

Západočeská universita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra matematiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Geografická datová báze Státního Zámku Kozel

Zadání práce

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr magisterského studia na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené odborné literatury a zdrojů informací.

V Plzni dne 14. srpna 2007

.....

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Karlu Jedličkovi za jeho bezmeznou ochotu, odborné vedení a cenné rady, které pro mě při tvorbě práce byly velmi užitečné a poučné.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem a tvorbou geografické datové báze pro účely prostorové evidence nemovitého i movitého památkově chráněného majetku. Nejprve zjišťuje možnosti reprezentace prostorových dat. Je vytvořena metodika konverze souborů mezi CAD a GIS formáty řešící problém správného zobrazení plně trojrozměrných prvků. S odkazem na požadavky Národního památkového ústavu jsou řešeny hlavní problémy ukládání dat do ESRI Geodatabase (geodatabáze). Z požadavků NPU je navržen konceptuální model, ze kterého jsou vytvořeny logické a fyzické datové modely popisující strukturu geodatabáze vzniklou za účelem evidence nemovitého i movitého památkově chráněného majetku až na úroveň prvků mobiliáře. K otestování datové struktury posloužila případová studie na Státním Zámku Kozel, ve které bylo využito provedeného zaměření prvků exteriéru i interiéru laserovým skenováním. Po naplnění struktury datového modelu zpracovanými měřeními se vytvořily prostorové a atributové dotazy pro lokalizaci mobiliáře v místnostech.

Klíčová slova

GIS, CAD, datové modely, ESRI Geodatabase, paGIS

Abstract

This thesis deals with design and creation of geographical database for the purpose of spatial cataloguing of both immovable and movable property that is protected for its historical value. It explores the different ways of representing spatial data. Methodology of file conversion between CAD and GIS formats is created, which solves the problem of correct display of fully 3-dimensional elements. With regard to the requirements of Narodní památkový ústav the main problems with saving data to ESRI Geodatabase are dealt with. From requirements in the next part of thesis conceptual models have been designed, from which logical and physical data models have been created that describe the structure of the geodatabase made in order to catalogue immovable and movable historically protected property down to the level of elements of the catalogue. As a test of the data structure served the survey at the Státní Zámek Kozel, where laser scanning was used for locating interior and exterior elements. After filling the data structure with measurements, spacial and attributal queries for localization of mobiliary in the rooms were created.

Keywords

GIS, CAD, data models, ESRI Geodatabase, paGIS

Obsah

1	ÚVOD	6
2	ZPŮSOBY REPREZENTACE 3D DAT	8
2.1	DRÁTĚNÉ MODELY	8
2.2	POVRCHOVÉ MODELY	8
2.2.1	Grid	9
2.2.2	Shape model	9
2.2.3	Facet model	10
2.2.4	B-reprezentace (Boundary representation)	10
2.3	OBJEMOVÉ MODELY	11
2.3.1	3D pole	11
2.3.2	Octree	12
2.3.3	CSG reprezentace	13
2.3.4	3D TIN (TEN).....	14
2.4	TOPOLOGIE PRVKŮ	14
2.5	SHRNUTÍ	16
3	ZÁKLADNÍ VEKTOROVÉ FORMÁTY CAD A GIS PROSTŘEDÍ	17
3.1	DXF FORMÁT	17
3.2	DWG FORMÁT	17
3.3	DGN FORMÁT	18
3.4	KML FORMÁT	19
3.5	ESRI SHAPEFILE FORMÁT	19
3.6	SHRNUTÍ	21
4	RELAČNÍ GEOGRAFICKÉ DATABÁZE	22
4.1	ESRI GEODATABASE	24
4.2	TOPOLOGIE V ESRI GEODATABASE	26
4.2.1	Shluková tolerance xy	27
4.2.2	Shluková tolerance Z	28
4.3	PROSTOROVÉ DOTAZOVÁNÍ V ESRI GEODATABASE	29
4.4	SHRNUTÍ	30
5	PŘEVOD DAT MEZI CAD FORMÁTY A ESRI GEODATABASE	31
5.1	KONVERZE CAD FORMÁTŮ DO ESRI GEODATABASE.....	31
5.1.1	Konverze do ESRI Geodatabase přes nástroj Load Data.....	32
5.1.2	Konverze do ESRI Geodatabase přes externí program.....	32
5.2	EXPORT DAT Z ESRI GEODATABASE DO KML	33
5.2.1	Export do CAD formátů přes externí program	33
5.2.2	Export do CAD formátů přes nástroj Export to CAD.....	34
5.2.3	Export do formátu KML	35
5.3	SHRNUTÍ	36
6	DATOVÝ MODEL VELKOMĚŘÍTKOVÉ GEODATABÁZE PRO ROZŠIŘUJÍCÍ EVIDENCI KULTURNÍCH PAMÁTEK	37
6.1	POŽADAVKY NA DATOVÝ MODEL	38
6.2	ZÁKLADNÍ SPECIFIKACE DATOVÉHO MODELU NAVRHOVANÉHO PRO PŘÍPADOVOU STUDII STÁTNÍHO ZÁMKU KOZEL.....	39
6.3	STRUKTURA ROZŠÍŘENÉHO DATOVÉHO MODELU	41
6.3.1	Abstraktní třída BiogenniPrvky	44

6.3.2	Abstraktní třída AntropogenniPrvky.....	46
6.3.3	Abstraktní třída PrvkyBudov	49
6.3.4	Abstraktní třída Mobiliar	53
6.4	TOPOLOGICKÉ PRIORITY (TOPOLOGY RANK) V GEODATABÁZI	55
6.5	PROSTOROVÉ A ATRIBUTOVÉ DOTAZY SPOJENÉ S MOBILIÁŘEM.....	55
7	ZÁVĚR.....	66
	LITERATURA.....	68
	SEZNAM PŘÍLOH.....	69
	PŘÍLOHY.....	70

1 Úvod

V dnešní moderní společnosti je velmi důležité mít přehled o svém majetku. Proto vznikají databáze, které pomáhají s jeho evidencí. Snahou je podchytit v nich co nejvíce informací, aby se co nejméně omezil přímý kontakt člověka s daným předmětem. V těchto informacích (atributech) nelze ovšem udržovat všechny jeho vlastnosti. Jedná se hlavně o lokalizační a geometrické. Z těchto důvodů vznikají prostorové databáze, které daná omezení atributových databází odstraňují. V současné době jsou nejvíce využívány v prostředí geografických informačních systémů (GIS).

Evidence Národního památkového ústavu (NPÚ) probíhá pomocí prostorové databáze spravované systémem paGIS až na úroveň parcelních hranic chráněných objektů. Pro většinu památek v ČR je nynější způsob evidence dostatečný, ovšem od správců rozsáhlých památkových areálů (zejména hradů a zámků), kde je koncentrace památkově chráněného majetku daleko vyšší, přichází požadavek na podrobnější prostorový popis nemovitého majetku i na evidenci umístění mobiliáře. Proto vzniká ve spolupráci NPÚ, Státního Zámku Kozel a ZČU v Plzni tato diplomová práce, která se zabývá koncepcí takové databázové struktury, která umožní prostorově evidovat nejen nemovitosti a jejich části, ale i movitý kulturní majetek (mobiliář), tedy v podstatě veškeré předměty s památkovou ochranou.

Za tímto účelem je nutné provést kvalitní sběr dat a získaná data převést do prostorové databáze. V dnešní době již není problém získat geometrické informace o předmětech. K tomu je využíváno laserového skenování. Problémem je přenést data do geodatové báze tak, aby se nenarušila základní koncepce a integrita ostatních dat. Důležité je si také určit, které předměty budou prostorově identifikovány přímo a které nepřímo.

Diplomová práce se nejprve zaměřuje na způsoby reprezentace 3D prvků z reálného světa v digitálním prostředí. Je vytvořena rešerše reprezentací, popisující zobrazení pomocí drátěných, povrchových a objemových modelů s odkazem na CAD a GIS. Popsány jsou základní vlastnosti topologie prvků. Zmíněny jsou formáty, se kterými uvedené systémy pracují. Dále je vysvětlen pojem prostorové databáze (geodatová báze), kam jsou naměřená a zpracovaná data v CAD prostředí importována za účelem evidence. K tomu je využita na základě požadavků zadavatele ESRI Personal Geodatabase (geodatabáze), jenž je spravována programem ArcGIS. Jsou popsány vlastnosti, výhody a omezení současného 3D GIS v programu ArcGIS. Je vytvořena metodika převodu dat z CAD do geodatabáze a naopak, řešící problém správného zobrazování vertikálních prvků, které jsou velmi problematické v programu ArcGIS. Je zmíněn i možný export geodatových dat do formátu KML, který slouží k vizualizaci dat na Google Earth, kde je umožněno se procházet v interiérech budov, což zatím v současné době není obvyklé.

Po seznámení se základními aspekty 3D GIS, prostorových databází, importu a exportu mezi

CAD a GIS je řešena otázka návrhu koncepčního datového modelu rozšiřující současný stav evidence paGIS. Při rozšiřování je nutné správně propojit nové prvkové třídy přes primární a cizí klíče se stávajícími prvkovými třídami. Dále je nutné navrhnout správná topologická pravidla tak, aby se nenarušil stávající stav. S tím souvisí i nastavení topologických priorit vrstev. Základní myšlenka evidence prvků v interiérech budov je dekompozice budov na jednotlivé místnosti, jejichž tvar vychází z geometrie zdí, podlah, stropů a jiných stavebních prvků.

Závěrem jsou popsány vizualizační možnosti v programu ArcGIS. Hlavním problémem je využití prostorových dotazů k lokalizaci mobiliáře. Jsou vytvořeny metody dotazující se na mobiliář umístěný v dané místnosti a na místnost výskytu daného mobiliáře.

2 Způsoby reprezentace 3D dat

U modelování prostorových dat je důležité nejprve navrhnout, jakým způsobem data ukládat a jak je reprezentovat. Geodata jsou ukládána ve vektorové či rastrové formě nebo v jejich kombinaci. Prostorové objekty jsou vektorové, jestliže jsou reprezentovány jedním ze základních geometrických primitiv, jako jsou body, linie, plochy, které jsou prostorově určeny kartézským souřadnicovým systémem. Stejný prostorový objekt může být uložen v rastrové podobě, jestliže se rozdělí na jednotlivé pixely [RAHM08].

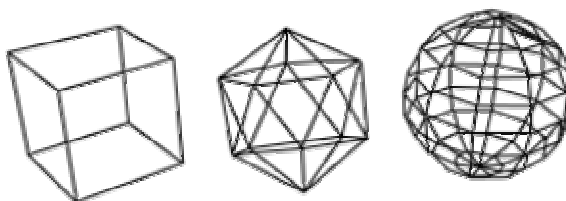
Pomocí těchto základních typů lze vizualizovat objekty různými datovými reprezentacemi modelů, které lze například dělit podle dimenze primitiv, ze kterých jsou modely tvořeny – body (0D), linie (1D), stěny (2D) a objemová tělesa (3D).¹ Zdroj [WIKN09] podle tohoto pohledu rozděluje modely podle způsobu reprezentace takto:

- a) drátěný model – určen hranami,
- b) povrchový (hraniční) model – určen stěnami,
- c) objemový model – určen velikostí stran podstavy a výškou.

Podrobnější dělení je popsáno v následujících kapitolách. Informace byly čerpány především z [RAHM08], [ZLAT06] a [WIKN09].

2.1 Drátěné modely

Drátěné (wireframe) modely jsou reprezentovány pouze prostřednictvím bodů (vektorů) a jejich spojnic bez ohledu na viditelnost [VUGT09]. Z dané definice vyplývá, že při zobrazování složitějších objektů se ztrácí prostorová přehlednost o daném objektu (viz obrázek 2-1). Proto se přechází na vyplňování prostorů mezi hranami plochami, a tím vznikají povrchové modely (viz kapitola 2.2).

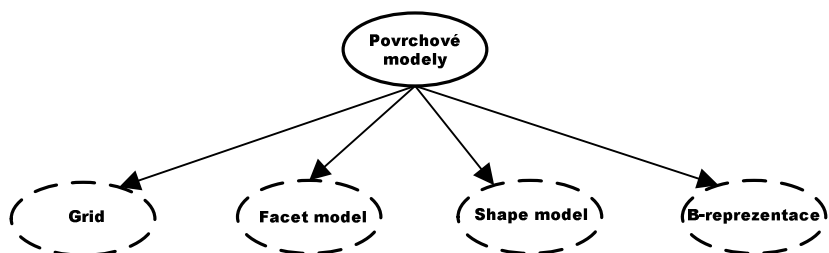


Obrázek 2-1: Příklady drátěného modelu. Převzato z [WIKI09a].

