním důvodem je omezení prohlížeče Blaxxun z hlediska zadávání vzdálenosti. Pokud jsou hodnoty polohy Viewpointu vyšší než přibližná hodnota 5000 m (přesná hodnota není v dokumentaci uvedena), model není zobrazen. Pro účely vizualizace modelu, který je součástí informačního systému sloužícího návštěvníkům města, lze tuto operaci považovat za přípustnou. V případě, že by byl model vytvářen pro jiný účel, pro který by bylo nezbytné zachovat původní souřadnice (např. geodetické účely), nebylo by možné tuto úpravu provést.

Ve VRML souboru je model terénu zapsán pomocí uzlu IndexedFaceSet.

6.6.2. Tvorba modelu budov

K vytvoření modelu zástavby byla použita mapová vrstva s polygony budov obsahující jejich nadmořské výšky. Dále byla použita mapová vrstva budov, která je součástí ZUZI. Tato vrstva vznikla odvozením od katastrální mapy a je doplňována pomocí technické mapy a ortofotomapy. Proto ji lze z hlediska obsahu i zákresu budov považovat za přesnější.

Prvním krokem bylo převedení mapových vrstev budov do formátu DGN. Použit byl postup převedení dat z formátu SHP do formátu DXF v programu ArcMap a následné převedení formátu DXF do formátu DGN v softwaru Microstation.

Druhým krokem byla úprava mapové vrstvy s výškami budov. Původní polygony budov obsahovaly množství výstupků, jejichž význam nebyl pro vzhled budovy podstatný. Modelováním budov na základě složitých polygonů je zvyšován objem dat výsledného

souboru. Odstraněny byly výstupky o velikosti menší, než desetina velikosti příslušné strany budovy - použité pravidlo zohledňuje význam jednotlivých výstupků pro budovy různých velikostí.

Další úpravou bylo porovnání obou dostupných mapových vrstev budov. Protože součástí výsledné aplikace je vyhledávání budov dle čísla popisného, bylo nutné obě vrstvy sjednotit. Odlišnosti mapových vrstev jsou dvojího typu:

- polygon jedné vrstvy odpovídá více polygonům ve vrstvě druhé
- polygon se nachází pouze v jedné z mapových vrstev

V prvním případě byla mapová vrstva s výškami upravována podle vrstvy územní identifikace. Výjimkou byly polygony, které splňovaly podmínky: podle katastrální mapy obsahovaly více budov, ne všechny tyto budovy měly číslo popisné a z vizuálního hlediska se jevily jako jedna budova. V tomto případě byly polygony ponechány v původní podobě.

Odlišnosti druhého typu se vyskytovaly pouze u budov typu altán, garáž nebo kůlna a byly řešeny ponecháním původních polygonů mapové vrstvy.

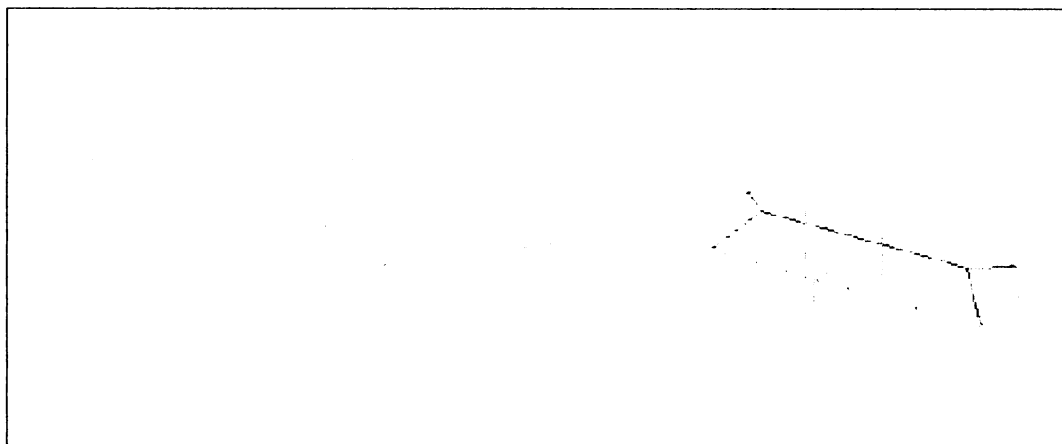
Microstation V8 nedovoluje vytvořit model budov z mapové vrstvy hromadně a jednotlivé budovy musí být modelovány samostatně. Výhodou použití tohoto softwaru je možnost modelovat budovy s vhodným tvarem střechy. Nevýhodou je časová náročnost modelování.

Výška budov, která byla součástí mapové vrstvy budov, byla naměřena ke spodní hranici střechy a uvedena ve formě nadmořské výšky.

Na základě těchto dat byly spodní části budov vytaženy do příslušné nadmořské výšky nástrojem Vytáhnout profil. Během použití nástroje je potřeba označit profil vytažení. V případě modelování budov byly těmito profily polygony budov. Pokud měla budova více částí s rozdílnou výškou, byl polygon budovy rozdělen na jednotlivé části a ty byly vytaženy samostatně. Postup modelování budov včetně této úpravy ukazuje obrázek č.6.6.

Následující úpravou byl ořez vymodelovaných těles dle modelu terénu. K tomu byla použita funkce Construct difference. Následně byly z modelu budov odstraněny spodní plochy budov. Odstraněním ploch, které uživatel nikdy nemůže spatřit, lze snížit objem dat 3D modelu a zvýšit rychlost jeho zpracování v prohlížeči (Žára 1999).

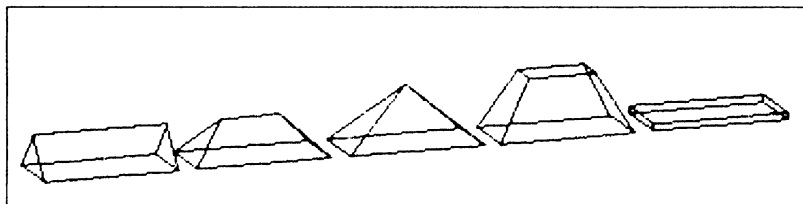
Obrázek č. 6.6: Základní postup tvorby modelu budov



Zdroj: vlastní

Výšky střech byly odhadnuty na základě terénního průzkumu a fotografií při něm pořízených. Hodnoty byly stanoveny v intervalu 0,5 – 4,5 m (po 0,5 m). Tvar střech byl také stanoven na základě poznatků a fotografií pořízených při terénním průzkumu. K modelování byly použity nástroje Vytáhnout profil, Zúžit těleso/plochu a Zkosit hrany. Zvoleno bylo pět základních tvarů střech (obrázek. č. 6.7), které byly použity buď samostatně nebo v kombinaci.

Obrázek č. 6.7: Základní typy střech

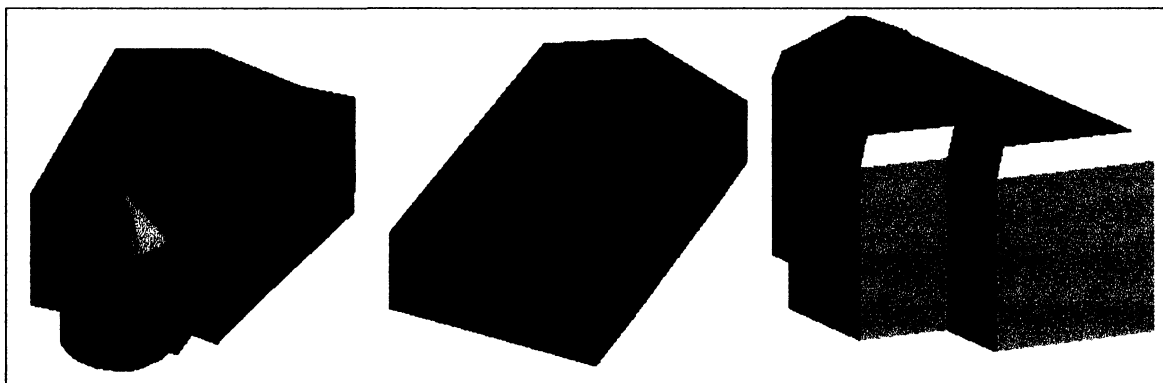


Zdroj: Vlastní

V závěru modelování byly budovám přiřazeny barvy, které odpovídají jejich skutečnému vzhledu. Obrázek č. 6.8 představuje ukázky tří modelů budov.

Model budov byl exportován obdobným způsobem jako model terénu – hodnoty souřadnic jsou zapisovány ve tvaru x, y, z a jsou posunuty. Zápis každé budovy byl vložen do samostatného uzlu Anchor. V důsledku toho budovy reagují na poklepání myši zobrazením webové stránky s informacemi. Modely budov jsou reprezentovány uzlem IndexedFaceSet.

Obrázek č. 6.8: Ukázky modelů budov



Zdroj: Vlastní

6.6.3. *Tvorba kartografických znaků a prvků modelu*

Trasy

Prezentace liniových prvků v prohlížeči Blaxxun3D je znesnadněna dvěma faktory - prohlížeč nepodporuje uzel Extrusion a liniové prvky se nezobrazují kvalitně (křivky se zobrazují přerušované). Trasy MHD proto nebyly zahrnuty do aplikace a jsou pouze součástí samostatného VRML modelu, který je k práci přiložen na CD.

K vytvoření 3D linií tras byl použit model terénu a 2D mapová vrstva tras MHD. Protože původní 2D linie se protínaly s budovami, bylo nutné je nejdříve vektorizací upravit. Linie obohacené o výškový údaj byly vytvořeny pomocí funkce Project Trim. Funkce dovoluje provést řez terénu dle linie v požadovaném směru, jehož výsledkem je buď upravený model terénu nebo křivka (v tomto případě). Výsledné 3D linie byly exportovány do formátu VRML, kde jsou prezentovány uzlem IndexedLineSet.

Stromy, zastávky, šipky a popis

Bodové prvky – stromy, zastávky, šipky a popis – byly vytvořeny obdobným způsobem jako trasy MHD.

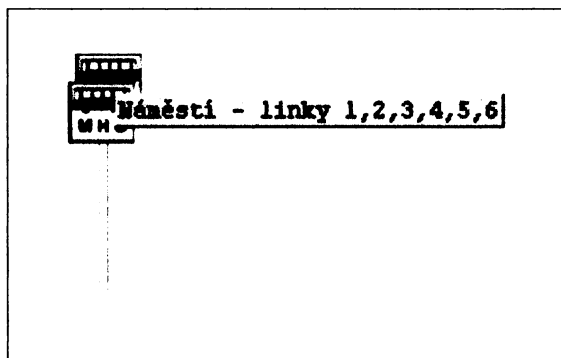
VRML zápis uvedených prvků se skládá z popisu prvku a souřadnic jeho umístění. K reprezentaci stromů, zastávek, bankomatů a popisu byl použit uzel Billboard. Šipka byla vytvořena pomocí uzlu IndexedFaceSet. Již bylo zmíněno (kapitola č. 4), že uzel Billboard umožňuje natáčení objektu nebo skupiny objektů v závislosti na pohybu pozorovatele. Prvky

jsou sestaveny z ploch tvaru obdélníka (pomocí uzlu IndexedFaceSet) a „potaženy“ texturou (fotografií nebo obrázkem).