2.2 Povrchové modely

Mezi povrchové modely se řadí zobrazování povrchu pomocí mřížky (*grid* a *shape* model), stěnového modelu (*facet* model) nebo *B-representace*. Základní dělení vychází z obrázku 2-2.

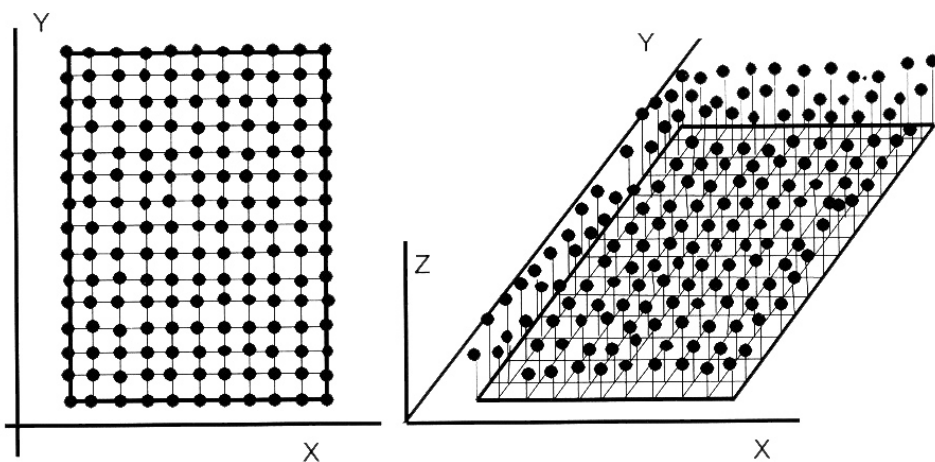
¹ Modely tvořené pouze body lze nahradit B-reprezentací, která spadá do povrchových modelů (viz kapitola 2.2.4).



Obrázek 2-2: Schéma rozdělující povrchové modely. Převzato z [RAHM08].

2.2.1 Grid

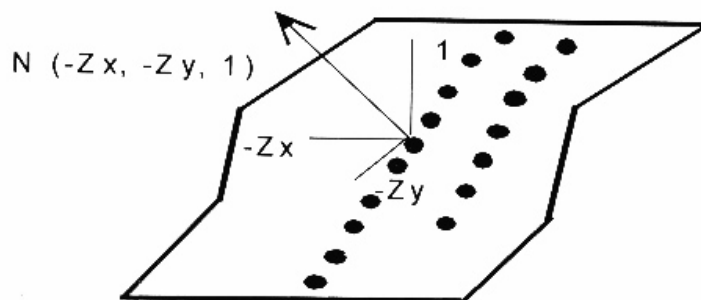
Reprezentace prvků v datovém modelu pomocí mřížky bývá nejrozšířenější metodou zobrazování povrchu v GIS. Nejčastěji se vyskytuje při ztvárnění digitálního modelu terénu (DMT). Výhodou je jednoduchá tvorba mřížky a její implementace v programech. Každý bod o souřadnicích X, Y nese údaj, který zpravidla obsahuje nadmořskou výšku bodu, ale stejně tak může nést například hodnotu jasu (např. u fotografií). V počítačovém programování bývá grid označován jako dvourozměrné pole. Z podstaty takové struktury plyne, že nelze přiřadit jednomu bodu dvě a více hodnot, jako tomu je u vertikálních prvků (např. zdí). Proto je grid nevýhodný k modelaci složitých prostorových objektů, jako jsou budovy či jiné členité objekty. Příklad mřížky lze vidět na obrázku 2-3.



Obrázek 2-3: Pravidelná mřížka (grid). Převzato z [RAHM08].

2.2.2 Shape model

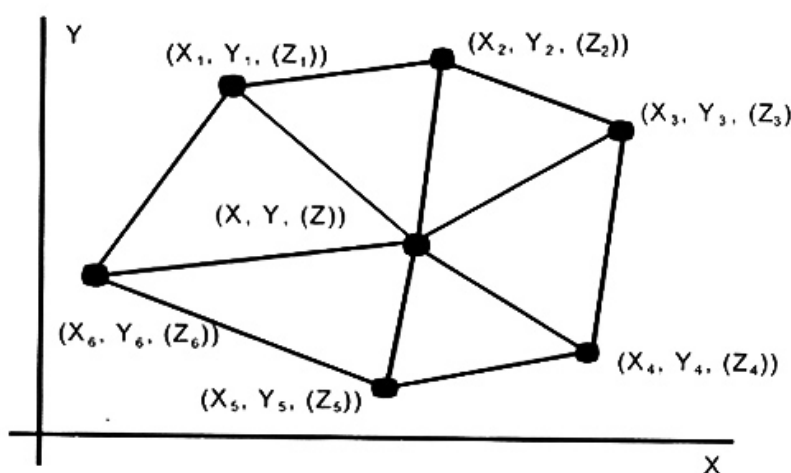
Obdoba gridu je shape model, ale místo souřadnice Z se skládá hodnota gradientu největšího spádu, charakterizující sklon roviny v daném okolí. Ze znalosti gradientu a normálového vektoru v určitém bodě lze určit tvar povrchu. Příklad tvorby shape modelu lze vidět na obrázku 2-4.



Obrázek 2-4: Shape model. Převzato z [RAHM08].

2.2.3 Facet model

Prvky reálného světa jsou reprezentovány ve facet modelu rovinnými útvary (trojúhelníky) různých velikostí a tvarů. Plochy, které jsou ve 3D reprezentovány více jak třemi body jsou z pravidla nerovinnými útvary a pro topologická zpracování a jiné analýzy jsou nevhodné [ZLAT06]. Každý polygon je proto triangulací rozdělen na rovinné prvky (viz obrázek 2-5). Jeden z nejrozšířenějších facet modelů využívá trojúhelníkových ploch nazývaných nepravidelná trojúhelníková síť (*TIN – Triangular Irregular Network*). Slouží k popisu digitálního modelu terénu. Hlavní výhodou je zachování všech původních bodů, ze kterých je TIN vytvořen. Každý bod uvnitř sítě je shodný s bodem před triangulací. TIN nelze použít, pokud je na vstupu bodů nedostatek, kvůli velmi nepřesné aproximaci skutečné oblasti. Na principu facet modelů pracují i polygonové *ESRI shapefile* formáty v prostředí GIS (viz kapitola 3.5).

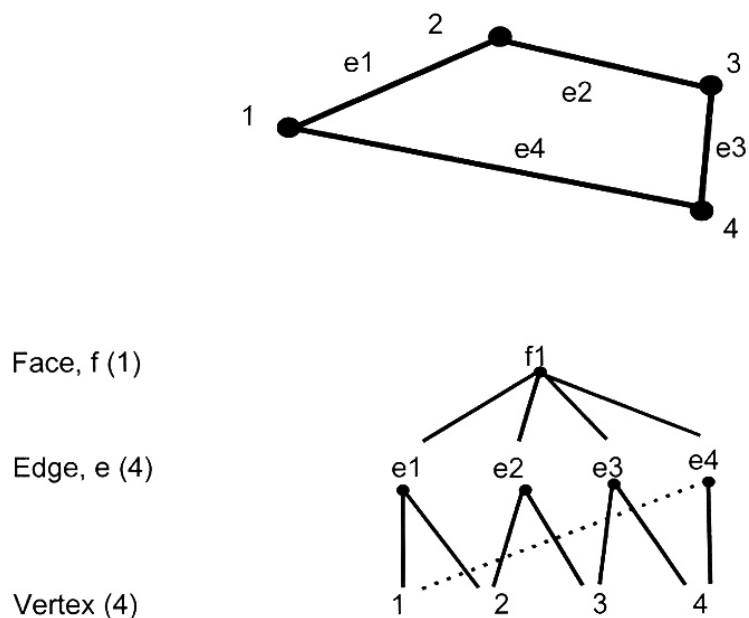


Obrázek 2-5: Facet model. Převzato z [RAHM08].

2.2.4 B-representace (Boundary representation)

B-representace zobrazuje prvky pomocí kombinace základních primitiv (uzel, hrana, stěna, objem). Příkladem reprezentace pomocí uzlů mohou být samostatné body nebo body aproximující linii či plochu. Reprezentace hran může být tvořena rovnými liniemi, oblouky nebo kružnicemi.

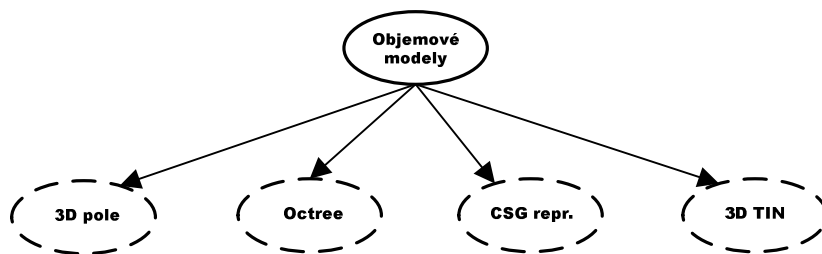
Zobrazení stěn se může skládat z rovinných, obloukovitých, válcových nebo kuželovitých ploch. Na obrázku 2-6 je příklad B-representace polygonového objektu. Nejčastěji se lze setkat s B-reprezentací v prostředí CAD. Zobrazovat lze pomocí objemových primitiv (válec, kužel, kvádr) i další prostorové prvky s využitím principu orientovaných stěn, ale kvůli výpočetní složitosti a nedostatečně výkonným boolean operací se používá pouze na zobrazování pravidelných a rovinných objektů.



Obrázek 2-6: B-representace. Převzato z [RAHM08].

2.3 Objemové modely

Mezi objemové modely patří *3D pole*, *octree*, *CSG reprezentace* a *3D TIN* (obrázek 2-7). Z názvu kapitoly je patrné, že modely tvoří prostorová tělesa popisující daný prvek. Více v jednotlivých podkapitolách.

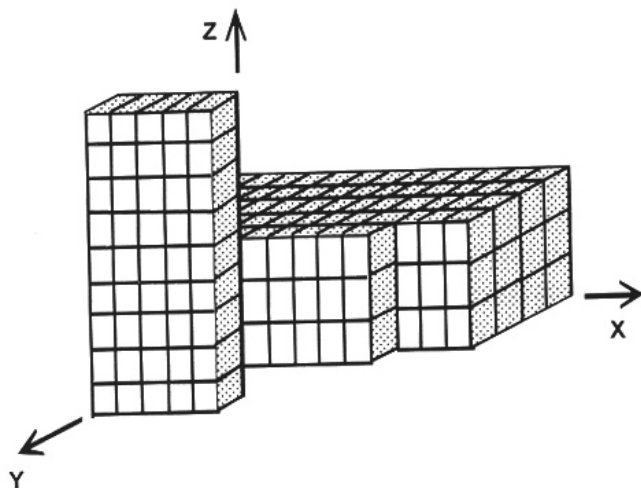


Obrázek 2-7: Objemové modely. Převzato z [RAHM08].

2.3.1 3D pole

Stejně jak platí grid pro plošné prvky, tak 3D pole platí pro trojrozměrné (objemové) modely. Struktura pracuje se souřadnicemi X, Y, Z. Bod na daných souřadnicích může nést další

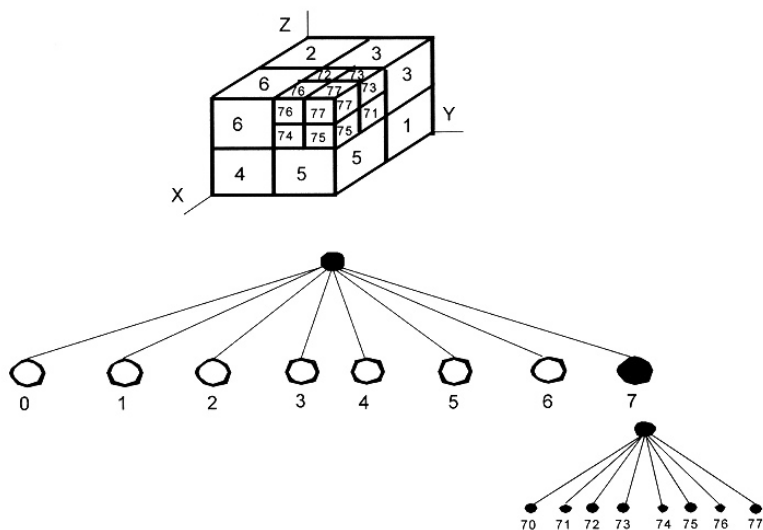
informace, které více specifikují jeho vlastnosti (např. barva, velikost...). Implementace struktury je sice jednoduchá, ale pro některé úlohy nepraktická. Například, pokud existuje pole buněk se stejnými hodnotami, je vytvářeno velké množství nadbytečných informací při ukládání do počítačové paměti. 3D pole klade značné nároky na výpočetní výkon, proto se v praxi zřídka používá. Pro lepší způsob reprezentace 3D prvků je změna velikosti buňky na tzv. voxels (viz dále), jenž využívá techniku reprezentace pomocí octree. Příklad 3D pole je na obrázku 2-8.



Obrázek 2-8: 3D pole. Převzato z [RAHM08].

2.3.2 Octree

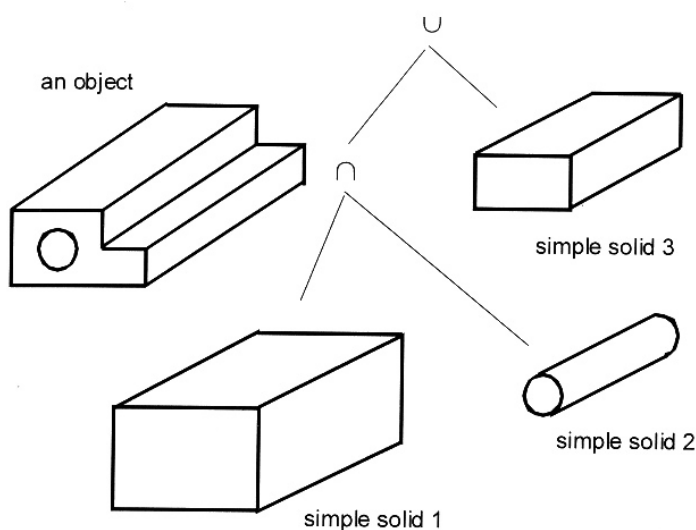
Octree je hierarchická datová struktura, která rozděluje zobrazovaný objekt na abstraktní kubické části (*voxels*). Stromová struktura octree je obdobou jiného typu indexace s názvem quadtree pro prostorové modelování dat. Zobrazovaný prostor (kořen stromu) se dělí rekurzivně na menší podprostory a ty jsou pak ukládány do stromové struktury. Výhodou je jednoduchý přístup přes booleovské operace a vizualizace pomocí renderovacích algoritmů. Podmínkou ovšem je mít velký úložný prostor. Příklad indexace octree je na obrázku 2-9.



Obrázek 2-9: Octree. Převzato z [RAHM08].

2.3.3 CSG reprezentace

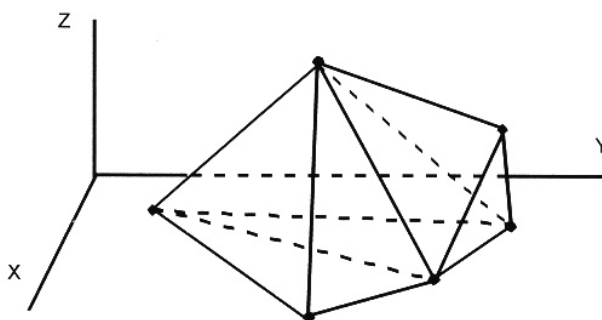
Zkratka CSG vychází z anglického názvu *Constructive Solid Geometry* (dále už jen CSG). Již z názvu je patrné, že se jedná o sestrojování objektů ze základních prostorových objektů (kostky, kužele, koule, jehlany). Kombinací těchto primitiv je získán zobrazovaný objekt (viz obrázek 2-10). K tomu se využívají základní geometrické operace jako překlápění, rotace, škálování spolu s booleanovskými operacemi jako sloučení (union), průnik (intersection) a rozdělávání (subtraction). S rostoucím množstvím použitých primitiv roste i potřebný úložný prostor. Struktura není vhodná pro modelování nepravidelných objektů. K tomu je opět požadován vysoký výpočetní výkon.



Obrázek 2-10: CSG reprezentace. Převzato z [RAHM08].

2.3.4 3D TIN (TEN)

3D TIN (*TEN* - *Tetrahedral Network*) je pouze rozšířený TIN. TEN je tvořen trojbokými jehlany, které se skládají ze 4 stěn, 6 hran a 4 uzlů. Stejně tak, jak je vytvářen TIN pomocí Voronoiových diagramů, je TEN tvořen pomocí Voronoiových mnohostěnů. Velkou výhodou je reprezentace omezená jen na bod, linii, povrch a objem, čímž je mnohem rychlejší topologické zpracování a zobrazování oproti jiným objemovým modelům.



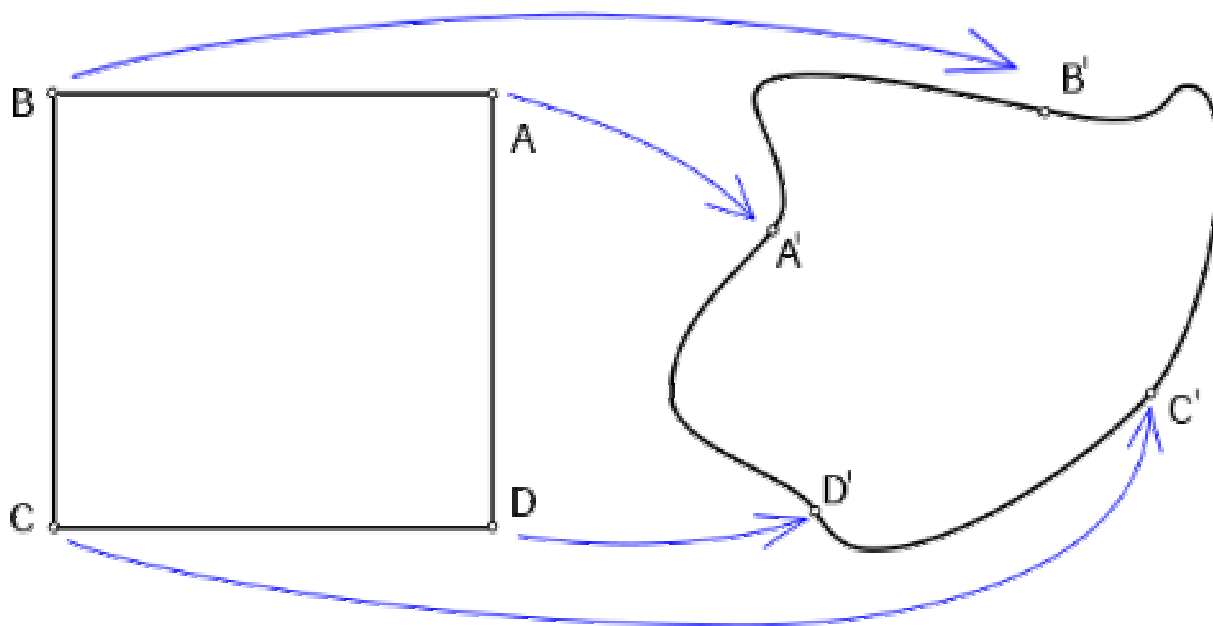
Obr. 2-11: 3D TIN (*TEN*). Převzato z [RAHM08].

2.4 Topologie prvků

Topologie se zabývá matematickým popisem polohy geometrických útvarů mezi sebou, ale nezáleží jí na geometrických vlastnostech (tvar). Popisuje vztahy mezi body, liniemi, množinami a objekty a řeší zobrazování daných prvků. Topologická ekvivalence v zobrazení geometrických objektů se nazývá homeomorfismus. K provádění nejrůznějších analýz v GIS projektech je nutno udržovat data topologicky čistá. Popis topologického zobrazení a vlastnosti homeomorfismu je převzat z [VRAC07]. Význam topologicky čistých dat je převzat z [JEDL07].

Topologické zobrazení

Topologické zobrazení je takové zobrazení, při kterém se obecně nezachovávají úhly ani délky. Dochází při něm ke změně tvaru geometrických útvarů, což se označuje jako topologická transformace (někdy se také hovoří o topologické deformaci). Při topologické transformaci se zachovává příslušnost (incidence) bodu k dané křivce a také pořadí bodů na křivce. Z toho vyplývá, že při topologické transformaci zůstává uzavřená křivka uzavřenou a neuzavřená se transformuje opět na neuzavřenou křivku. Také poloha bodu vzhledem k uzavřené křivce (tzn. zda je uvnitř nebo vně křivky) se zachovává.



Obrázek 2-12: Příklad topologického zobrazení z geometrie prvku. Převzato z [WIKI09b].

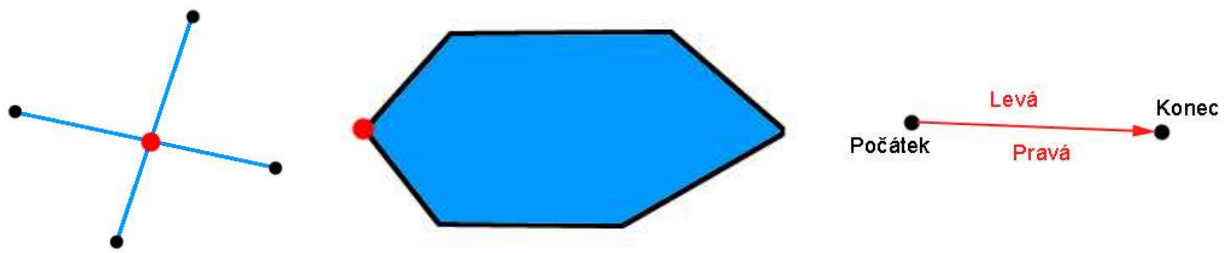
Homeomorfismus

Intuitivně lze dojít k tomu, že dva prostory jsou topologicky ekvivalentní, když jeden z nich lze různými deformacemi převést na druhý bez dělení nebo spojování jejich hranic. Pod pojmem homeomorfní útvary si lze představit například kružnici, elipsu, čtverec nebo trojúhelník, které lze pomocí topologického zobrazení deformovat vzájemně mezi sebou (např. z kružnice lze deformacemi získat velmi jednoduše elipsu, ale také čtverec i trojúhelník). Samozřejmě jsou si ekvivalentní různě velké útvary stejného typu (různě velké poloměry kružnic nebo různě velké čtverce). Proto lze považovat (z hlediska topologie) čtverec a kružnici za rovnocenné útvary, které dělí plochu na dvě části.

Topologicky čistá data

Topologicky čistá data jsou rozhodujícím faktorem pro kvalitu celé geografické datové báze. Čistotu lze zajistit bezchybnou digitalizací a topologickými kontrolami. Pro tvorbu topologicky čistých dat se používají uvedené základní koncepty:

- konektivita – dvě linie se na sebe napojují v uzlech,
- definice plochy – linie uzavírající plochu definují polygon,
- sousednost – vychází z principu okřídlené hrany; linie mají směr a nesou informaci o objektech napravo a nalevo od nich.



Obrázek 2-13: Základní koncepty topologicky čistých dat – konektivita, definice plochy a sousednost. Převzato z [JEDL07].

Uvedené koncepty jsou základním kamenem pro další operace, které pomáhají data topologicky čistit. Mezi hlavní lze zařadit:

- eliminace duplikátních linií,
- odstranění nedotahů a přetahů,
- nalezení průsečíků dvou nebo více liniových prvků a jejich následná segmentace,
- odstranění nadbytečných centroidů u reprezentací používajících pro zobrazení polygonů metodu hranic a centroidů.

2.5 Shrnutí

V kapitole 2 je vytvořena rešerše způsobů reprezentace dat v digitálním prostředí a je seznámeno s prostorovými vztahy mezi prvky – topologie. Z výčtu reprezentací jsou pro GIS nejdůležitější facet modely, které jsou často implementovány v GIS datových strukturách využívajících topologické vazby spolu se základními třemi vlastnostmi prostorových dat v digitálním prostředí (geometrie, atributy a prostorová identifikace dat).

CAD systémy dávají důraz hlavně na geometrii objektů. Nejčastěji se v nich setkáváme s CSG a B-reprezentací zobrazující drátěné, povrchové či objemové modely.

V [HRAD09] jsou primární data zpracovávána do drátěného modelu, která je nutné převést na povrchový model (facet model), se kterým je dále možné pracovat v ESRI Geodatabase. Při převodu dat je brán zřetel na topologii prvků, která se řídí koncepty zmíněnými v kapitole 2.4. Vektorové formáty potřebné k danému převodu budou popsány v další kapitole.