Zatímco stromy, zastávky, bankomaty a popis jsou uloženy v souborech, zápis šipky je obsažen pouze v kódu Java apletu. Souřadnice jednotlivých pozic šipky jsou uloženy v databázi. Na základě dotazu aplet šipky do scény vkládá.

Umístění zastávek bylo provedeno na základě 2D mapové vrstvy. Souřadnice x, y byly doplněny souřadnicí z pomoci funkce Protnout těleso/povrch křivkou. Do tohoto bodu byl umístěn znak prezentující zastávky. Znaky jsou tvořeny uzly IndexedLineSet a Billboard – znak (Billboard) je umístěn v určité výši a s odpovídajícím bodem na zemském povrchu je spojen linií (obrázek č. 6.9). Pomocí uzlu Anchor je zajištěno poskytnutí názvu zastávky a informace o linkách MHD při dotknutí se znaku.

Obrázek č. 6.9: Ukázka znaku zastávky MHD



Zdroj: Vlastní

Umístění bankomatů, stromů, šipek a popisu vyžadovalo zároveň určení polohových souřadnic.

Poloha bankomatů byla určena na základě informací Městského informačního centra Vsetín a terénního průzkumu. Znak reprezentující bankomaty byl vytvořen obdobným způsobem jako znak zastávek.

Poloha a typ stromů byla určena na základě terénního průzkumu. Mapová vrstva byla vytvořena metodou vektorizace. Model stromů neposkytuje přesné vyjádření rozmístění stromů v zájmovém území; stromy mají pouze ilustrační charakter. Rozlišováno bylo 5 typů stromů: listnatý nízký, listnatý střední, listnatý vysoký, jehličnatý střední a keř.

Umístění popisu a šipek nevyžadovalo určování výškových souřadnic protnutím terénu, protože tyto prvky byly umístěny nad „zemským povrchem“. Poloha prvků byla odvozena z mapové vrstvy budov.

Plošné prvky

Vodní toky a významné oblasti veřejné zeleně byly vytvořeny metodou, kterou prezentuje Šleisová (2005). Z blokové mapy byly vybrány polygony, které představují vodní toky a významnou zeleň. Na základě polygonů byl proveden ořez modelu terénu. Plošné prvky byly vyhotoveny dvakrát – v barvě shodné s modelem terénu a v barvě odpovídající jevu, který vyjadřují. V aplikaci bude docházet k přepínání mezi oběma reprezentacemi.

6.6.4. Závěrečná úprava modelu

V závěru bylo nutné spojit jednotlivé části modelu města dohromady. Z hlediska přehlednosti je výhodné vytvořit jeden zastřešující VRML soubor, který pomocí uzlů Inline načítá jednotlivé části modelu. V souvislosti s tím nesmí být zapomenuto, že každý virtuální svět má být konstruován tak, aby jeho vložení do jiného světa neovlivnilo vlastnosti nadřazeného světa (Žára 1999). Také z hlediska rychlosti načítání scény je rozdělení výhodné. „Současné čtení více souborů bývá rychlejší než postupné zpracování jednoho rozsáhlého“ (Žára 1999, s. 174).

V případě prohlížeče Blaxxun3D se ovšem více osvědčilo načítání celého města dohromady. Proto byly vyhotoveny dvě verze VRML modelu města. VRML model použitý v aplikaci je uložen v jednom souboru (s výjimkou plošných prvků určených pro přepínání). Samostatný VRML model města přiložený na CD je strukturován pomocí uzlů Inline.

Blaxxun3D nedovoluje použít k definování pozadí texturu ani barevné přechody. Použita proto byla pouze barva – světle modrá. Osvětlení modelu je provedeno dvěma směrovými světly (uzel DirectionalLight).

Technologie Blaxxun3D obsahuje vlastní nástroj pro optimalizaci a kompresi scény s názvem bxWizard. Pomocí této technologie lze snížit objem VRML modelu na cca 5 % - 20 % dle velikosti a typu souboru. Takto upravený model má i nadále příponu .wrl a lze jej prohlížet v jakémkoli prohlížeči. Zároveň s optimalizací dojde k vytvoření HTML stránky, ve které je vložen VRML prohlížeč. Objem dat kompletního modelu města je přibližně 4,55 MB. Kompresí modelu lze dosáhnout pouze cca 250 KB.

Přestože objem dat je kompresí možné značně snížit a model tak lze použít pro webovou aplikaci, jeho načtení je poměrně náročné.

Urychlení načítání scény je možné pomocí uzlu LOD, který v závislosti na vzdálenosti zobrazuje prvky scény s různou podrobností. Bohužel, tento uzel se nepodařilo zprovoznit

přesto, že v běžném prohlížeči (Cortona) funguje správně. Problémy s použitím uzlu LOD zmiňuje i Šimánek (2006), který použil blízkou technologii. (pracovní skupina se rozdělila na dvě části a vznikla téměř totožná řešení Blaxxun3D a BS Contact J).

6.7. Tvorba interaktivních nástrojů

Tato podkapitola popisuje zpracování nástrojů, které slouží k interakci s 3D scénou.

Základem většiny interaktivních nástrojů je komunikace mezi VRML scénou a Java apletem. Jeden nástroj tuto komunikaci rozšiřuje o výměnu dat mezi zmíněným apletem a webovým serverem. Jeden z nástrojů přenos dat mezi VRML prohlížečem a apletem nepoužívá, protože VRML scéna posílá požadavek webovému serveru přímo. V případě komunikace s webovým serverem jsou použity technologie JSP a servlet.

V první části této podkapitoly bude popsána technologie Blaxxun3D a její aplikační rozhraní. Dále bude popsán jazyk Java a obecný postup tvorby apletu, který slouží k interakci se scénou. V poslední části kapitoly bude popsán postup vypracování jednotlivých nástrojů.

6.7.1. *Blaxxun3D*

Blaxxun3D patří do kategorie prohlížečů založených na jazyce Java. Jedná se v podstatě o aplet, který je společně s VRML scénou načten v okamžiku, kdy uživatel otevře webovou stránku. Pokud má uživatel nainstalováno běhové prostředí Javy, nepotřebuje k prohlížení VRML scény speciální prohlížeč. Tím lze výrazně zvýšit počet uživatelů, kteří si VRML scénu prohlédnou.

Další předností řešení Blaxxun3D je jeho nezávislost na platformě a schopnost pracovat v internetovém prohlížeči IE, Mozilla/Firefox, Opera a Netscape.

V důsledku snahy o co nejmenší objem Java prohlížeče je však možné použít pouze omezenou sadu uzlů VRML. Navíc je řešení Blaxxun3D určeno především pro tvorbu a prezentaci malých VRML světů (<www.blaxxun.com>). Jeho možnosti prezentovat velké a složité světy jsou omezeny.

Blaxxun3D podporuje skupinu uzlů, která je definována Core X3D (viz. kapitola xxx). Podle specifikace je Core X3D tvořeno sadou 3D prvků a programovacím rozhraním s velmi nízkým objemem dat, pomocí kterých lze vytvořit široké spektrum 3D aplikací (<developer.blaxxun.com>). Skupina uzlů, která je k dispozici, je podmnožinou uzlů

specifikace VRML97. Přehled o tom, které uzly VRML prohlížeč Blaxxun3D podporuje, je poskytnut v tabulce v příloze č. 1.

Blaxxun3D poskytuje externí aplikační rozhraní založené na jazyce Java, které není podmíněno použitím JVM firmy Microsoft.

Nevýhodou technologie je fakt, že prohlížeč nenabízí žádné ovládací prvky pro pohyb ve VRML scéně. Tyto nástroje musí být vytvořeny tvůrcem projektu.

6.7.2. Java

Jazyk Java je objektově orientovaný programovací jazyk vycházející z jazyka C++, který byl vyvinut společností Sun Microsystems. Základní vlastnosti jazyka lze shrnout do těchto bodů:

- objektově orientovaný jazyk
- vychází z programovacího jazyka C/C++
- nezávislost na platformě - výsledný kód běží na jakékoliv platformě, která podporuje Javu, bez nutnosti konverze programu. Tato vlastnost je zajištěna překladem kódu, do tzv. *Java byte code*, který je spustitelný v libovolném operačním systému, pokud pro něj existuje běhové prostředí Javy (JVM)
- bezpečnost - Java byla navržena jako bezpečný jazyk. Vlastní program je kontrolován při kompilaci i při běhu (Procházka 2001).

Základním stavebním kamenem Javy je Třída (Class). Třídy jsou v Javě organizovány do stromové struktury. Java podporuje pouze jednoduchou dědičnost tříd - každá třída smí mít nejvýše jednoho přímého předka (Strupl 2006).

Množina tříd, které logicky patří k sobě se nazývá Balík (Package). Každá třída patří do právě jednoho balíku - buď explicitně uvede do kterého, nebo bude patřit do implicitního nepojmenovaného balíku (Strupl 2006).

Soubor se zdrojovým kódem programu má příponu .java. Jedná se o textový formát. Přeložením zdrojového souboru vznikne soubor s příponou .class – jedná se o tzv. „byte code“ - univerzální spustitelný kód, který není závislý na platformě.

Soubor, ve kterém je obsaženo více .class souborů, nazývá knihovna tříd a má příponou .jar. Jedná se o .zip archiv a může obsahovat i jiné soubory (např. obrázky) nebo i celou aplikaci.

Pro běh aplikací v Jazyce Java je nutné mít nainstalované běhové prostředí, např. JVM, JRE nebo Java Web Start.

Java applet

Již bylo zmíněno, že Java applet je program psaný v jazyce Java, který se vkládá do webové stránky. Applet se nespouští přímo - jako klasická aplikace, ale otevřením HTML dokumentu, který je uživateli poslán webovým serverem. Jeho činnost je řízena internetovým prohlížečem.

Applet se do HTML stránky vloží pomocí speciální značky <applet>, která zároveň předává prohlížeči základní informace o appletu. Příklad takového zápisu je:

```
<applet code = "Program.class" archive = "Archiv.jar" width = 100 height = 100>  
</applet>
```

Atributy *code*, *archive*, *width* a *height* patří mezi nejpoužívanější atributy značky <applet>. Specifikují jméno třídy implementující applet, seznam archivních souborů obsahujících třídy a další zdroje potřebné pro applet a šířku a výšku appletu zadanou v grafických bodech (v tomto pořadí) (Procházka 2001). Pro úplnost lze dodat, že applet Blaxxun3D používá množství speciálních atributů. Ukázka zápisu vložení prohlížeče do webové stránky je uvedena v příloze č. 3.

Servlet

Java servlet je program běžící na straně serveru, která vyžaduje webový server podporující Javu a běhové prostředí (JVM nebo JRE). Pro běh servletu webový server požaduje speciální program – tzv. kontejner. Jedná se o podpůrné standardní prostředí, které může vykonávat řadu činností, např. správu transakcí nebo bezpečnostní politiku. V této práci byl použit software Tomcat 5.5.

JSP

JSP je technologie pro tvorbu dynamických webových stránek na platformě Javy.

Stránka JSP se skládá z příkazů jazyka Java a formátovacích značek HTML. Část textu v HTML kódu je v nezměněné podobě odeslána do výstupního proudu, zatímco vložené elementy JSP jsou nejdříve vykonány a do výstupního proudu jsou odeslány až jejich výsledky (Oberreitová 2006).

Při prvním zavolání JSP stránky je stránka přeložena na servlet - webový server používá při komunikaci s klienty pouze servlety (Oberreitová 2006).

6.7.3. *Struktura apletu*

Aplety, které jsou součástí této práce, se skládají z několika základních částí:

1. **import tříd** - v úvodu programu je nutné importovat třídy, které umožní výměnu dat mezi apletem a prohlížečem, vytvořit uživatelské rozhraní, komunikaci s webovým serverem apod.
2. **definice třídy** – třída je definována klíčovým slovem class následovaným jménem třídy. Definice třídy je umístěna mezi dvojicí odpovídajících si složených závorek, skládá se z definice proměnných a definice metod (Horák 2006).
3. **deklarace proměnných** – skládá se ze stanovení datového typu a názvu proměnné, popřípadě seznamu proměnných oddělených čárkami. V deklaraci je možné zároveň přiřadit proměnné implicitní hodnotu.
4. **definice metod** – aplety v této práci obvykle obsahují následující metody:
 - metoda, která zajišťuje GUI
 - metoda, která zajišťuje navázání spojení mezi apletem a VRML prohlížečem
 - metoda, která slouží k navázání spojení s webovým serverem (JSP, servletem)
 - metody, které zajišťují provedení operací (aplikační logiku)

6.7.4. *Interaktivní nástroje*

Změna pohledu

Nástroj Změna pohledu dovoluje vybrat pohled na město (přesněji umístění a pohledové charakteristiky avatara). Funkce je zajištěna jedním apletem, který ovlivňuje VRML scénu. Rozhraní apletu je tvořeno jedním pull-down menu, pomocí kterého může uživatel vybrat pohled na 3D model, a potvrzovacím tlačítkem.

Poté, co aplet naváže spojení s Blaxxun3D prohlížečem, vyhledá uzel Viewpoint a jeho parametry position, orientation a scale (poloha, orientace a měřítko - v pořadí). Podle pohledu, který uživatel vybral, program nastaví odpovídající hodnoty parametrů position, orientation a scale. Následně dojde k obnovení scény na základě přiřazených hodnot.

Uvažována je i změna měřítka, protože prohlížeč Blaxxun3D nedovoluje nastavit Viewpoint, který je od modelu příliš vzdálen (přesnou limitní hodnotu vzdálenosti mezi modelem a pozorovatelem se nepodařilo zjistit).

Získávání souřadnic

Nástroj Získávání souřadnic poskytuje souřadnice polohy, ve které se nachází avatar.

Nástroj je zajištěn jedním apletem, který komunikuje s VRML scénou. Rozhraní apletu je tvořeno pouze seznamem, ve kterém jsou plynule měněny hodnoty souřadnic v závislosti na pohybu uživatele uvnitř scény.

K vytvoření nástroje byla použita metoda addObserver, která je součástí rozhraní pro komunikaci aplet – Blaxxun3D prohlížeč. Metoda umožňuje sledovat změnu vybraného parametru ve VRML souboru. V úvodu apletu je nutné nastavit, které parametry mají být sledovány. Protože pohyb ve scéně je zajišťován změnami polohy viewpointu (viz. popis nástrojů pro pohyb ve scéně), jedná se o parametr position uzlu Viewpoint.

Dále je nutné navázat spojení mezi apletem a VRML prohlížečem a vytvořit přístup k uzlu Viewpoint a parametru position. Zaznamená-li aplet změnu hodnot parametru position, získá nové hodnoty a vypíše je.

Získávání informací o objektech

Tato funkce nevyužívá aplet, ale dovoluje uživateli přímou interakci s VRML scénou. Poklepáním na budovu je otevřena webová stránka s informacemi o budově. Pomocí VRML uzlu Anchor je každé budově přiřazen odkaz na JSP stránku, která je uložena na webovém serveru a přistupuje do databáze.

Potomci uzlu Anchor jsou citliví na aktivitu kurzoru. Pokud uživatel aktivuje potomka, může dojít

- k přechodu na jiné stanoviště v právě prohlíženém světě
- nahrazení aktuálního světa jiným s případným přechodem na stanoviště v novém světě
- aktivaci hypertextového odkazu, nejčastěji s www stránkou (Žára 1999).

Tento nástroj používá poslední uvedený způsob s tím, že v URL adrese JSP stránky je obsažen kód dané budovy. Kompletní postup výměny dat mezi klientem, webovým serverem a databází popisuje podkapitola č. 6.5. Výsledkem použití nástroje je webová stránka doplněná informacemi získanými z databáze. Ukázka stránky je uvedena v příloze č. 4.

Přidávání/odebírání vrstev a prvků modelu + Legenda

Nástroj používá metodu createX3DFromURL, která je součástí aplikačního rozhraní a dovoluje přidat nebo odebrat ze scény objekt pomocí jeho URL. Nástroj je zajištěn apletem a jeho komunikací s VRML prohlížečem.

Uživatelské rozhraní apletu je tvořeno zaškrťovacími poli a potvrzovacím tlačítkem. VRML model, do kterého mají být objekty přidány, musí obsahovat prázdný a pojmenovaný skupinový uzel. Přidané objekty jsou potomky tohoto uzlu.

Navázání spojení mezi apletem a VRML prohlížečem je následováno vyhledáním příslušného skupinového uzlu. Po označení požadovaných vrstev a stisknutí potvrzovacího tlačítka musí aplet nejdříve zjistit, které objekty jsou již ve scéně obsaženy (předchozí výběr). Přehled o tom, které objekty se v danou chvíli ve 3D scéně nacházejí, poskytuje hešová tabulka.

Objekty, které nejsou součástí modelu a uživatel je označil, jsou vloženy. Objekty, které jsou součástí scény a uživatel je opět označil, jsou ponechány beze změny. Obdobně je přístupováno i k odstranění objektů ze scény. Odlišným způsobem jsou vkládány/odebírány objekty, které byly součástí modelu již při načítání.

Legenda poskytuje vysvětlení kartografických znaků a prvků modelu. Je sestavována interaktivně podle přítomnosti znaků a prvků v 3D modelu. Této vlastnosti je docíleno pomocí JSP stránky. Po stisknutí tlačítka s názvem Legenda aplet zjistí, které z vrstev jsou zaškrtnuty. Tato informace je v podobě kódu vložena do URL adresy JSP stránky, která je následně načtena. Podle informací získaných z kódu JSP stránka zobrazí pouze ty části, které odpovídají aktuálnímu obsahu 3D scény.

Vyhledávání dle adresy a Vyhledávání

Nástroj Vyhledávání dle adresy umožňuje uživateli vyhledat budovu zadáním čísla popisného a ulice. Nástroj Vyhledání umožňuje uživateli vyhledat objekt nastavením jeho typu (městský úřad, restaurace, banka, atd.) a zadáním ulice. Výsledkem vyhledávání je nastavení parametrů uzlu Viewpoint tak, aby byl pohled nastaven na budovu, a označení budovy šipkou. Pokud je vyhledávána ulice, dojde pouze k nastavení pohledu.

Vyhledávací funkce využívají společný aplet, který komunikuje s VRML scénou, a servlet, který komunikuje s databází. Způsob výměny dat mezi VRML prohlížečem, apletem, servletem a databází byl popsán v podkapitole 6.5.

Uživatelské rozhraní je tvořeno vstupními poli, seznamem a tlačítky. V úvodu aplet naváže spojení s VRML prohlížečem. Poté vyhledá uzel Viewpoint s parametry position, orientation, field of view a scale a předem připravený prázdný skupinový uzel, do kterého je později umístěna šipka.

Dále je nutné navázat spojení a stanovit přenos dat mezi apletem a servletem. Údaje, které uživatel vepíše do textových polí nebo vybere z nabídky, jsou apletem zpracovány do podoby SQL dotazu a odeslány webovému serveru. Pokud uživatel nevyplní žádné pole nebo nevybere typ objektu, je upozorněn a data nejsou odeslána.

Webový server spustí servlet, který přijme příchozí data a provede výběr požadovaných dat z databáze. Výsledek dotazu odešle zpět apletu, který jej použije ke stanovení pohledu na budovu a k umístění šipky. Výsledek vyhledání restaurace na Dolním náměstí ukazuje obrázek v příloze č. 5.

Pohyb a zoom

Nástroje pro pohyb umožňují posun vpřed a vzad a otočení kolem svislé osy. Metody a konkrétní výpočty, které byly použity k realizaci nástroje, popisuje podkapitola č. 6. 5.

Nástroje jsou zajištěny pomocí apletu a jeho přístupu do VRML scény. Uživatelské rozhraní je tvořeno skupinou tlačítek. Aplet využívá vláken a opakování „malých posunů“ nebo „malých otočení“ po dobu, kdy je stisknuto tlačítko.

Pohyb je uskutečněn změnou hodnot parametrů position, orientation a scale uzlu Viewpoint. Proces jednoho otočení/posunu se skládá ze získání hodnot parametrů uzlu Viewpoint, provedení výpočtů, přiřazení výsledných hodnot parametrům uzlu a aktualizace scény.

6.8. Tvorba databáze

Funkce Získávání informací, Vyhledávání dle adresy a Vyhledávání využívají data uložená v databázi. V softwaru MySQL byla vytvořena databáze tridmestovsetin, která obsahuje tři tabulky s názvy Budovy, Ulice a Objekty. Tabulka Budovy obsahuje hodnoty parametrů uzlu Viewpoint jednotlivých budov. Pomocí těchto hodnot je nastaven pohled na vyhledanou budovu. Nástroje pro vyhledávání používají kromě nastavení pohledu také šipku. V tabulce jsou proto obsaženy také hodnoty souřadnic umístění šipky. Dále jsou v tabulce budov uloženy informace o každé budově - číslo popisné, název ulice, městské části a katastrálního území, ve kterých se budova nachází a využití budovy. Tato data slouží k realizaci nástroje Získávání informací. V tabulce ulice jsou umístěny hodnoty parametrů uzlu Viewpoint.