3 Základní vektorové formáty CAD a GIS prostředí

Obsahem této kapitoly je základní výčet CAD a GIS vektorových formátů umožňující práci s 3D daty, které jsou klíčové pro tvorbu geografické datové báze v programu ArcGIS za účelem evidence a distribuce památkově chráněného majetku. Primární data tvořená v CAD aplikacích mohou být ukládána ve formátech *DXF*, *DWG* a *DGN*. Následně jsou převáděna do GIS vektorových formátů *ESRI Shapefile* či *ESRI Geodatabase* (formát je podrobněji popsán v kapitole 4). Dále lze data z geodatabáze distribuovat pomocí formátu KML na Google Earth.

3.1 DXF formát

DXF formát (zkratka názvu *Drawing eXchange File Format*) byl vyvinut firmou AutoDesk jako výměnný formát mezi převážně grafickými programy typu CAD. Původně se mělo jednat o formát, který by zajišťoval komunikaci mezi CAD aplikacemi, resp. přenosem dat ze souboru DWG nativním pro AutoCAD a ostatními aplikacemi, vytvořenými jinými softwarovými vývojáři. Postupem času se formát s příponou *.dxf rozšířil a zakomponoval do aplikací a modelovacích programů. Nevýhodou tohoto formátu je značná velikost v porovnání například s dalším CAD formátem DWG. Je to způsobeno tím, že při zápisu je každému atributu (barva, souřadnice...) přiřazen jeden číselný kód uložený na samostatné řádce. Další nevýhodou je u 3D dat specifikace optických vlastností těles (textura, světlost...). Proto se většina aplikací zaměřuje pouze na základní geometrické vlastnosti a uvedený problém neřeší. Více o tomto formátu v [ROOT08].

3.2 DWG formát

DWG je uzavřený formát (odvozen od slova *DraWinG*), který byl vyvinut firmou AutoDesk nativně pro program AutoCAD. Všechny výkresy rýsované v aplikaci AutoCAD jsou ukládány do souboru s příponou *.dwg. Od vzniku tohoto formátu (1982) se vytvořilo přes 18 jeho variant. V současné době se nezisková společnost s více než šesti sty členy Open Design Alliance (ODA) věnuje dekódování a publikování specifikací formátu DWG. Získaný formát je označován jako OpenDWG, který pomocí softwarových knihoven DWGdirect lze zakomponovat pro plnou podporu formátů verze DWG 2007 i v aplikacích jiných než AutoCAD. Skrze knihovny DWGdirect bude software vyvíjený firmami spadajícími do ODA podporovat čtení, zápis, prohlížení i editování formátu DWG 2007. Soubory DWG takto vytvořené by zároveň neměly být v programech AutoCAD rozpoznány jako neoriginální. Více o specifikacích formátu OpenDWG [ODAL08].

3.3 DGN formát

DGN formát (odvozen od slova *DesiGN*) byl vyvinut firmou Bentley Systems přímo pro program Microstation. V současnosti existují dvě verze tohoto formátu. Pod verzí V7 se rozumí původně vyvíjený formát DGN, často bez explicitního označení verze. Aktuální formát DGN je již ve verzi V8. Největší nevýhodou verze V8 je, že není zpětně kompatibilní s dřívějšími verzemi. Proto se stále často setkáváme s verzí V7, která se používá již od poloviny osmdesátých let 20. století. Co se týče DGN V8, jedná se o otevřený formát (označovaný jako OpenDGN), což umožňuje, aby výkresy v tomto formátu načítaly nebo vytvářely i aplikace nezávislé na programu MicroStation.

DGN V7

Ve formátu DGN jsou ve většině případů uložena data dlouhodobějšího charakteru, data trvalé hodnoty, data, která si vyměňují velké množství subjektů z různých oborů. Firma Bentley Systems si byla vždy vědoma klíčového významu těchto dat pro firmy a organizace, a proto po dobu více než 15 let zůstala základní struktura formátu DGN v podstatě beze změny. Jak již bylo uvedeno, došlo k některým dílčím rozšířením, stále však zůstávala zachována zpětná kompatibilita dat. To je princip, kdy je možné data vytvořená v novější verzi softwaru otevřít i ve starší verzi, pouze vlastnosti novější verze softwaru použité v datech jsou pochopitelně ignorovány. Například pokud byste otevřeli data s uživatelskými styly (druhy) čar v MicroStation 4.0, který ještě tyto atributy nepodporoval, prvky by se zobrazily plnou čarou. Díky zpětné kompatibilitě mohou být dodavatelé a odběratelé dat vybaveni různými verzemi softwaru, a přesto si mohou data bez problémů předávat – stačí, když si dohodnou pravidla předávání např. ve formě směrnice.

DGN V8

Neměnnost formátu má své jednoznačné výhody, na druhé straně má tento přístup i své nevýhody v tom, že některé požadavky na rozšíření funkčnosti MicroStationu ze strany uživatelů musely být odsouvány právě z důvodu nemožnosti realizovat je bez zásahu do datového formátu. K zásadní změně se společnost Bentley Systems rozhodla až v roce 2001, kdy byl současně s novou verzí MicroStation V8 uveden i nový formát DGN V8. Autorskému týmu v čele s Keith Bentleyem se při jeho návrhu podařilo splnit tyto hlavní cíle:

- byla odstraněna všechna známá omezení formátu DGN V7 jako je maximální počet vrstev, maximální velikost souboru apod.,
- standardní entity prvků a jejich atributy jsou nadmnožinou entit ve formátech DGN V7 a DWG - např. při importu dat z DWG nedochází ke ztrátě informací, resp. nedochází k náhradě komplexnějších prvků jednoduššími,

- formát je snáze rozšiřitelný, umožňuje větší flexibilitu v tom, co může být v souboru uloženo - v souboru je například možné ukládat i popisná data ve formátu XML,
- formát umožňuje zcela nové vlastnosti, např. sledovat historii změn ve výkresu, ukládat více nezávislých modelů v jednom souboru apod.,
- celkově byl nový formát DGN navržen tak, aby jeho základní strukturu nebylo nutné měnit po dobu minimálně dalších 15 až 20 let. Již zmíněná nezávislá organizace Open Design Alliance (kapitola 3.2), která se snaží propagovat otevřenost CAD formátů, označuje formát DGN V8 jako jeden z nejlépe navržených CAD formátů v historii.

Více o tomto formátu a rozdílech obou verzí v [VASI05] a [GISO04].

3.4 KML formát

KML (*Keyhole Markup Language*) je otevřený standard oficiálně nazvaný OpenGIS® KML Encoding Standard. Od roku 2008 je standardem OGC (*Open Geospatial Consortium*). KML je určen pro přenos geografických dat, používaný hlavně v programech Google Maps, Google Earth a Google Mobile. Díky své otevřenosti a jednoduché struktuře založené na XML lze data ručně upravovat. Detailní specifikace lze nalézt na [OGCO09].

3.5 ESRI Shapefile formát

ESRI Shapefile je otevřený prostorový vektorový formát vyvíjený společností ESRI určený pro GIS software. Prostorově určuje geometrii bodů, linií a polygonů. Každému prvku jsou přiřazeny atributy, které ho podrobněji popisují. ESRI Shapefile je tvořen soubory typu *.shp, *.shx, *.dbf, jejichž specifikace vycházejí z [ESRI98] a [ESRI09] a budou zmíněny níže. Název všech zmíněných souborů musí být shodný. ESRI Shapefile může volitelně obsahovat ještě další soubory, které jsou vyjmenovány níže.

***.SHP**

Soubor obsahuje primární geografická data. Jeho struktura je rozdělena na hlavičku souboru, hlavičku záznamu a obsah záznamu. Velikost hlavičky souboru je 100 bytů. Nacházejí se v ní hodnoty pro celkovou délku souboru, označení typu shapefile (např. Point, Polyline, Polygon Multipatch...) a velikost MOO („minimální ohraničující obdélník“) oblasti pro osy X a Y obsahující všechny prvky. Každý prvek musí být stejného typu. Pokud je shapefile prázdný, hodnoty Xmin, Ymin, Xmax a Ymax zůstanou nespecifikované. V hlavičce záznamu se ukládá číslo záznamu

a jeho délka. Hlavička obsahuje řetězec o fixní délce 8 bytů. Obsah záznamu je složen z tvarových typů následované geometrickými daty pro každý prvek. Délka záznamu závisí na počtu částí a uzlů v jednotlivém prvku.

Hlavička souboru	
Hlavička záznamu	Obsah záznamu
Hlavička záznamu	Obsah záznamu
Hlavička záznamu	Obsah záznamu
Hlavička záznamu	Obsah záznamu
...	...
Hlavička záznamu	Obsah záznamu

*Tabulka 3-1: Základní rozdělení souboru *.shp.*

***.SHX**

Soubor odkazově spojuje geometrické prvky ze souboru *.shp na atributové řádky v souboru *.dbf (viz dále). Organizace dat v souboru je rozdělena na hlavičku souboru a jednotlivé záznamy indexů. Každý i-tý záznam odkazuje na i-tý prvek v souboru *.shp a na i-tý řádek atributové tabulky v souboru *.dbf.

Hlavička záznamu
Záznam
Záznam
...
Záznam

*Tabulka 3-2: Základní rozdělení souboru *.shx.*

***.DBF**

Soubor *.dbf (označován *dBASE* tabulka) obsahuje atributy k daným prvkům. V tabulce každý záznam odpovídá jednomu prvku v souboru *.shp.

Další soubory obsahuje shapefile volitelně:

*.**SBN** a *.**SBX** – soubor s prostorovými indexy prvků,

*.**FBN** a *.**FBX** – soubory s prostorovými indexy prvků, které jsou pouze pro čtení,

*.**AIN** a *.**AIH** – soubory s atributovým indexem aktivních polí v tabulce,

*.**ATX** – tento soubor je vytvořen pro každý shapefile nebo databázový atributový index vytvořený v programu ArcCatalog,

- *.**IXS** – geokódovací index pro editaci shapefile,
- *.**MXS** – geokódovací index pro editaci shapefile (ODB formát),
- *.**PRJ** – soubor s informacemi o souřadnicovém systému,
- *.**XML** – metadata pro ArcGIS,
- *.**CPG** – soubor, ve kterém může být uvedeno kódování pro identifikaci užitých znaků.

3.6 Shrnutí

V rámci diplomové práce se setkáváme s formáty DXF/DWG/DGN z prostředí CAD a s formáty KML, ESRI Shapefile a ESRI Geodatabase z prostředí GIS umožňujícími vektorově ukládat 3D objekty. Poslednímu zmíněnému vektorovému formátu je vyčleněna kapitola 4. ESRI vyvinula ještě jeden starší vektorový formát *Coverage*, ze kterého se vyvinula dnešní ESRI Geodatabase, ale pro práci nebyl důležitý, a proto zmíněn nebyl. Jeho specifikace lze nalézt na [ESRI09].

4 Relační geografické databáze

Relační geografická databáze (geodatová báze) je jedním z typů databázových modelů, která je hojně využívána v prostředí GIS (výčet všech typů modelů a jejich podrobný popis lze nalézt na [VRAC07]). Je složena z tabulek (nebo také prvkových tříd či vrstev), které jsou mezi sebou propojeny pomocí primárních a cizích klíčů do atributových relačních vazeb. Sloupce v tabulce představují atributy a řádky jednotlivé entity (prvky), které jsou jednoznačně identifikovány pomocí unikátního klíče. V geodatových bázích jsou uloženy pomocí prostorových indexů, na jejichž základě lze provádět prostorové dotazování a vytvářet topologické vazby. Tabulky, které mají podobné zaměření, jsou sdružovány do logických abstraktních tříd. Základní složení a vlastnosti relačních databází vychází z [VOKO03] a [VRAC07].

Atributy

Atributy nesou informace o vlastnostech daného prvku (například ve třídě *Stromy* se evidují atributy *NAZEV*, *VYSKA*, *STARI* a pod.). Každému atributu se musí přiřadit datový typ (např. integer, string, date...). V geodatových bázích existuje ještě prostorový atribut sloužící k ukládání geometrie objektu.

Entity (prvky)

V geodatové bázi entita tvoří jeden konkrétní prvek (řádek v tabulce), který je od ostatních prvků vždy odlišen unikátním klíčem (např. *OID* – *Object ID*). V geodatové bázi může představovat objekt skutečného světa odlišený nejenom pomocí *OID*, ale i umístěním v prostoru a geometrií prvků. Každá tabulka může obsahovat *N* prvků.