Hodnoty parametrů uzlu Viewpoint byly získány v softwaru Microstation. Jednotlivým budovám a ulicím byl nastaven pohled. Pohledy lze v programu Microstation slučovat do „Skupin pohledů“. Po exportu modelu jsou v souboru VRML zapsány všechny viewpointy dané skupiny. Do jedné skupiny je možné umístit pouze 8 pohledů. Textový zápis byl následně upraven tak, aby bylo možné vložit hodnoty do databáze MySQL.

Informace o využití budov, které byly získány na stránkách Informačního centra a při terénním průzkumu, byly rovněž uloženy do textového souboru a importovány do databáze pomocí funkce Vložit textové soubory do tabulky.

Informace o čísle popisném, názvu ulice, městské části a katastrálním území byly získány z databázových tabulek, které byly součástí ZUZI. Spojení dat z více tabulek bylo provedeno slučováním tabulek podle klíče, např. spojení tabulky adres a tabulky budov bylo provedeno dle identifikačního čísla budovy.

Tabulka Ulice obsahuje hodnoty parametrů uzlu Viewpoint. Tyto hodnoty slouží k nastavení pohledu do ulice při použití funkce Vyhledávání dle adresy a Vyhledávání.

Tabulka Objekty poskytuje informace o využití budov, které slouží k vyhledávání služeb, zdravotnických zařízení apod. Obsahuje sloupce popis, typ, číslo popisné a ulice objektu. Při vyhledávání je na základě čísla popisného proveden složený dotaz, který vybere souřadnice pozic šipky pro všechny objekty zadaného typu.

7. PŘEHLED VÝSLEDKŮ

Hlavním výsledkem této práce je webová 3D aplikace nazvaná Informační systém části města Vsetín. Dílčí výsledky práce lze rozdělit do dvou skupin - na výsledky teoretické a praktické části práce.

Výsledkem teoretické části je popis formátů VRML a X3D, jejich možností tvorby interaktivních nástrojů a schopností prezentovat 3D geografická data. Dále je výsledkem přehled přístupů k řešení problematiky webových 3D aplikací.

Výsledkem praktické části práce je zmíněná aplikace vytvořená pro centrum města Vsetín. Informační systém má schopnost poskytnout uživateli virtuální prohlídku města a základní informace o městě.

Dílčí výsledky praktické části diplomové práce lze rozdělit do tří skupin – 3D model vybrané části města, interaktivní nástroje a databáze.

V rámci 3D modelu centra města Vsetín byl vytvořen:

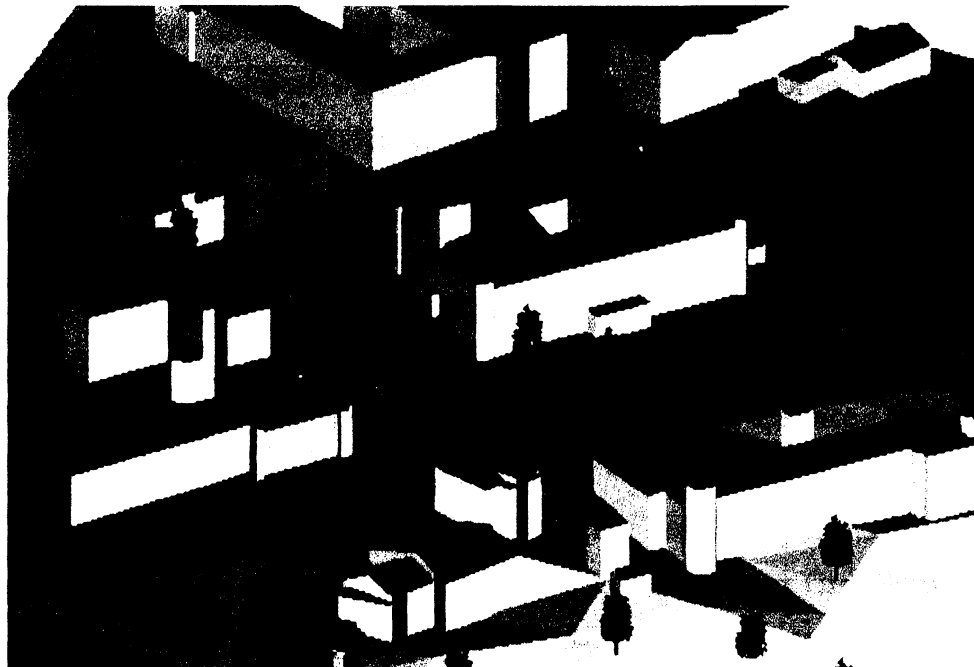
- model 273 budov ve formátu VRML
- model terénu ve formátu VRML
- 3D mapové vrstvy ve formátu VRML – vodní toky, významná veřejná zeleň, trasy MHD, zastávky MHD, nádraží, bankomaty
- prvky 3D modelu města ve formátu VRML – stromy, popis

Výsledkem práce je také 6 interaktivní nástrojů:

- Nástroj Vyhledávání dle adresy – nástroj vyhledá a označí budovu dle zadaného čísla popisného a ulice
- Nástroj Vyhledávání - nástroj označí budovu dle vybraného účelu (lékárna, nádraží, zámek, restaurace) nebo vyhledá a označí dle účelu a zadané ulice
- Nástroj přidávání/odebírání vrstev a prvků - nástroj dovoluje přidat do scény 3D mapové vrstvy a prvky modelu; přidat je možné vrstvu tras MHD, zastávek MHD, nádraží, bankomatů a prvky stromy, popis.
- Nástroj Změna pohledu – poskytuje možnost měnit stanoviště ve virtuálním světě a pohledové charakteristiky.
- Nástroj Získávání souřadnic – poskytuje aktuální souřadnice polohy pozorovatele
- Nástroj Pohyb – nástroj zajišťuje základní pohyb ve scéně ve čtyřech směrech – vpřed, vzad, vlevo, vpravo.

Ukázku VRML modelu města představuje obrázek č. 7.1.

Obrázek č. 7.1: Ukázka VRML modelu města



Zdroj: vlastní

Dále byla vytvořena databáze s tabulkami budov, ulic a objektů.

Informační systém centra města Vsetín je umístěn na internetu a je dostupný na internetové adrese: <<http://tridmestovsetin.s41.eatj.com>>. Zároveň je přiložen k diplomové práci na CD. Přiložené CD obsahuje dále samostatný 3D model centra města Vsetín a zdrojové kódy programů.

8. DISKUZE POUŽITÝCH POSTUPŮ A VÝSLEDKŮ

V této kapitole budou diskutovány použité metody a dosažené výsledky. Návrh aplikace kladl důraz na interaktivní nástroje aplikace a na dostupnost aplikace. Základem technologického řešení aplikace se stal jazyk VRML, Java a technologie Blaxxun3D. Výsledná aplikace odpovídá zadaným požadavkům - obsahuje 3D model centra města, interaktivní nástroje, nevyžaduje instalaci VRML prohlížeče a není vázána na konkrétní internetový prohlížeč.

Během zpracování se vyskytla řada omezení a problémů. Jednotlivé dílčí kroky a použité metody budou nyní zhodnoceny. Zejména je nutné diskutovat klady a zápory použití technologie Blaxxun3D. Dále bude provedeno porovnání aplikace s projektem jiných autorů.

Podle Šleisové (2005) se CAD systémy osvědčují pro modelování terénu a prvků s větší podrobností a detailem (hlavně malá území) lépe než GIS. Software Microstation V8 dovoluje vymodelovat na základě 2D dat budovy s různou podrobností. Vzhledem k požadavku zhotovit 3D model budov se střechami z 2D mapové vrstvy lze použití Microstation považovat za vhodné. Šleisová (2005) dále zmiňuje, že pro modelování velkých městských celků s vysokým detailem v krátkém čase tato metoda není vhodná. Nutnost modelovat všechny 3D objekty jednotlivě je i podle mého názoru nevýhodou použití softwaru.

Jazyk VRML byl původně vyvinut pro účely počítačové grafiky. Autoři Moore a kol. (1997), Zhu a kol. (2003) a Knížová (2006) se shodují, že v oblasti vizualizace geografických dat má VRML řadu limitů. Jedná se zejména přesnost dat, stanovení souřadného systému, prezentace modelů rozsáhlých oblastí apod.

Pro účely vizualizace území malého rozsahu lze možnosti VRML hodnotit jako dostačující. „Pro kartografické a geodetické úlohy, kdy je zobrazované území malého rozsahu, a to maximálně 700 km², se používá jako referenční plocha rovina“ (Voženílek 2001, s. 27).

Použitím pouze základní skupiny uzlu specifikace VRML97 v podobě Core X3D jsou možnosti prezentace geografických dat značně omezeny. Bohužel, i při tvorbě abstraktních modelů s menšími rozměry představuje použití Core X3D limity.

Vhodnost použití prohlížeče Blaxxun3D a jeho aplikačního rozhraní je jednoznačně nejvíce diskutabilní částí práce. Výběr aplikačního rozhraní pro výměnu dat mezi VRML scénou a ostatními komponentami aplikace ale obecně není snadný. Rozhraní SAI

neumožňuje komunikaci VRML scény s ostatními komponentami aplikace ani sestavení standardního uživatelské rozhraní. EAI i technologie ActiveX jsou značně závislé na softwarovém vybavení klientského počítače. Použití technologií založených na Javě tyto problémy eliminuje - s jejich využitím lze prezentovat 3D modely v prostředí internetu bez instalace VRML prohlížeče, s využitím všech hlavních internetových prohlížečů a nezávisle na platformě. Na druhé straně tyto technologie nejsou vhodné pro prezentaci komplikovaných a realistických světů (Šimánek 2006) a (www.blaxxun.com).

Ze skutečnosti, že Java prohlížeče jsou určeny pro vizualizaci VRML světů s menšími rozměry a objemy dat, plyne řada omezení a nedostatků těchto technologií. Následující výčet uvádí omezení, se kterými jsem se při zpracování aplikace setkala.

- Prohlížeč Blaxxun3D neobsahuje nástroje pro pohyb ve 3D scéně. Problém byl vyřešen vytvořením vlastních jednoduchých nástrojů pro pohyb dopředu a dozadu a pro otáčení. Nástroj dovoluje uživateli pouze pohyb nad terénem. Coltekin (2002) uvádí, že pohled shora bývá velmi důležitý pro vnímání relativní polohy objektu. Programování složitějších pohybů ve scéně je značně náročné a mohlo by být jedním s dalších rozšíření aplikace.
- Technologie Blaxxun3D podporuje pouze omezenou skupinu uzlů; zároveň některé uzly nepracují správně. Příkladem je uzel IndexedLineSet, který zobrazuje křivky přerušované a uzel LOD, který z neznámých důvodů neprovádí výměnu objektů scény.
- Dalším nedostatkem je omezení z hlediska objemu dat. Prohlížeč není schopen pracovat s 3D modelem o velikosti vyšší než cca 5,5 MB. Hraniční hodnota není v dokumentaci pro tento software uvedena. Vzhledem k tomuto omezení bylo nutné vytvořit model terénu s rozlišením 20 m přestože k dipozici byly vrstevnic s intervalem 0.2 m. Pro vizualizaci v kartografii a geoinformatice je tento nedostatek značným omezením.
- Hodnoty parametru position uzlu Viewpoint jsou omezeny obdobně. Limitní hodnota vzdálenosti rovněž není v dokumentaci uvedena. Pro stanovení pohledu, který by zobrazil celé zájmové území, bylo potřeba použít hodnoty vyšší než limit. Problém byl vyřešen změnou měřítka 3D modelu pro tyto pohledy.
- Posledním omezením je kvalita a možnosti zobrazování textur. Kvalita texturování je nízká. Navíc technologie neumožňuje opakování textur.