Tabulky

Tabulky (nebo též relace či prvkové třídy) obsahují soubor jednoznačně identifikovatelných entit definovaných atributy.

Atributové relační vazby

Spojení mezi dvěma tabulkami, které spolu souvisejí, vytvořené pomocí primárního a cizího klíče (viz dále).

Topologie

Definují prostorové vazby pro entity z jedné či více tabulek, kterou určují topologická pravidla vycházejících z podmínek pro vzájemnou polohu entit. Tvorba topologie je u každého

databázového systému odlišná.

Klíče

V databázích velkou úlohu zastupují tzv. klíče. Jejich hlavní funkcí je spojování tabulek přes primární a cizí klíče. Unikátnost klíčů slouží také pro jednoznačnou identifikaci prvků v tabulkách, pomocí kterých lze jednotlivé prvky rychle vyhledávat.

Primární klíč (*Primary key*) je jednoznačný identifikátor entity (řádku tabulky). Primárním klíčem může být jediný sloupec či kombinace více sloupců tak, aby byla zaručena jeho jednoznačnost. Pole klíče musí obsahovat hodnotu, tzn. nesmí se zde vyskytovat nedefinovaná prázdná hodnota NULL. V praxi se dnes často používají umělé klíče, což jsou číselné či písmenné identifikátory - každý nový záznam dostává identifikátor odlišný od identifikátorů všech předchozích záznamů (požadavek na unikátnost klíče). Obvykle se jedná o celočíselné řady a každý nový záznam dostává číslo vždy o jednotku vyšší (zpravidla zcela automatizovaně), než je číslo u posledního vloženého záznamu (číselné označení záznamů s časem stoupá).

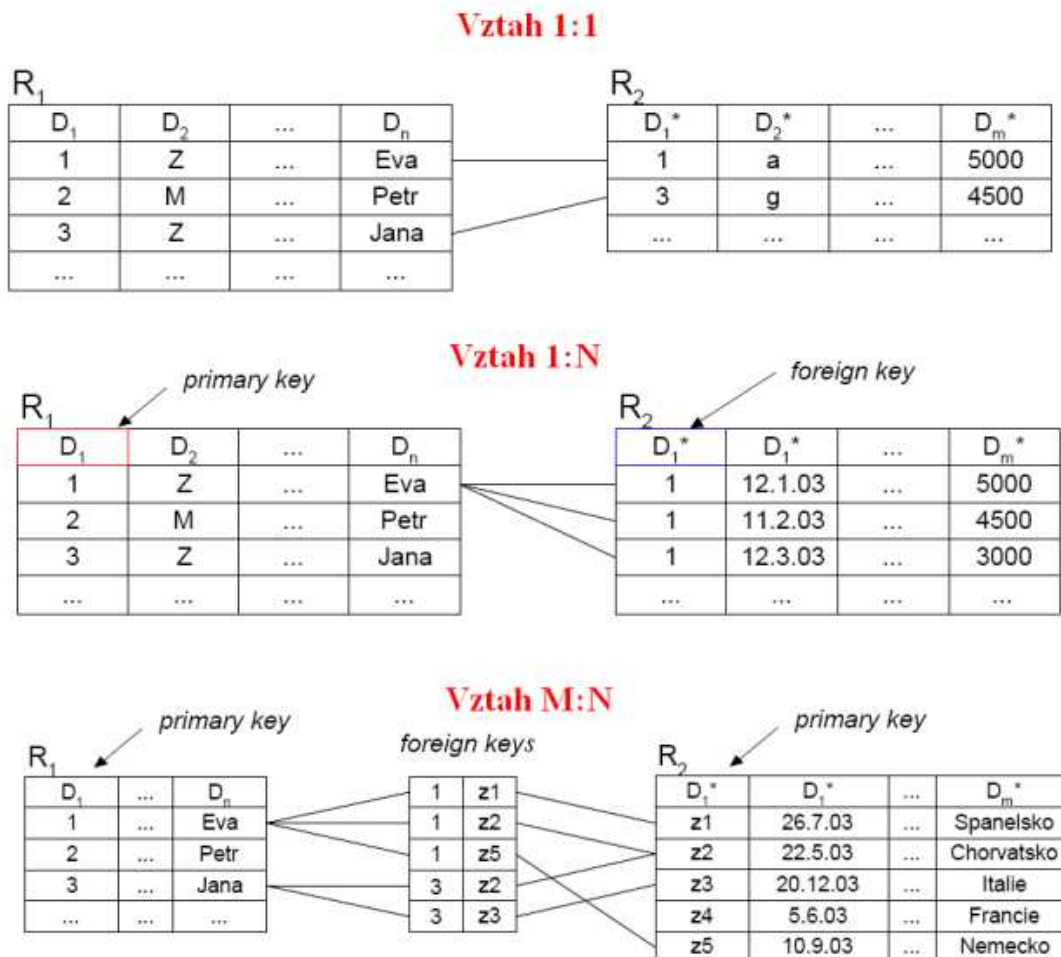
Cizí klíč (*Foreign key*) slouží pro vyjádření relací mezi databázovými tabulkami. Jedná se o pole či skupinu polí, která nám umožní identifikovat, které záznamy z různých tabulek spolu navzájem souvisejí.

Kardinalita atributových relačních vazeb

1:1 vazba – relace mezi jednou entitou z tabulky R_1 a jednou entitou z tabulky R_2 .

1:N vazba – jedné entitě z tabulky R_1 může připadat více entit z tabulky R_2 .

M:N vazba – jedné entitě z tabulky R_1 může připadat více entit z tabulky R_2 a jedné entitě z tabulky R_2 může připadat více entit z tabulky R_1 .



Obrázek 4-1: Kardinalita vazeb. Převzato [VOKO03].

4.1 ESRI Geodatabase

V kapitole je čerpáno především z [ARCD07], [GEOD09], [ESRI09] nebo [SLAD09], není-li uvedeno jinak. Geodatabáze je prostředí pro správu bází geografických dat (geoprostorových dat, geodat) vyvinuté firmou ESRI [VUGT09]. Data jsou ukládána do geodatabáze pomocí technologie ESRI ArcSDE, jež zprostředkovává požadavky mezi klientem a serverem (tzv. middleware). Zároveň umožňuje pracovat i s jinými SŘBD databázemi (např. Oracle, Informix, PostgreSQL, DB2, SQL Server,...). Do geodatabáze lze ukládat atributová data v tabulkách a vektorová nebo rastrová geografická data a vytvářet atributová či topologická spojení.

Na základě ArcSDE technologie byl vyvinut jednodušší typ geodatabáze – *ESRI Personal Geodatabase*. Jedná se o databázi, která není uložena na databázovém serveru, ale v binárním formátu *.mdb, který používá i aplikace Microsoft Access. Z tohoto důvodu má omezenou maximální velikost souboru na 2 GB. Další nevýhodou je nemožnost paralelní editace více uživateli. Na druhou stranu má tato databáze spoustu předností, jako např., dostačující správa méně objemných dat, přenosnost, rychlost přístupu, vytváření topologie aj. Ostatní typy geodatabáze

(ArcSDE Geodatabase, File Geodatabase) jsou popsány v nápovědě programu ArcGIS [ESRI09].

Uvnitř personální geodatabáze lze vytvářet tabulky s prvky bez prostorového určení (non-spatial tables) nebo také ukládat jak vektorová, tak i rastrová data do tzv. datasetů. Pro rastrová data slouží Raster Catalog nebo Raster Dataset. Pro účely evidence nemovitých kulturních památek jsou používána především vektorová data ukládaná do prvkového datasetu (Feature Dataset), kam patří takové prvkové třídy (Feature Classes), které mají společný souřadnicový systém a které mají mezi sebou topologické vazby, jako například přilehlost. Uvnitř vytvořeného datasetu lze přidávat prvkové třídy různého typu:

1. Bodová třída (*Points*) je tvořena objekty (např. stromy), které jsou příliš malé k reprezentaci pomocí linií či polygonů.
2. Liniová třída (*Lines*) reprezentuje takové liniové objekty, které jsou příliš úzké, aby byly reprezentovány plochou (např. potoky, cesty).
3. Polygonová třída (*Polygons*) reprezentuje homogenní objekty, které v přírodě či městské zástavbě tvoří jasně zřetelnou plochu (např. parkoviště, lesy, pole). Každý prvek je tvořen jedním polygonem.
4. Anotací třída (*Annotations*) zahrnuje vlastnosti jak zobrazovat popisy (text, symboly) v mapě. Definují se velikost a typ fontu a také tvar a velikost bodu, ke kterému je text vztažen.
5. Dimenzní třída (*Dimensions*) je speciální druh anotační třídy, která je schopna zobrazovat vzdálenost dvou definovaných prvků nebo délku liniového prvku.
6. Multi-bodová třída (*Multipoints*) zahrnuje všechny prvky, které jsou složeny z více jak jednoho bodu. Lze ji použít z dat získaných laserovým skenováním, kde prvek (např. budova) je tvořen mračnem bodů.
7. *Multipatch* se používá pro zobrazování složitějších geometrických objektů ve 3D prostoru. Třída dokáže zobrazovat jednoduché rovinné objekty (obdélníky, kruhy...) až po obecně zakřivené plochy a tělesa (krychle, jehlany...). Mnohdy se využívá pro modelaci budov. Tato třída je klíčová pro většinu prvků v interiérech budov kvůli bezproblémovému zobrazování vertikálních objektů (zdí). Nevýhodou typu je nemožnost geometrické editace (změna tvaru) prvku, a tudíž třídu nelze ani upravovat topologickými kontrolami. Proto se v současné době více používá výškový polygonový typ.

Při volbě typu prvkové třídy je možné zvolit, zda bude geometrie prvků zahrnovat výšku či nikoli (koncovka *Z* za názvem typu prvkové třídy – např. *polygonZ*). Týká se to bodové, multi-bodové, liniové a polygonové třídy. Třída *multipatch* je výškově brána automaticky. Při editaci lze každému uzlu přiřadit vedle souřadnic *X* a *Y* ještě výšku *Z*.

V rámci prvkového datasetu lze ještě přidávat relační třídy (Relationship class) a topologii (*Topology*), o kterých je pojednáno níže. Výčet zbylých tříd a datasetů, které lze do prvkového datasetu přidávat lze nalézt na [ESRI09] nebo [SLAD09].

K udržování integrity dat uvnitř geodatabáze slouží relační třídy, subtypy (*Subtypes*), domény (*Domain*) a tzv. kontrola při rozdělování a slučování prvků (*split and merge policies*). Relační třídy vytváří spojení mezi dvěma prvkovými třídami. Hlavní je nastavení kardinality vazby, určení primárních a cizích klíčů (viz úvod kapitoly 4) a nastavení kompozice vazby. Ta určuje, zda při odstranění nadřazené prvkové třídy bude zrušena i druhá prvková třída (lze se též setkat s termíny *Delete on cascade* či *Composite relationship*). Prvky v prvkových třídách je možno dělit dále do subtypů na základě společných vlastností. Všechny subtypy mají stejné atributy, které mohou být řízeny jinými doménami. Platí však pravidlo, že prvková třída může být rozdělena pouze na základě jednoho subtypu. Doména konkretizuje popisy atributů a lze ji použít ve více prvkových třídách. Při editaci prvků (při slučování nebo rozdělování) je nutné měnit i atributy daných prvků. O to se stará *split and merge policies* kontrolující chování změn dat v attributech. Pravidla kontrolování a další podrobnosti k udržování integrity dat v geodatabázi jsou uvedeny v [ESRI09].

4.2 Topologie v ESRI Geodatabase

V této kapitole je čerpáno především z [ESRI09] nebo [ESRI03], není-li uvedeno jinak. Získání topologicky čistých dat v ESRI Geodatabase lze rozdělit na dva základní kroky. První je správný sběr dat. Již při vektorizaci se často využívá funkce přichytávání na nejbližší vnitřní i koncové body a na hrany (*Snapping*). V takovém případě ovšem nelze vyloučit chybu lidského faktoru.

Ve druhém kroku je po zpracování přistoupeno ke kontrole (validaci) dat, jenž na základě topologických pravidel² nastavených uživatelem odhalí topologické chyby zpravidla vzniklé při vektorizaci či editaci dat.

Pro každou automatickou kontrolu topologie v geodatabázi vytvořenou programem ArcGIS se musí definovat několik základních charakteristik, které budou podrobněji popsány dále:

- jméno topologie,
- shlukovou toleranci použitou při kontrole topologie (*Cluster tolerance*),
- seznam tříd vstupujících do topologické kontroly,
- topologické priority (*Topology rank*),
- seznam topologických pravidel.

Při vytváření topologie jsou velmi důležitými parametry shluková tolerance v rovině xy a výšková tolerance v ose z. Obecně jsou voleny jako desetinásobek souřadnicové přesnosti

² Seznam topologických pravidel (viz níže) je dostupný na adrese <http://download.arcdata.cz/doc/TopologiePlakat.pdf>.

(*Coordinates tolerance*). Pokud je tedy pracováno s přesností souřadnic na 1 mm, pak bude tolerance nastavena na 1 cm. Při geodetickém měření jsou data často zaměřována s přesností v řádu centimetrů, proto by tolerance měla být nastavena na 1 decimetr.

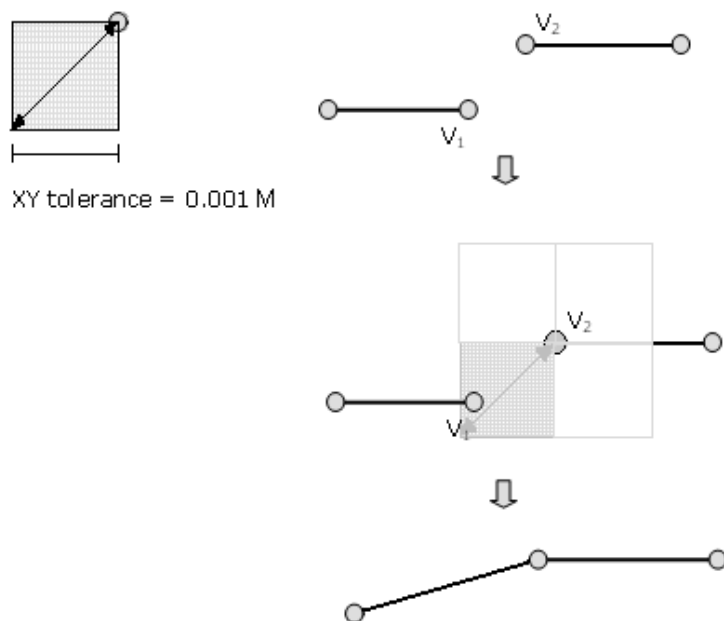
Z hlediska správné topologie dat v geodatabázi je důležité rozhodnout, jaké vrstvy se na ní budou podílet. V rámci datasetu v geodatabázi lze každou vrstvu do topologické kontroly zahrnout právě jednou. Zároveň nelze kombinovat jednotlivé prvkové třídy z různých datasetů do jednoho topologického pravidla. Proto je při vytváření nových prvkových tříd klíčové dobře zvolit dataset, do kterého danou třídu zařadit.

Rozhodujícím kritériem, jak přiřazovat pomocí shlukové tolerance dva blízké body je tzv. pořadí důležitosti zahrnutých vrstev (*Topology rank*). Každé prvkové třídě se nastavuje priorita (důležitost), s jakou bude topologický proces pracovat. Volba priorit se řídí podle obecného pravidla, že nejpřesněji zaměřené objekty mají nejvyšší prioritu a čím nižší přesnost, tím nižší priorita. Zároveň není dobré z hlediska rychlosti geodatabáze vytvářet mnoho priorit, protože s každou další prioritou narůstají nároky na výpočetní výkon procesoru při vyhodnocování.

Dalším krokem v nastavení správné kontroly topologie je využití topologických pravidel (*Topology rules*). Řídí prostorové vztahy mezi objekty v prvkové třídě nebo mezi objekty z jiných prvkových tříd. Pokud je požadováno, aby se např. třídy *Silnice* a *Chodník* nikdy nepřekrývaly, použije se podmínka *Must not overlap with*. Pravidla lze použít na všechny objekty určené v prostoru (body, linie a polygony).

4.2.1 Shluková tolerance xy

Při vyhodnocování správnosti topologie se nejprve řeší pravidlo velmi blízkých bodů v rovině xy. Výpočetní algoritmus kontroluje, zda mají dva uzly rozdíl souřadnic X a Y menší než zmíněná shluková tolerance pro rovinu xy. Pokud taková situace nastane, přistoupí se ke kontrole priorit kolizních vrstev. Mají-li prioritu stejnou, vytvoří se nový bod se souřadnicemi vzniklými průměrováním souřadnic původních bodů a ty se následně zruší. V případě, kdy se řeší konflikt vrstev s různými prioritami, připojí se bod patřící vrstvě s nižší prioritou k bodu s prioritou vyšší. Takový případ je popsán na obrázku 4-3, kde vrstva v_2 má vyšší prioritu než bod z vrstvy v_1 , který se s daným bodem spojil.



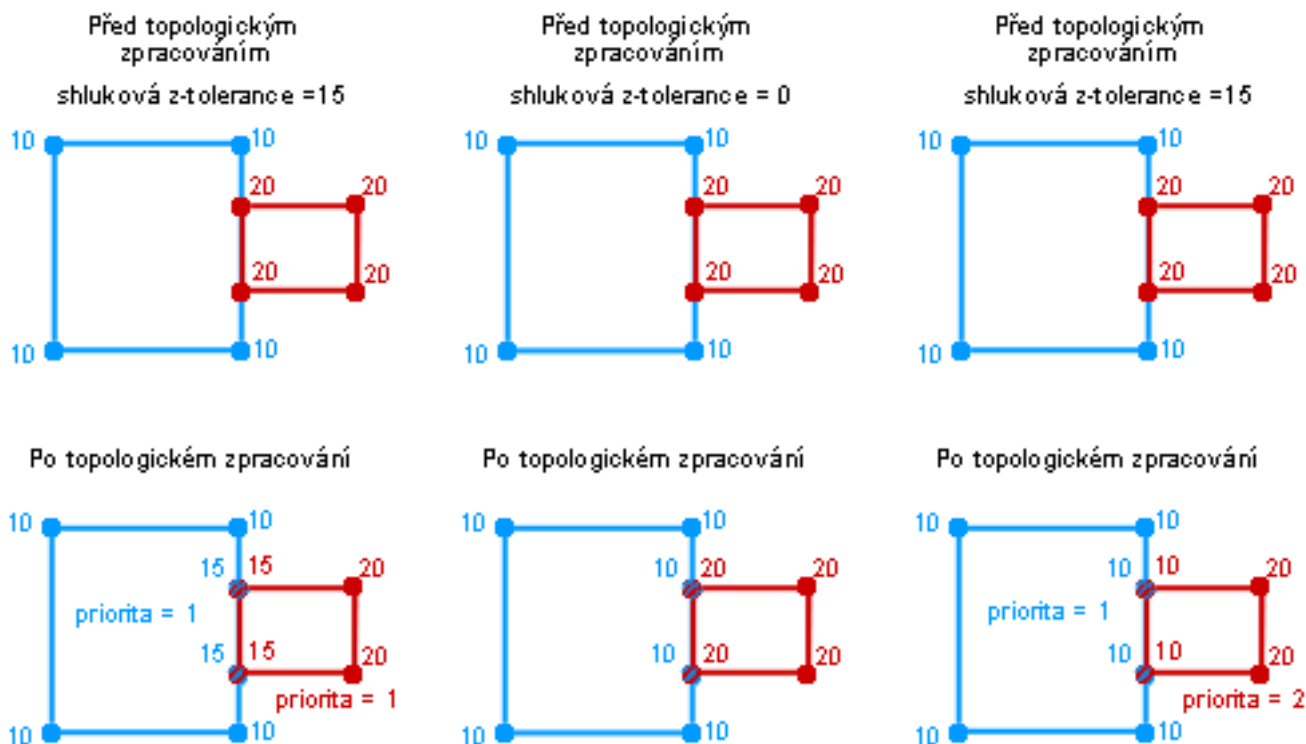
Obrázek 4-3: Ukázka principu shlukové tolerance v rovině xy.

4.2.2 Shluková tolerance Z

Vrstvy, které třírozměrně modelují prvky v prostoru, obsahují body o souřadnicích X, Y a navíc ještě hodnotu Z charakterizující výšku. Tyto souřadnice jsou uloženy ve vrstvě v každém uzlu. Při koincidenci dvou uzlů z odlišných prvků jedné či dvou prvkových tříd dochází k řešení shlukové z-tolerance. Výsledek výškového topologického procesu může nastat třemi způsoby:

- uzlům zůstanou stejné souřadnice,
- výškové souřadnice se zprůměrují,
- jeden uzel převezme výškovou souřadnici druhého uzlu.

Při modelaci budov se mnohdy stane, že dva sousedící domy mají různou výšku, a tudíž nechceme, aby se výškové souřadnice měnily. Problém lze vyřešit nastavením shlukové z-tolerance na 0. Typové příklady změny výškové topologie jsou znázorněny na obrázku 4-4.



Obrázek 4-4: Příklady při vyhodnocování shukové z-tolerance z pohledu roviny xy.

Upraveno podle [ESRI09].

4.3 Prostorové dotazování v ESRI Geodatabase

Prostorové dotazování ke geodatabázím neodmyslitelně patří. Využívají tzv. topologického překrytí, jenž je podle [JEDL07] dotazování dvou či více informačních vrstev. GIS problém překrytí řeší pomocí základních algoritmů počítačové grafiky (test bodu v polygonu, hledání průsečíku dvou objektů, ořezávání). Výsledkem postupu je pak identifikace nových objektů, které mají kombinace vlastností objektů ze zdrojových informačních vrstev. Mezi základní operace topologického překrytí v programu ArcGIS patří pravidla Booleovské logiky [ESRI09]:

- ERASE (odmazání výběrem),
- IDENTITY (přiřazení na základě prostorového umístění),
- INTERSECT (průnik),
- SPATIAL JOIN (spojení tabulek ze dvou vrstev na základě jejich relativní lokalizace),
- SYMMETRICAL DIFFERENCE (kombinace operací ERASE a UNION),
- UNION (sjednocení),
- UPDATE (nahrazení).

Topologickým překrytím lze získat informace, které by atributovými dotazy bylo jen velice obtížné určit. Například lze „vybrat všechny obrazy na zdi“ nebo „z jakých bočních stěn je složena místnost.“ V programu ArcGIS se prostorové dotazy provádí pomocí nástroje *Select Layer by Location*, ve kterém se definuje příslušný dotaz. Seznam výběrových metod lze vyhledat v nápovědě programu (viz [ESRI09]) pod klíčovým slovním spojením „Select by location“.

4.4 Shrnutí

Kapitola se zaměřuje na vlastnosti relačních prostorových databází. Podrobněji jsou popsány specifikace ESRI Geodatabase, ve kterých je vytvořen návrh evidence památkově chráněných objektů. Dále jsou zmíněny druhy prvkových a jiných specifických tříd používaných v geodatabázích, způsoby udržování integrity dat a tvorba topologie. Je vysvětlen pojem prostorové dotazování využívající topologického překrytí. Popsány jsou operační možnosti geodatabáze obsahující 3D prvky (prostorové dotazy využívající topologického překrytí, prohlížení dat, export dat, editace prvků).

Prostorové databáze obecně mají tu výhodu, že uchovávají vedle atributů i tvar a polohu daného objektu v určitém souřadnicovém systému. V současné době jsou prvky mobiliáře uchovávány v relačních databázích (na Státním Zámku Kozel je databáze spravována systémem Castis). V budoucnu se předpokládá možnost zaměření a zanesení do geodatabáze i jiných památkově chráněných objektů (hlavně hradů a zámků, kde je nutnost evidence mobiliáře největší). Celou evidenci bude možno centralizovat a integrovat do jednoho systému, který bude danou geodatabázi spravovat. Pro zaměstnance památkových pracovišť je to výhodné, neboť se dozvědí nejen atributové, ale případně i geometrické vlastnosti prvku.

Nevýhodou zůstává nemožnost provádět geometrické editace prvku. Je to z důvodu toho, že editační nástroje lze použít pouze v programu ArcMap, který na scénu s prvky pohlíží jako na rovinu xy (2D prostor). Tudíž v programu nelze měnit tvar vertikálních prvků, s čímž jsou spojené i topologické kontroly. Z tohoto důvodu je nutné dodávat do geodatabáze již topologicky čistá data. Dosavadní verze programu ArcGIS zatím ani nepodporují tvorbu přesně kolmých prvků na rovinu xy (dva uzly jednoho prvku s odlišnou Z souřadnicí nemohou mít stejné souřadnice X a Y). Tento problém by se mohl vyřešit až s nástupem verze 9.4 [EIUC09]. Správným převodem mezi CAD formáty a ESRI Geodatabase a následnou distribucí dat na Google Earth se zabývá další kapitola.