Jednotlivá omezení ukazují, že použití technologie Blaxxun3D pro aplikace v kartografii a geoinformatice není vždy vhodné. V praxi by pravděpodobně bylo zvoleno jiné, obecněji použitelné řešení.

Přesto výsledek hodnocení kladných a záporných stránek využití technologie pro geografické aplikace není jednoznačný. Blaxxun3D je vhodný zejména pro projekty, které

kladou hlavní důraz na platformní nezávislost a snadnou dostupnost. Dále jej lze úspěšně použít pro práci s menšími územními celky a tam, kde není požadováno detailní a realistické zpracování 3D modelu. Spojením vhodné optimalizace scény a uložení dat v databázi lze také zvýšit použitelnost technologie. Šimánek (2006) tímto způsobem úspěšně použil obdobnou technologii BS Contact J pro projekt Virtual Old Prague.

Navržené schéma výměny dat a komunikace s databází se osvědčilo. Shodně lze hodnotit i využití Java programování. Java nabízí, podle mého názoru, velmi široké možnosti pro vývoj interaktivních nástrojů a 3D aplikací v kartografii a geoinformatice. Shodný názor mají také autoři Kim a kol (1998), Moore a kol.(1997).

Pro výběr projektu, se kterým budu výsledky práce porovnávat, jsem stanovila kritéria: použití externího rozhraní a jazyka Java, komunikace s databází a využití pro poskytování informací o daném území. Vybrán byl projekt autorů Moore a kol. (1997) s názvem Virtual Field Court (VFC).

VFC je rozsáhlý projekt, který je určen pro výuku geografie. Jeho součástí jsou dva dílčí projekty – UrbanModeller a TraVeller. UrbanModeller je zaměřen na prezentaci atributových dat budov a on-line modelování budov. TraVeller je určen k poznávání geografických oblastí. Projekt VFC má dvě verze: plnou verzi a verzi určenou k prezentaci na webu. Zde bude diskutována pouze druhá verze.

Autoři použili jazyk VRML, rozhraní EAI a jazyk Java. Výhodou projektu je použití klasického VRML prohlížeče, který poskytuje různé možnosti pohybu ve scéně. Nevýhodou je naopak nutnost použít JVM od společnosti Microsoft, prohlížeč software Cosmo Player 2.1 a internetový prohlížeč Internet Explorer 4+.

TraVeller umožňuje zobrazení 3D scény pomocí výběru bodu v 2D mapě nebo zadáním souřadnic. Velmi zajímavá je funkce určení trasy průletu interakcí s 2D mapou. Využití 2D mapy pro navigaci poskytuje možnost lepší orientace v území. Aplikace umožňuje měnit vzhled scény a dotazování na prvky scény. Výhodou je dále provázání jednotlivých lokalit s databází multimediálních materiálů, která obsahuje video, zvuk a doplňující texty. Z hlediska poskytovaných nástrojů považuji projekt Traveller za velmi propracovaný.

UrbanModeller je zatím stále ve fázi vývoje a obsahuje pouze několik funkcí. Jednou z nich je vytvoření budovy s libovolným počtem pater a možnost barevně vyjádřit způsob využití patra. Projekt rovněž využívá k navigaci propojení mezi 2D mapou a 3D modelem. Spektrum funkcí považuji za nedostatečné, je však pravděpodobné, že bude rozšířeno. Vhodné by bylo doplnit funkce vyhledávání a získávání informací.

Téma diplomové práce nabízí do budoucna široké možnosti rozpracování. Jeden ze směrů dalšího výzkumu by se mohl zaměřit na interaktivní nástroje poskytované aplikací. Problematika databázového uložení prostorových dat, ze kterých je 3D model generován, je také jedním z možných směrů. S tím souvisí využití standardů OGC v této oblasti.

9. ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá vizualizací 3D geodat v prostředí internetu a problematikou aplikací, které poskytují interaktivní nástroje pro práci s nimi.

Hlavním cílem diplomové práce bylo vytvořit 3D model centra města Vsetín a webovou aplikaci, která by sloužila k vizualizaci 3D modelu a poskytovala interaktivní nástroje pro práci s ním. Cílem práce bylo také podat přehled o možnostech využití jazyků VRML a X3D pro vizualizaci 3D geografických dat a základních přístupech k řešení interaktivních 3D aplikací v prostředí Internetu.

V teoretické části byly popsány jazyky pro popis virtuální reality VRML a X3D z hlediska jejich vlastností, aplikačních rozhraní a využití v geovizualizaci. Dále se teoretická část zaměřila na problematiku 3D geografických aplikací v prostředí Internetu a poskytla přehled základních přístupů k jejich vývoji.

V praktické části byl na základě získaných teoretických poznatků navrhnout a vytvořen Informační systém centra města Vsetín. Pro vizualizaci 3D modelu v prostředí Internetu byl použit formát VRML a technologie Blaxxun3D. 3D model zájmového území byl vymodelován a do formátu VRML exportován v softwaru Microstation V8. Interaktivní nástroje byly naprogramovány v jazyce Java a jsou realizovány ve formě appletů, JSP stránek a servletů. Pro správu atributových dat byl použit softwar MySQL.

Výsledkem práce je VRML model centra města Vsetín a interaktivní aplikace obsahující šest nástrojů. Vzhledem k návrhu aplikace pro prostředí Internetu byl výsledný Informační systém centra města Vsetín umístěn na webový server. Dostupný je na adrese <http://tridmestovsetin.s41.eatj.com>.

Diplomová práce ukázala na obrovský potenciál jazyků VRML a Java pro vývoj aplikací, které jsou slouží k prezentaci 3D geografických dat a interakci s nimi v prostředí Internetu.

10. SEZNAM ZKRATEK

API (Application programming interface) – aplikační programovací rozhraní

ASP (Active Server Pages) – technologie společnosti Microsoft pro tvorbu dynamických webových aplikací; pracuje na straně serveru

BMZ (bloková mapa základní) – mapová vrstva polygonů popisující využití ploch; odvozena od vrstvy parcel a částečně z vnitřní kresby digitální referenční katastrální mapy.

CAD (Computer-Aided Design) – pokročilé počítačové programy určené k projektování

CGG (Computer Graphics Group) – výzkumná skupina v ČR zabývající se VR a VRML

CGI (Common Gateway Interface) - rozhraní, které definuje způsob předávání dat mezi WWW-serverem a aplikací; proces předání dat zajišťuje CGI skript

COM (Microsoft's Component Model) – objektově orientovaná programovací technologie

DBF –databázový formát souboru

DGN (Design) - formát souborů CAD aplikace Microstation

DIS (Distributed interactive simulation) – část jazyka X3D zabývající se rozsáhlými virtuálními prostředími s více uživateli; komunikace přes síť

DMT (digitální model terénu, DTM – Digital Terrain Model)

DOM (Document Object Model) - aplikační programovací rozhraní umožňující přístup k obsahu, struktuře nebo stylu XML nebo HTML dokumentu, či jeho částí

DXF (Drawing Interchange Format, Drawing Exchange Format) - textový formát souborů výkresů programu AutoCAD

EAI (External Authoring Interface) – rozhraní, které dovoluje ovládat VRML scénu pomocí Java apletu, který je s VRML scénou vložen do téže WWW stránky

ESRI (Environmental Systems Research Institute)

GET – metoda přenosu dotazů mezi klientem a serverem definovaná protokolem HTTP; zasilá požadavky klienta serveru prostřednictvím URL dotazu

GIF (Graphics Interchange Format) – rastrový formát pro ukládání grafiky

GIS (Geographic Information System) – geografický informační systém

GML (Geography Markup Language) - vektorový formát pro popis geografických dat vyvíjený konsorciem OGC

GUI (Graphical User Interface) – grafické uživatelské rozhraní

H-Anim (Humanoid animation) – část jazyka X3D zabývající se reprezentací lidských postav

HTML (HyperText Markup Language) – jazyk pro popis webových stránek

HTTP (HyperText Transfer Protocol) – internetový protokol původně určený pro přenos hypertextových dokumentů; je možné jej využít i pro přenos jiných dat

HUD (Head-up Displays) – objekty ve VRML scéně pohybující se shodně s avatarem a zobrazující se stále v okně prohlížeče; obvykle jsou interaktivní - představují např. tlačítka

ICA (International Cartography Association) – Mezinárodní kartografická asociace

ISO (International Standardization Organization) – Mezinárodní organizace pro standardizaci

JPEG (Joint Photographic Experts Group) – rastrový formát pro ukládání grafiky

JRE (Java Runtime Environment) – software zajišťující běh přeložených Javových aplikací

JSP (Java Server Pages) - technologie společnosti Sun Microsystems pro tvorbu dynamických webových stránek; pracuje na straně serveru

JVM (Java Virtual Machine) - software zajišťující běh přeložených Javových aplikací

LOD (Level Of Detail) – uzel jazyka VRML

MDL (Microstation Development Language) - programovací jazyk softwaru Microstation

MHD (městská hromadná doprava)

MPEG4 (Moving Picture Experts Group)

NURBS (Non-Uniform B-Splines) - reprezentace povrchu, kdy je povrch vytvářen proložením řídicích bodů plochou pomocí daného algoritmu

ODBC – rozhraní, které slouží jako prostředník mezi klientskou aplikací a databázovým serverem

OGC (OpenGIS Consortium) – organizace zabývající se vývojem standardů v oblasti geo-aplikací

PHP (Hypertext Preprocessor) - technologie pro tvorbu dynamických webových stránek; skripty jsou prováděny na straně serveru

SAI (Script Authoring Interface) – rozhraní pro ovládání VRML scény pomocí skriptu obsaženém v uzlu Script

SAI (Scene Authoring Interface) - rozhraní pro ovládání X3D scény pomocí programování interními i externími skriptovací jazyky

SciVis (Scientific Visualization) – vědecká vizualizace

SDBŘ (Systém Řízení Báze Dat, DBMS – DataBase Management System) - software pro ukládání, organizaci, vyhledávání a poskytování dat v databázi

SHP (Shapefile, ESRI Shapefile)– vektorový formát dat programu ArcGIS

S-JTSK (systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální) – souřadnicový systém používaný na území České republiky

SQL (Structured Query Language) – neprocedurální, dotazovací jazyk

TIN (Triangulated Irregular Network) - polygonální reprezentace povrchu, kdy je povrch tvořen nepravidelnou trojúhelníkovou sítí

TXT - textový formát

URL (Uniform Resource Locator) – soustava znaků s definovanou strukturou, které využívá webový prohlížeč pro komunikaci s webovým serverem; konkrétní webová adresa

VFC (Virtual Field Course) – interaktivní 3D aplikace vyvinutá autory Moore a kol (1997).

VR (Virtual Reality) – virtuální realita

VRML (Virtual Reality Modelling Language) – jazyk, formát pro popis virtuální reality

W3DS (Web 3D Service) - služba vyvíjená OGC (dosud nestandardizovaná), která slouží k prezentaci 3D geodat v internetovém prostředí pomocí formátu VRML, GeoVRML a X3D

WFS (Web Feature Service) – služba OGC; mapový server vygeneruje mapu a odešle ji klientovi ve vektorovém formátu

WMS (Web Map Service) - služba OGC; mapový server vygeneruje mapu a odešle ji klientovi v rastrovém formátu

WTS (Web Terrain Service) - služba OGC, která slouží k prezentaci 3D geodat v internetovém prostředí pomocí rastrových obrazů

WWW (World Wide Web, případně zkráceně web) – označení pro aplikace internetového protokolu; soustava propojených hypertextových dokumentů

X3D (eXtensible 3D) – jazyk, formát pro definici interaktivní a animované 3D grafiky

XML (eXtensible Markup Language) - značkovací jazyk určený k přenosu a ukládání dat v prostředí internetu

XSLT (XSL Transformations) – jazyk pro převod XML dokumentů do jiného XML formátu

ZUZI (Základní územní identifikace)

11. SEZNAM LITERATURY

11.1. Seznam literatury

BAUCKMANN, D. (1999): GIS a VRML. 6. ročník konference „GIS... Ostrava“, Ostrava; 25.-27.1.1999. [cit. 5. 5. 2006]

<http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_1999/sbornik/Bauckmann/Bauckmann.htm>

BIDOSHI, K. (2003): Virtual Reality Visualization for Maps of the Future. [Dissertation.] Columbus, The Ohio State University. [cit. 4. 8. 2006]

<<http://www.ohiolink.edu/etd/view.cgi?osu1046459366>>

BLACK, M. A., CARTWRIGHT, W. E. (2005): Web cartography & web-enabled geographic information systems (GIS): New possibilities, new challenges. International Cartographic Conference, La Coruña; 9-16. 7. 2005. [cit. 6. 7. 2006]

<<http://www.cartesia.org/geodoc/icc2005/pdf/oral/TEMA11/Session%205/MICHAEL%20BLACK.pdf>>

CÖLTEKIN, A. (2002): An Analysis of VRML-based 3D Interfaces for Online GIS: Current Limitations and Solutions. Surveying Science in Finland 20, č. 1-2, s.80-91. [cit. 6. 7. 2006]

<http://foto.hut.fi/~arzu/publications/ColtekinA_SSF2002.pdf>

CÖLTEKIN, A. (2003): Virtual Reality As An Interface To GIS - Focus On WWW. The 21st International Cartographic Conference – Cartographic Renaissance, Durban; 10.-16.8. 2003. [cit. 6. 7. 2006]

<http://www.foto.hut.fi/~arzu/publications/ColtekinA_ICC2003.pdf>

COORS, V. (2003): 3D-GIS in Networking Environments. Computer, Environments and Urban Systems, č. 27/4, s. 345-357. [cit. 30. 11. 2005]

<<http://www.fht-stuttgart.de/fbv/fbvweb/pers/coors/>>

DYKES, J.A., MOORE, K. E., FAIRBAIRN, D. (1999): From Chernoff to Imhof and Beyond: VRML and Cartography. The 4th International Conference on the Virtual Reality Modeling Language and Web 3D Technologies, Paderborn; 23.- 26.2.1999. [cit. 3. 7. 2006]

<<http://jerry.c-lab.de/vrml99/vrml99papers/dykes.pdf>>

FAIRBAIRN, D., PARSLEY, S. (1997): The use of VRML for cartographic presentation. Computers & Geosciences 23, č. 4, s. 13-19. [cit. 3. 7. 2006]

<<http://www.sciencedirect.com>>

FISHER, P., UNWIN, D. eds. (2002): Virtual Reality in Geography. Taylor&Francis, Inc., New York.

FOUSEK, M. (2003): X3D. [online]. [cit. 3. 1. 2006]

<www.cgg.cvut.cz/~apg/XML/utills/apg-tutorials03/ch13s09.html>

HAVRLANT, J. (2002): Automatizovaná tvorba prostorových modelu map. [Diplomová práce.] Katedra mapování a kartografie FSv CVUT, Praha. [cit. 6. 5. 2006]
<<http://gama.fsv.cvut.cz/~soukup/dip/havrlant/>>

HELD, G., RAHMAN A. A., ZLATANOVA S. (2004): Web 3D GIS for Urban Environments. The International Symposium and Exhibition on Geoinformation 2004 (ISG2004), Kuala Lumpur; 21-23. 9. 2004. [cit. 15. 4. 2006]
<<http://www.gdmc.nl/zlatanova/publications.htm>>

HOLEČKO, M. (1999): External Authoring Interface (EAI) [online]. [cit. 22.10.2005]
<http://moon.felk.cvut.cz/%7Epjv/Jak/_info/i574/eaipopis.html>

HORÁK, Z. (2006): Naučte se Javu. [online]. [cit. 25.7.2006]
<<http://lide.uhk.cz/home/fim/student/fshoraz2/www/tnpw1/04.html>>

HUANG, B., LIN, H. (2000): GIS-based Interactive 3D Visualization and Analysis on the Internet. Journal of Geospatial Engineering 2, c. 2, s. 27-35. [cit. 8.11.2005]
<http://www.lsgi.polyu.edu.hk/sTAff/zl.li/vol_2_2/04_lin.pdf>

HUANG, B., JIANG, B., LIN, H. (2001): An Integration of GIS, Virtual Reality and the Internet for Visualization, Analysis and Exploration of Spatial Data. International Journal of Geographical Information Science, 15(5), s. 439-456. [cit. 18.12.2005]
<<http://www.hig.se/~bjg/ijgis.pdf>>

HUANG, B., LIN, H. (2002): A Java/CGI approach to developing a geographic virtual reality toolkit on the Internet. Computers & Geosciences 28, s. 13-19. [cit. 3. 7. 2006]
<<http://www.sciencedirect.com>>

CHOU, T. Y., CHUNG, L. K., KU, W. Y., LO, W. Y. (2000): An Implementation of 3D GIS on web. The 21st Asian Conference on Remote Sensing, Taipei; 4-8. 12. 2000. [cit. 1. 12. 2006]
<<http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2000/ts7/gdi011.asp>>

KIM, K.-H., LEE, K., LEE, H.-G., HA, Y.-L. (1998): Virtual 3D GIS's Functionalities Using Java/VRML Environment. In: Strobl, J., Best, C. (eds.), Proceedings of the Earth Observation & Geo-Spatial Web and Internet Workshop '98 = Salzburger Geographische Materialien 27 [CD-ROM]. Salzburg, Instituts für Geographie der Universität Salzburg, s. 343-352. [cit. 6. 7. 2006]
<<http://www.sbg.ac.at/geo/eogeo/authors/kim/kim.html>>

KISZKA, B. (2003): 1001 tipů a triků pro programování v jazyce Java, Vyd. 1., Brno, Computer Press, 519 s.

KLINKOVÁ, J. (2004): Využití VRML v geovizualizaci. [Diplomová práce.] Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie PřF UK, Praha.

KNÍŽOVÁ, L. (2006): Využití VRML pro tvorbu webového Informačního systému Jizerské magistrály. [Diplomová práce.] Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie PřF UK, Praha.

- KOLÁŘ, J. (2003): Geografické informační systémy 10, ČVUT, Praha, 161 s.
- KOSEK, J. (1999): PHP : Tvorba interaktivních internetových aplikací. Podrobný průvodce, Praha, Grada, 492 s.
- KRAAK, M.-J., BROWN, A. eds. (2000): Web Cartography: developments and prospects. Taylor & Francis, Inc., London.
- KRAAK, M. J. (2003): Geovisualization illustrated. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 57, s. 390-399. [cit. 3. 7. 2006]
<<http://www.sciencedirect.com>>
- KUMARADEVAN, P., KUMAR, S. (2001): Virtual Reality and Distributed GIS. GITA's 24th Annual Conference and Exhibition, "2001: A Geospatial Odyssey", San Diego; 4-7. 3. 2001. [cit. 2. 7. 2006]
<<http://www.gisdevelopment.net/proceedings/gita/2001/web/tanweb007pf.htm>>
- LIN, H., GONG, J., WANG, F. (1999): Web-based three-dimensional geo-referenced visualization. Computers & Geosciences 25, s. 1177-1185
<<http://www.sciencedirect.com>>
- LO, W. Y., CHUNG, E. K. (2005): Rapid Building Analysis – The Research and Application of 3D GIS in Internet. [cit. 25. 11. 2005]
<<http://gis.esri.com/library/userconf/proc00/professional/papers/PAP435/p435.htm>>
- LOUWSMA, J. H. (2004): Constraints in geo-information models. [cit. 6. 5. 2006]
<www.gdmc.nl/publications/2005/Constraints_geo-info.pdf>
- MacEACHREN, A. M., EDSALL, R., HAUG, D., BAXTER, R., OTTO, G., MASTERS, R., FUHRMANN, S., QIAN, L. (1999): Virtual environments for geographic visualization: potential and challenges. The ACM Workshop on New Paradigms for Information Visualization and Manipulation, Kansas City; 6. 11. 1999. [cit. 3. 7. 2006]
<<http://www.geovista.psu.edu/publications/NPIVM99/ammNPIVM.pdf>>
- MENNINGER, M. (2006): Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie PŘF KU, Praha.
- MOORE, K. E., DYKES, J., WOOD, J. (1997): Using Java to interact with geo-referenced VRML within a Virtual Course. ICA Commission on Visualisation and Virtual Environments Meeting, Gävle; 18.-21.6.1997. [cit. 3. 5. 2006]
<<http://www.geog.le.ac.uk/mek/usingjava.html>>
- OBERREITOVÁ, L. (2006): Servlets and Java Server Pages [online]. [cit. 19.6.2006]
<<http://nenya.ms.mff.cuni.cz/%7Ehnetynka/vsjava/slides2005/java07.pdf>>
- OLIVÍK, S. (2003): 3D virtuální model areálu ZČU Borská pole. [Diplomová práce.] Katedra matematiky FAV ZČU, Plzeň.
- PETERSON, M. P. (1995): Interactive and Animated Cartography. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.