5 Převod dat mezi CAD formáty a ESRI Geodatabase

Tato kapitola se zabývá metodikami převodu dat mezi CAD formáty a ESRI Geodatabase, popisuje různé metody, jejich výhody a nevýhody a způsob přípravy dat pro převod. Import CAD souborů do geodatabáze je přirozeně prováděn za účelem jejího naplnění daty (viz kapitola 5.1). V případě prezentování dat na Google Earth je nutné data z geodatabáze exportovat do formátu KML (zkratka *Keyhole Markup Language*). Podrobnosti o tomto převodu jsou v kapitole 5.2.

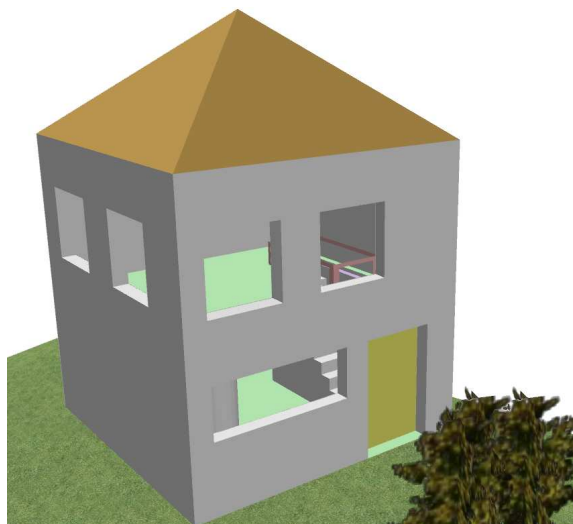
5.1 Konverze CAD formátů do ESRI Geodatabase

Zdroj dat pro tvorbu 3D geodatabáze vychází z vektorizace dat z laserového skenování interiéru kaple na Státním Zámku Kozel zpracovávané diplomovou prací [HRAD09] v programu Microstation. Data lze ukládat buď do formátu DGN V7/8 nebo do DXF. Důležité je, aby prvky byly nejprve rozloženy nástrojem *Explode*, který složité tvary polygonů popíše množinou trojúhelníků z důvodu bezproblémového načtení do programu ArcGIS.

Dalším problémem je obtížné rozložení (hlavně vertikálních prvků) na dílčí prvky. Pokud by se povedlo například všechna okna dostat do jedné prvkové třídy, pak v atributové tabulce by byl jeden prvek obsahující všechna okna, a to je z hlediska evidence nepraktické. Rozkládat je na jednotlivé prvky se současnými nástroji v programu ArcGIS 9.3 nelze. Proto je nutné, aby se konvertovala data z CAD formátu do ESRI Geodatabase po jednotlivých objektech (např. jedno celé okno, dveře, zeď...) složených z více prvků (řádků v tabulce), které se sloučí pomocí nástroje *Merge* do jednoho prvku. Souřadnicový systém geodatabáze je stejný, jaký byl zvolen u CAD souborů. V následujících podkapitolách budou vždy zmíněny výhody a nevýhody s ohledem na způsob naplňování geodatabáze.

CAD soubory, které splňují podmínky uvedené výše, lze do geodatabáze převést pomocí nástroje *Load Data*. V opačném případě je nutné použít k převodu externí program, který umí převést soubory obsahující nerozložené prvky (*Explode*).

Příklad výsledných CAD objektů konvertovaných a vizualizovaných v programu ArcScene je na obrázku 5-1.



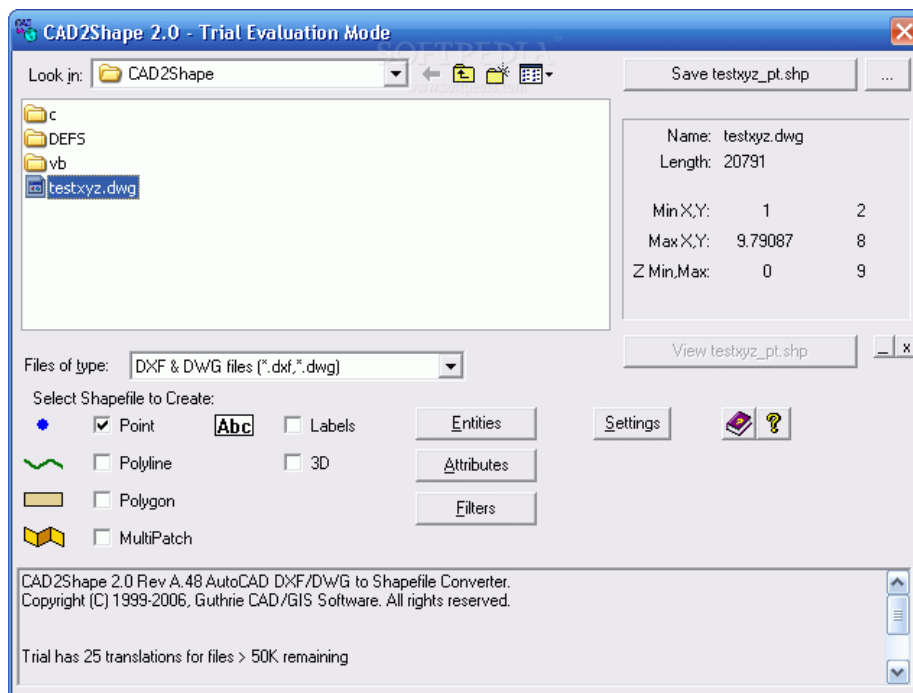
Obrázek 5-1: Vizualizace importovaného modelu v programu ArcScene.

5.1.1 Konverze do ESRI Geodatabase přes nástroj Load Data

Převod začíná zvolením vrstvy v geodatabázi, do které se data nahrají. Pravým kliknutím na danou prvkovou třídu vybereme postupně *Load* -> *Load Data*, přičemž se otevře průvodce usnadňující nahrávání prvků. V prvním formuláři se vyberou vrstvy (CAD soubory), ze kterých budou jednotlivé prvky čerpány. Ve druhém formuláři je uživateli poskytnuta možnost nahrát prvky pouze do určitého subtypu či do celé prvkové třídy. V dalším kroku lze nastavit společné atributy, pokud existují. V našem případě tomu tak není. Na závěr je možné zvolit vybrání všech prvků nebo jejich výběr zredukovat SQL dotazem. Dialog se ukončí tlačítkem *Finish*, po kterém následuje převod dat.

5.1.2 Konverze do ESRI Geodatabase přes externí program

Princip této metody využívá jakýkoli konverzní program, který umí přeložit CAD formáty do shapefile. Pro tento účel byl zvolen shareware program CAD2Shape v4.0. Základní jednoduché uživatelské prostředí je na obrázku 5-2. Po nastavení požadovaných parametrů (typ vrstvy, dimense objektu apod.) a potvrzení tlačítkem *Save...* se získá soubor typu shapefile, jehož prvky lze nahrát do ESRI geodatabase přes nástroj *Load Data* stejným způsobem popsáním v kapitole 5.1.1. Hlavní předností je schopnost převádět soubory, které nejsou vytvořené v programu AutoCAD nebo Microstation nebo nejsou rozloženy pomocí nástroje *Explode*. Hlavní nevýhodou je z finančního hlediska používání externích programů pracujících s CAD formáty. Všechny programy umožňující převod mezi CAD a GIS daty jsou placené, proto při zvolení této metody by bylo nutné takový program dokoupit. Veškeré zkušební konverze byly provedeny v trial verzi zmíněného programu.



Obrázek 5-2: Základní prostředí programu CAD2Shape.

5.2 Export dat z ESRI Geodatabase do KML

Export do CAD formátů s sebou nese ztrátu znalosti topologických pravidel, relačních vazeb či použitých symbolů k vizualizaci v programu ArcScene nebo ArcMap. Proto je export prováděn pouze za účelem prezentace dat na Google Earth. Pro převod do KML je využíván program Google SketchUp, který umí importovat soubory s příponou *.dxf nebo *.dwg. V programu ArcGIS existuje nástroj *Export to CAD* určený pro export dat z geodatabáze do souborů *.dgn, *.dwg, *.dxf. Ten je použitelný pro export vertikálních prvků až od verze programu ArcGIS 9.3 SP1. Ve starších verzích je pro převod vertikálních prvků nutno používat externí program (viz kapitola 5.2.1). Jinou možností převodu dat z geodatabáze je aplikace nástroje *Export to KML* (2.5.4)³ přímo v prostředí ArcGIS, o kterém bude zmíněno v závěru kapitoly. V následujících kapitolách jsou obě metody převodu dat popsány a závěrem je i zmíněn převod do KML (zkratka Keyhole Markup Language) přes nástroj.

5.2.1 Export do CAD formátů přes externí program

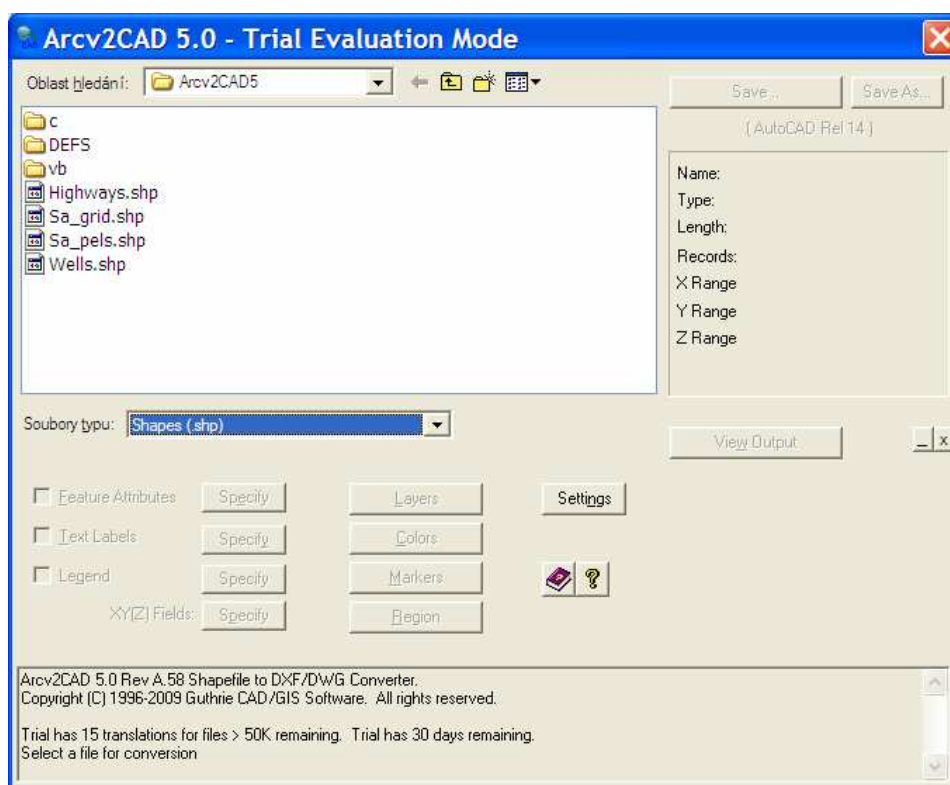
Tento způsob je doporučen, pokud uživatel pracuje s verzí programu starší než ArcGIS 9.3 SP1, jelikož programy nemají ještě aktualizované knihovny pro správný export dat do CAD formátů. Jako externí program je zvolen Arvc2CAD (5.0)⁴, jehož vstupní data musí být formátu bodového, liniového, polygonového či multipatch shapefile. Z geodatabáze lze data získat tak, že se vyberou prvky z různých prvkových tříd a nástrojem *Create Shapefile From Selected* se

³ Stažitelný (i s návodem instalace) je na odkazu <http://arcscrips.esri.com/details.asp?dbid=14273>.

⁴ Stažitelný (i s návodem instalace) je na odkazu <http://www.guthcad.com/arvc2cad.htm>.

převod vykoná. Ve zmíněném programu je nalezen adresář s uloženým souborem, vybere se formát pomocí tlačítka *Settings* (*.dxf nebo *.dwg), do kterého bude soubor uložen. Proces se provede po nastavení úložné cesty (*Save As...*) a jejím potvrzení tlačítkem *Save*. Pracovní prostředí programu je na obrázku 5-3.