- PROCHÁZKA, J. (2001): Web server pro přístroje typu A2000. [Diplomová práce.] Ústav automatizace a měřicí techniky FEL VUT, Brno. [cit. 2. 7. 2006]
<http://www2.webpark.cz/georgewalk/dp/diplomova_prace/Diplomova_prace.html>
- RAHMAN, A. A. (2006): GIS – 3D and Beyond. Map Malaysia 2006, Kuala Lumpur, 3.-4. 5. 2006. [cit. 15. 7. 2006]
<<http://www.gisdevelopment.net/technology/gis/>>
- STRUPL, D. (2006)> Vybrané partie z jazyka Java [online]. [cit. 20.6.2006]
<<http://www.ms.mff.cuni.cz/%7Estrupl/JAVA/zaklady01.html>>
- ŠÝKORA, P. (2001): Microstation V8 Podrobná příručka. Computer Press, Praha, 529 s.
- ŠIMÁNEK, O. (2002): Virtual Old Prague Extension. [Diplomová práce.] Katedra počítačů FEL ČVUT, Praha.
<www.dmp.cz/rt3d/onsi/diplomka/proposal.php>
- ŠLEISOVÁ, L. (2004): Tvorba a vizualizace 3D modelů měst. [Diplomová práce.] Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie PŘF UK, Praha.
- TADDEI, U. (2003): DEMViewer [online]. [cit. 5. 1. 2006]
<<http://www.geogr.uni-jena.de/~p6taug/demviewer/demv.html>>
- THORNE, CH. (2005): Exploiting an Evolutionary Accident in Web3D Communications to Integrate Applications Components. [cit. 17. 6. 2006]
<vrmworks.crispen.org/tools.html>
- TOLAR, V. (2001): 3. Publikování na webu: X3D. [online]. [cit. 12. 12. 2005]
<<http://www.cgg.cvut.cz/%7Eapg/apg-tutorials01/ch03s20.html>>
- VOŽENÍLEK, V. (1998): Geografické informační systémy I. Pojetí, historie, základní komponenty. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, 173 s.
- VOŽENÍLEK, V. (2001): Aplikovaná kartografie I - tematické mapy. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 187 s.
- VOŽENÍLEK, V. (2002): Diplomové práce z geoinformatiky. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 60 s.
- VOŽENÍLEK, V. (2005): Cartography for GIS: Geovisualization and Map Communication. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.
- VOŽENÍLEK, V.(2006): Geografická data. [počítačový soubor].
<http://www.geoinformatics.upol.cz/studium/predmety/KGI/GISG/Prednasky/data_soubory/frame.htm> [cit. 22. 7. 2006]
- VRIES, M.E. de, STOTER, J. (2003): Accessing 3D geo-DBMS using Web technology. ISPRS Joint Workshop on 'Spatial, Temporal and Multi-Dimensional Data Modelling and Analysis', Québec; 2-3. 10 2003. [cit. 18. 2. 2006]
<http://www.gdmc.nl/publications/2003/3D_geo-DBMS_web.pdf>

VRIES, M.E. de, ZLATANOVA S. (2004): Interoperability on the web: the case of 3D geo-data., in: P. Isaias, P. Kommers and M. McPherson (eds.), Proceedings of the IADIS International Conference e-Society 2004, Avila; 16.-19. 7. 2004. [cit. 2. 3. 2006]
<http://www.gdmc.nl/zlatanova/thesis/html/refer/ps/Mv_sz_esociety.pdf>

WACHOWICZ, M., BULENS, J., RIP, F., KRAMER, H., LAMMEREN, R. van, LIGHTENBERG, A. (2002): GeoVR construction and use: The seven factors. 5th AGILE Conference on GIScience, Palma; 25-27. 4. 2002. [cit. 2. 7. 2006]
<http://www.agile-secretariat.org/Conference/mallorca2002/proceedings/dia26/Session_10/s10_Wachowicz>

ZHOU, G., TAN, Z., CHENG, P., CHEN, W. (2004): Modeling and visualizing 3D urban environments via internet for urban planning and monitoring. XXth ISPRS Congress, Istanbul; 12-23. 7. 2004. [cit. 7. 12. 2005]
<<http://www.isprs.org/istanbul2004/comm2/papers/151.pdf>>

ZHU, C., TAN, E. C., CHAN, K. Y. (2003): 3D Terrain visualization for Web GIS. Map Asia 2003, Kuala Lumpur; 13.-15.10.2003. [cit. 3. 5. 2006]
<<http://www.gisdevelopment.net/technology/ip/pdf/ma03065.pdf>>

ZLATANOVA, S. (1999): VRML For 3D GIS. The 15th Spring Conference on Computer Graphics, Budmerice; 28. 4.-1. 5. 1999. [cit. 26. 9. 2005]
<http://www.gdmc.nl/zlatanova/thesis/html/refer/ps/sz_bra99.pdf>

ZLATANOVA, S. (2000): Toward a 3D GIS for local governing: a web-oriented approach. the 22nd Urban and Regional Data Management Symposium: "Urban and rural data management common problems - common solutions?", Delft, 11.-15. 9. 2000. [cit. 28. 12. 2005] <http://www.gdmc.nl/zlatanova/thesis/html/refer/ps/sz_udms2000.pdf>

ZLATANOVA, S., HOLWEG, D., COORS, V. (2004): Geometrical and topological models for real-time GIS. UDMS 2004, Chioggia; 27-29. 10. 2004. [cit. 5. 11. 2005]
<http://www.gdmc.nl/zlatanova/thesis/html/refer/ps/SZ_DH_VC_UDMS2004.pdf>

ŽÁRA, J., BENEŠ, B., FELKEL P. (1998): Moderní počítačová grafika. Computer Press, Praha.

ŽÁRA, J. (1999): VRML 97: Laskavý průvodce virtuálními světy. Computer Press, Brno, 238 s.

ŽÁRA, J. (2000): Jazyky pro popis virtuální reality. Vydavatelství ČVUT, Praha, 155 s.

11.2. Seznam pramenů

Askinga -MicroStation portál [cit. 2. 1. 2006]

<<http://www.askinga.com/article.asp?articleID=220>>

Bitmanagement Software [online].

<<http://www.bitmanagement.com/developer/index.html>> [cit. 4.11.2005]

Blaxxun

<http://www.blaxxun.com>

Blaxxun – tvorba 3D modelů a vývoj aplikací [online]. [cit. 9. 12. 2005]

<http://developer.blaxxun.com/>

C- lab [online]. [cit. 6. 7. 2006]

<<http://jerry.c-lab.de/vrml99/vrml99papers/schonhage.pdf>>

CGG – Computer Graphics Group [online]. [cit. 12.2.2006]

<<http://www.cgg.cvut.cz/>>

Český statistický úřad, Sčítání lidu, domů a bytů 2001, Vybrané statistické údaje za základní územní jednotku (ZUJ) 541630 - Vsetín [online]. [cit. 18. 8. 2006]

<<http://www.czso.cz/lexikon/mos.nsf/mos?openform&:541630>>

Euklidianspace – Maths [online]. [cit. 16.4.2006]

<<http://www.euclideanspace.com/maths/geometry/rotations/conversions/matrixToAngle/index.htm>>

Fakulta strojní ČVUT - INDEX K MATEMATICE [online]. [cit. 16.3.2006]

<<http://www.fs.cvut.cz/cz/U201/map/math/teorie/mapt102.htm>>

Geodis Brno, s r. o. – 3D modelování a vizualizace [online]. [cit. 3.12.2005]

<http://www.geodis.cz/www/index.php?page=fotogrammetrie/3d_modely>

Geomatika na ZČU v Plzni [online]. [cit. 2. 2. 2006]

<<http://www.gis.zcu.cz>>

Geometra Opava – interaktivní 3D vizualizace TERRA [online]. [cit. 3.12.2005]

<http://www.geometra-opava.com/cz/produkty/terra/nabidka.php>

Geosop – informace o souřadném systému Microstation [online]. [cit. 15.4.2005]

<http://www.geosop.cz/download/tp_d1_2002.doc>

GeoVRML [online]. [cit. 9.8.2006]

<www.geovrml.com>

GIS portál města Plzně – 3D model [online]. [cit. 20.4.2006]

<<http://gis.plzen-city.cz/3d.asp>>

Informační centrum města Vsetín [online]. [cit. 20. 5. 2006]
<<http://www.vsetin.mic.cz/encyklopedie/objekty1.phtml?id=53794>>

International Cartographic Association - ICA [online]. [cit. 3.6.2006]
<<http://www.icaci.org/>>

Město Vsetín [online]. [cit. 29. 7. 2006]
<http://www.mestovsetin.cz/>

MetaInformační Databázový Systém [online]. [cit. 16. 3. 2006]
<<http://pcj331p.vsb.cz/midas>>

ParallelGraphics – web 3D products [online]. [cit. 1.12.2005]
<<http://www.parallelgraphics.com/products/>>

Pražský Ekologický Monitorovací a Informační Systém, Nápověda pro internet Internet Map Viewer [online]. [cit. 18. 8. 2006]
<<http://www.premis.cz/adrsys/Cesky/help.htm#VyznamZUZI>>

Sun Microsystems [online]. [cit. 4. 10. 2005]
<<http://java.sun.com/products/java-media/3D>>

Virtual Field Course
<www.geog.le.ac.uk/vfc/publications/index.html>

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí na Internetu [online]. [cit. 30. 6. 2006]
<<http://www.vugtk.cz/termkom/termsl.html>>

Web3D Consortium [online]. [cit. 16. 11. 2005]
<<http://www.web3d.org>>

Web3D Consortium – X3D specifikace [online]. [cit. 19. 12. 2005]
<http://www.web3d.org/x3d/specifications/>

W3C – World Wide Web Consortium – XML [online]. [cit. 15. 3. 2006]
(<http://www.w3.org/XML/>).

12. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 3.1:	Souřadnicový systém VRML.....	19
Obrázek č. 3.2:	Funkční schéma EAI.....	28
Obrázek č. 4.1:	Model terénu zobrazený uzlem IndexedFaceSet a uzlem ElevationGrid.....	33
Obrázek č. 4.2:	Povrch tvořený uzlem NurbsPatchSurface.....	34
Obrázek č. 4.3:	Ukázka dvou způsobů prezentace 3D plošných znaků.....	36
Obrázek č. 5.1:	Základní schéma webových aplikací prezentujících geodata ve VRML.....	40
Obrázek č. 5.2:	Ukázka řešení využívající formát X3D, Java Servlety a XSQL.....	42
Obrázek č. 6.1:	Vymezení území.....	48
Obrázek č. 6.2:	Souřadnicový systém S-JTSK.....	51
Obrázek č. 6.3:	Souřadnicový systém MicroStation.....	51
Obrázek č. 6.4:	Schéma výměny dat mezi komponentami aplikace pro nástroje Vyhledávání a Získávání informací.....	53
Obrázek č. 6.5:	Schéma otočení definovaného tvarem AxisAngleOfRotation.....	55
Obrázek č. 6.6:	Základní postup tvorby modelu budov.....	60
Obrázek č. 6.7:	Základní typy střech.....	60
Obrázek č. 6.8:	Ukázky modelů budov.....	61
Obrázek č. 6.9:	Ukázka znaku zastávky MHD.....	62
Obrázek č. 7.1:	Ukázka VRML modelu města.....	73

13. SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 3.1:	Kódování dat X3D scény a přípony.....	22
Tabulka č. 3.2:	VRML/X3D prohlížeče a jejich podpora operačními systémy a internetovými prohlížeči.....	25
Tabulka č. 4.2:	Přednosti a nedostatky prezentace modelu terénu pomocí uzlů IndexedFaceSet a ElevationGrid.....	34

14. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Seznam uzlů specifikace VRML97, rozdělení do skupin a podpora prohlížečem Blaxxun3D

Příloha č. 2: Syntaxe vybraných uzlů VRML scény centra Vsetín

Příloha č. 3: Zápis vložení Blaxxun3D prohlížeče do HTML stránky

Příloha č. 4: Ukázka výsledku funkce Získávání informací

Příloha č. 5: Ukázka výsledku použití nástroje Vyhledávání

Příloha č. 6: Obsah přiloženého CD

Příloha č. 1: Seznam uzlů specifikace VRML97, rozdělení do skupin a podpora prohlížečem Blaxxun3D

skupina	uzel	podpora Blaxxun
Informační	NavigationInfo	částečně
	ViewPoint	ano
	WorldInfo	ano
Geometrie	Box	ne
	Cone	ne
	Cylinder	ne
	Sphere	ne
	Shape	ano
Vzhled povrchu	Appearance	ano
	ImageTexture	částečně
	Material	částečně
	MovieTexture	ne
	PixelTexture	ne
	TextureTransform	ne
	ElevationGrid	ne
	Extrusion	ne
	Text	ne
	IndexedFaceSet	částečně
	IndexedLineSet	ano
	PointSet	částečně
	Coordinate	ano
	FontStyle	ne
Normal	ne	
TextureCoordinate	ano	
Prostředí	Background	částečně
	DirectionalLight	částečně
	Fog	ne
	PointLight	ne
	SpotLight	ne
	AudioClip	částečně
	Sound	částečně
Skupinové	Anchor	ano
	Billboard	ano
	Group	ano
	InLine	ano
	LOD	ano
	Switch	ano
	Transform	ano

Manipulátory	CylinderSensor	ne
	PlaneSensor	ne
	SphereSensor	ne
	TouchSensor	částečně
Detektory	Collision	ne
	ProximitySensor	ano
	Visibilitysensor	ano
Speciální	Script	ne
	Timesensor	ano
Interpolátory	ColorInterpolator	ano
	CoorinateInterpolator	ano
	NormalInterpolator	ne
	OrientationInterpolator	ano
	PositionInterpolator	ano
	ScalarIntepolator	ano

Příloha č. 2: Syntaxe vybraných uzlů VRML scény centra Vsetín

```

Anchor {
  eventIn      MFNode      addChildren
  eventIn      MFNode      removeChildren
  exposedField MFNode      children      []
  exposedField SFString   description   ""
  exposedField MFString   parameter    []
  exposedField MFString   url          []
  field        SFVec3f    bboxCenter   0 0 0 # (-∞∞)
  field        SFVec3f    bboxSize     -1 -1 -1 #
                                          (0,∞), -1 -1 -1
}

Billboard {
  eventIn      MFNode      addChildren
  eventIn      MFNode      removeChildren
  exposedField SFVec3f    axisOfRotation 0 1 0 # (-∞∞)
  exposedField MFNode      children      []
  field        SFVec3f    bboxCenter   0 0 0 # (-∞∞)
  field        SFVec3f    bboxSize     -1 -1 -1 #
                                          (0∞), -1 -1 -1
}

DirectionalLight {
  exposedField SFFloat    ambientIntensity 0 # [0,1]
  exposedField SFColor    color            1 1 1 # [0,1]
  exposedField SFVec3f    direction        0 0 -1 # (-∞∞)
  exposedField SFFloat    intensity        1 # [0,1]
  exposedField SFBool     on              TRUE
}

ImageTexture {
  exposedField MFString   url            []
  field        SFBool     repeatS        TRUE
  field        SFBool     repeatT        TRUE
}

IndexedFaceSet {
  eventIn      MFInt32    set_coordIndex
  eventIn      MFInt32    set_normalIndex
  eventIn      MFInt32    set_colorIndex
  eventIn      MFInt32    set_texCoordIndex
  exposedField SFNode     coord          NULL
}

```

```

exposedField SFNode      normal          NULL
exposedField SFNode      color           NULL
exposedField SFNode      texCoord        NULL
field         MFInt32     coordIndex      []
field         MFInt32     normalIndex     []
field         MFInt32     colorIndex      []
field         MFInt32     texCoordIndex   []
field         SFBool      colorPerVertex  TRUE
field         SFBool      normalPerVertex TRUE
field         SFBool      convex          TRUE
field         SFBool      ccw            TRUE
field         SFBool      solid          TRUE
field         SFFloat     creaseAngle     0
}

```

```

Inline {
exposedField MFString     url              []
field        SFVec3f      bboxCenter      0 0 0 # (-∞,∞)
field        SFVec3f      bboxSize         -1 -1 -1 #
(0,∞), -1 -1 -1
}

```

```

NavigationInfo {
eventIn      SFBool      set_bind
exposedField MFFloat     avatarSize       [0.25,1.6,0.75]
# (0,∞)

exposedField SFBool      headlight          TRUE
exposedField SFFloat     speed              1.0 # (0,∞)
exposedField MFString     type              ["WALK","ANY"]
exposedField SFFloat     visibilityLimit    0.0 # (0,∞)
eventOut     SFBool      isBound
}

```

```

Viewpoint {
eventIn      SFBool      set_bind
exposedField SFFloat     fieldOfView       0.785398 # (0,∞)
exposedField SFBool      jump              TRUE
exposedField SFRotation   orientation     0 0 1 0 #
[-1,1],(-∞,∞)
exposedField SFVec3f     position         0 0 1 0 # (-∞,∞)

field        SFString     description ""
eventOut     SFTime      bindTime
eventOut     SFBool      isBound
}

```


Příloha č. 3: Zázpis vložení Blaxxun3D prohlížeče do HTML stránky

```
<applet archive="vrm1.jar" code="com/blaxxun/bx3d/blaxxun3d.class"
name="browser" width="490" height="420" hspace = "20" MAYSCRIPT>
  <param name=scene value="dohromady.wrl">
  <param name=statistics value="off">
  <param name=forcesw value="on">
  <param name=time value="timer">
  <param name=loading value="dynamic">
  <param name=statistics value="off">
  <param name=lighting value="on">
  <param name=antialiasing value="off">
  <param name=textcolor value="ffffff">
  <param name=shadowcolor value="black">
  <param name=backcolor value="080808">
  <param name=backimage value="none">
  <param name=showanchor value="on">
  <param name=anchortextcolor value="black">
  <param name=anchorbackcolor value="white">
  <param name=regcode
value="zYrFgmcMGck3b320XBMvxUFce!nnSYPqqid">
</applet>
```

Příloha č. 4: Ukázka výsledku funkce Získávání informací

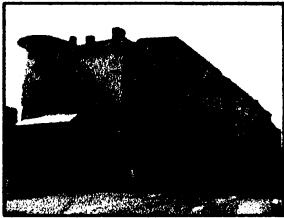
Informace o budově - Microsoft Internet Explorer

Soubor Úpravy Zobrazit Oblíbené Nástroje Nápověda

Zpět - - x - - Hledat - - Oblíbené »

Adresa <http://tridmestovsetin.s41.eatj.com/anchc> Přejít Odkazy »

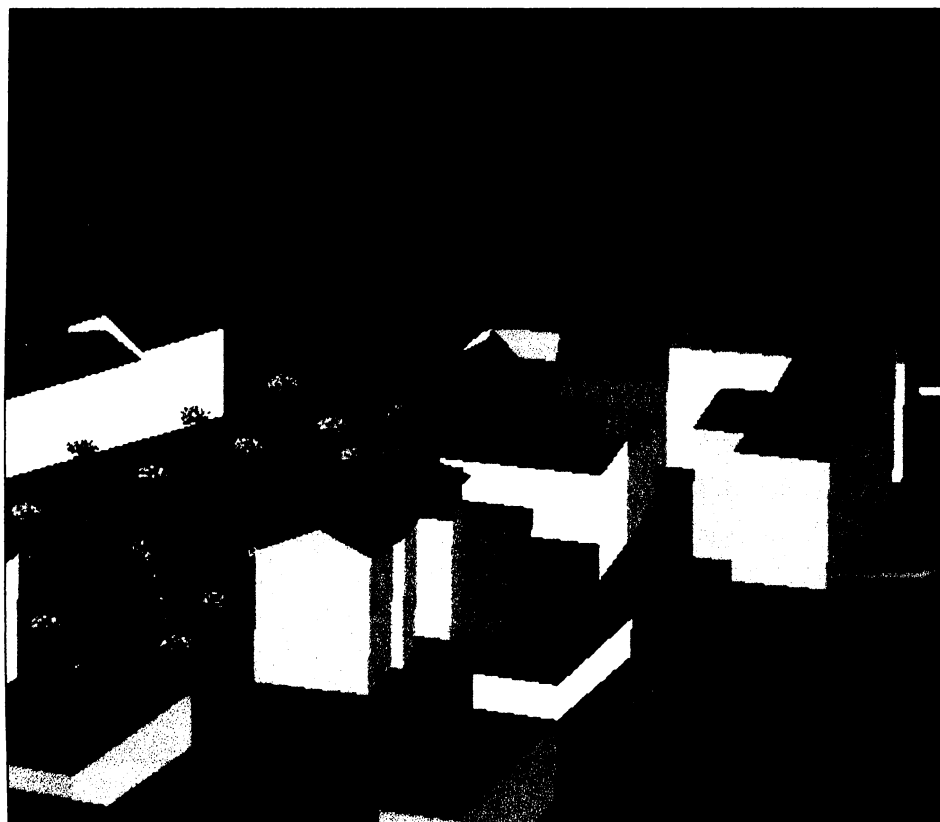
Informace o budově



Číslo popisné	185
Ulice	Mostecká
Městská část	12
Katastrální území	1
Využití	administrativa
Popis	Pošta

Hotovo Internet

Příloha č. 5: Ukázka výsledku použití nástroje Vyhledávání



Příloha č. 6: Obsah přiloženého CD

- **Informační systém centra města Vsetín**
- **VRML model centra města Vsetín**
- **Zdrojové kódy interaktivních nástrojů**