Výhodou je bezproblémový export vertikálních prvků uložených v shapefile souborech. Metoda je vhodná pro uživatele verze programu nižší než ArcGIS 9.3 SP1. Nevýhodou zůstává opět používání externího programu. Programy umožňující převod mezi shapefile a CAD formáty jsou placené. Další nevýhodou je možnost převodu pouze do formátu DXF nebo DWG.



Obrázek 5-3: Základní prostředí programu Arcv2CAD 5.0.

5.2.2 Export do CAD formátů přes nástroj Export to CAD

V nástroji *Export to CAD* se navolí vrstvy (shapefile nebo prvkové třídy), které chce uživatel převést, zvolí se typ a verze CAD formátu (např. DXF_2007R), název souboru a adresář, kam bude soubor uložen. Proces se provede po potvrzení tlačítkem *ok*.

Jeho výhodou je oproti předešlé metodě vynechání kroku převedení vybraných prvkových tříd z geodatabáze do shapefile formátu. Využívají se pouze nástroje programu ArcGIS. Nástroj lze bez problému používat jen ve verzích ArcGIS 9.3 SP1 nebo ArcGIS 9.3.1, které disponují již aktualizovanými knihovny pro tento nástroj.

5.2.3 Export do formátu KML

KML formát, jak již bylo řečeno v kapitole 3.4, je určen pro ukládání geografických dat užívaných hlavně v programu Google Earth. Za účelem převodu dat lze využít dva postupy. Existuje přímý postup pomocí nástroje přímo v programu ArcGIS nebo nepřímý postup, který k tomu využívá další program s názvem Google SketchUp.

Přímý postup převodu dat je prováděn přes ArcScript (nástroj naprogramovaný přímo uživateli a sdílený prostřednictvím webových stránek ESRI), který umožňuje exportovat data přímo z prostředí ArcMap do souboru *.kml – nástroj *Export to KML*. Nástroj umožňuje ukládání dat do KML i s atributy použitými v geodatabázi či s použitými symboly (textury, bodové, liniové symboly...) vizualizujícími daný prvek. Naopak si zatím neumí poradit s prvkovými třídami multipoint a multipatch. Pro vizualizaci dat z geodatabáze je nutné mít všechny prvkové třídy v bodových, liniových či polygonových vrstvách. Uživatel nesmí také zapomenout provést transformaci do systému *WGS-84*. K tomu lze použít transformaci založenou na bázi gridu, která transformuje data z *S-JTSK* s přesností do 3 cm. Více je o ní psáno v [JEZE09]. Příklad výstupu je na obrázku 5-4.



Obrázek 5-4: Příklad přenášení atributů z geodatabáze do Google Earth.

Další metodou tentokrát nepřímou je převod přes zmíněný program Google SketchUp. Nejprve se provede již popsaným způsobem převod vybraných prvků do formátu *.dxf nebo *.dwg (viz kapitoly 5.2.1 a 5.2.2), jejichž import je v uvedeném programu podporován. Lze v něm provést ještě další úpravy (například texturace) prvků, které byly ztraceny převodem z geodatabáze do CAD formátů. Po úpravách se již provede export do souboru s příponou *.kml. Práce v programu Google SketchUp a možnosti dalších využití jsou popsány v [FIKE09].

5.3 Shrnutí

Při naplňování geodatabáze byla nejčastěji konvertována data uložená v souboru *.dxf, která byla rozložena pomocí nástroje Explode v programu AutoCAD 2008, jelikož v programu ArcGIS nikdy nenastal problém s načtením souboru. Poté byl použit nástroj Load Data, data byla převedena do určité prvkové třídy, které je nutné upravit (sloučení všech prvků z importovaného objektu do jednoho) tak, aby bylo splněno kritérium evidence – jednomu evidovanému objektu musí připadat jeden řádek v tabulce.

V případě exportu dat z geodatabáze na Google Earth jsem postupoval přes export do souborů s příponou *.dxf přes nástroj Export to CAD (možné pouze ve verzi ArcGIS 9.3 SP1 a novějších) nebo přes externí program Arcv2CAD 5.0 (v případě starších verzích programu než ArcGIS 9.3 SP1). Tyto soubory lze pak v programu Google SketchUp zeditovat a vyexportovat do formátu KML, který lze již bez problému vizualizovat na Google Earth. Hluběji se převodem dat na Google Earth zabývá [FIKE09].

6 Datový model velkoměřítkové geodatabáze pro rozšiřující evidenci kulturních památek

Při prostorové evidenci je nutné si ujasnit, jakým způsobem jsou v prostředí GIS prvky zpracovávány. Již v kapitole 2.2.3 je zmíněna datová reprezentace prvků pomocí tzv. Facet modelu, jenž je v prostředí GIS používán pro zobrazování polygonových prvků. Lze ho používat jak na 2D, tak i na 3D reprezentaci.

Data jsou Národním památkovým ústavem celorepublikově zpracovávána a ukládána do evidence paGIS (GIS památkově chráněných území a nemovitých kulturních památkách), jenž se stal součástí Integrovaného informačního systému památkové péče (IISPP)⁵. Evidence probíhá ve třech základních stupních podrobnosti:

1. základní polygonová, liniová či bodová identifikace předmětu zájmu památkové péče (větší než 1 : 2 880),
2. podrobné zpracování v měřítcích katastrálních map (\varnothing 1 : 2 880),
3. archeologická data v podrobnosti základních map ČR (\varnothing 1 : 10 000).

Součástí paGIS je geografická databáze, která bude předmětem dalšího použití v práci. Současný způsob evidence probíhá v paGIS ve 2D prostředí za použití software ArcGIS. K bodům, liniím a polygonům v jedné rovině symbolizujícím půdorysy budov, zeleně nebo vodstva je připojena atributová tabulka. Uzlům těchto prvků jsou přiřazeny pouze souřadnice X, Y. Tento způsob je dostačující do té doby, kdy se evidují pouze nemovité objekty a není zapotřebí třetího rozměru. Při prostorové evidenci movitého památkově chráněného majetku (mobiliář) se musí přistoupit na jiné způsoby datové reprezentace, jelikož nelze obrazy, sochy apod. reprezentovat pomocí rovinných polygonů bez výškového určení.

Na případové studii Státního Zámku Kozel byl již vytvořen tzv. 2,5D geodatový model (viz [LUNA08]). Důležitou vlastností a zároveň značnou nevýhodou modelu je absence výšky v geometrii objektu. Veškeré prvky jsou tudíž dvojrozměrné a jejich relativní výška je udávána pouze atributově a objekty lze vytáhnout do prostoru funkcí *Extrusion*. Z toho plynou některá omezení, jako například tvorba jiných než n-bokých hranolových objektů či omezená možnost dotazování či nemožné získávání informací v 3D modelu pomocí funkce *Identify* (pouze v programech ArcGIS do verze 9.2), která se v programu ArcScene či ArcMap nachází pod tlačítkem s ikonkou písmene *i*.

V nové rozšiřující geodatabázi je možné pracovat ve 2D i ve 3D prostředí zobrazující objekty reálného světa (budovy, mobiliář...). Místnosti uvnitř stavebních objektů se dekompozičně

⁵ Informace o aplikacích IISPP jsou dostupné veřejnosti na internetové adrese <https://iispp.npu.cz>.

rozdělí na podlahy, zdi, stropy a další stavební prvky, ve kterých se daný mobiliář nachází. Důležitým krokem pro realizaci 3D evidence je pečlivý a podrobný sběr dat. Za tímto účelem proběhlo laserové skenování na případové studii na Státním Zámku Kozel, kterým se zabývala diplomová práce [RAUC06]. V současné době ze získaného mračka bodů probíhá zpracování interiéru kaple, jejímž výsledkem je drátěný vektorový model převáděný do ESRI Geodatabase. Tím je možno získat potřebné informace o tvaru objektu a není již potřeba je udržovat atributově (např. rozměry – délka, hloubka, šířka). Podle [JEDL08a] a [JEDL08b] je nutné při takto podrobné evidenci dobře určit, které evidované předměty budou ještě v prostoru lokalizovány a které budou vztaženy pouze k určitému objektu, ve kterém se nachází (např. kniha v knihovně).

6.1 Požadavky na datový model

Jak již bylo naznačeno v úvodu kapitoly 6, po konečném modelu je požadováno následující:

- prostorová evidence movitého i nemovitého majetku,
- otevřenost modelu – postupné rozšiřování o více podrobná data,
- různé druhy přístupů k datům (památková karta, mapa, 3D) v závislosti na typu uživatele,
- integrace modelu do evidence paGIS,
- vizualizace 3D objektů.

Databáze by měla pojímat nejen prvky uvnitř budov, ale i prvky, které budovy obklopují. V 3D modelu by se tak zobrazovaly nejen všechny antropogenní prvky (cesty, zdi atd.), ale i biogenní prvky (stromy, louky, atd.). Z těchto poznatků byl nejprve navrhnout obecný konceptuální model pro evidenci movitého a nemovitého majetku a okolních prvků v areálu Státního Zámku Kozel, který je na obrázku 6-1 v kapitole 6.2, podle kterého je geodatabáze tvořena.

Důležitou vlastností geodatabáze je její otevřenost pro další aktualizace. Struktura modelu si musí umět poradit s jednoduchým rozšiřováním o nová data – především se jedná o rozšiřování o nové prvkové třídy (vrstvy).

K datům by se mohlo přistupovat třemi základními způsoby. Prvním způsobem je použití památkové karty, do které se z geodatabáze vypíše všechny informace o daném památkovém objektu. Druhým možným způsobem je nahlížení do geodatabáze jako do mapy pomocí nějaké webové aplikace či programů ArcMap nebo ArcReader. Třetí způsob je umožnit vizualizaci geodatabáze pomocí programů ArcScene či Google Earth za účelem prezentace dat.

Integrace modelu do evidence paGIS probíhá ve dvou základních krocích. Zaprvé je nutné vytvořit třídy s takovými cizími klíči, aby je bylo možno relacemi propojovat s primárními klíči již existujících tříd. V dalším kroku je nutné nastavit topologická pravidla u nově vzniklých tříd tak, aby nenarušila správnou konzistenci dat v evidenci paGIS.

Vizualizace 3D objektů je obtížný úkol, jelikož všechny objekty nemají jednoduchý

geometrický tvar. Proto bylo přistoupeno k laserovému naskenování objektu, které dokáže během krátké chvíle dokonale zaměřit složité tvary, kterých se v kulturních nemovitých objektech nachází nespočet. Nasbíraná data z laserového skenování tvoří mračna bodů, která se musí postupem popsaným v [HRAD09] zpracovat a vytvořit z nich takový CAD model, který lze jednoduše importovat do geodatabáze, obsahující 3D prvky, se kterou se budou provádět další důležité operace (dotazování, topologie...). Z kapitoly 2. vyplývá, že nejlepší volbou pro datový model v CAD prostředí je drátěný model, který je nutný převést na povrchový ještě před importem dat do geodatabáze. V programu ArcGIS jsou prostorové objekty zobrazovány pomocí rovinných polygonů.

6.2 Základní specifikace datového modelu navrhovaného pro případovou studii Státního Zámku Kozel

Při tvorbě datového modelu je důležité dobře promyslet relační vazby mezi jednotlivými prvky. Prostorové databáze mají tu výhodu, že nemusí být prvkové třídy spojovány pouze přes primární a cizí klíče, ale potřebné informace lze získávat i prostorovými dotazy využívajícími topologického překrytí, jak již bylo popsáno v kapitole 4.3. Z důvodu obtížné editace 3D objektů v prostředí ArcGIS 9.3 je nutné vytvořit již v CAD modelu topologicky čistá data (jak již bylo zmíněno výše), pomocí kterých je možno získat prostorovými dotazy správné výsledky.

3D geodatabáze památkově chráněných objektů je tvořena zájmovými územími, které jsou rozčleněny na plochy (resp. polygony) podle jejich charakteru. Každý tento polygon je výškově vztažen k digitálnímu modelu reliéfu (DMR), který je k databázi připojen.⁶ Jelikož pouze prvky interiéru uvnitř budov jsou přesně zaměřeny v rovinných i výškových souřadnicích, nebude jim měněna výšková geometrie. DMR v místě spojení je nutno pro správné zobrazování editovat podle takto zaměřených stavebních objektů. Systém paGIS venkovní objekty liniového či bodového charakteru (např. hradby, boží muka...) eviduje v liniových či bodových vrstvách.⁷ Tyto objekty lze z důvodu lepší evidence laserově zaměřit a evidovat v polygonových (nebo jen v multibodových) vrstvách, ale mnohonásobně se zvýší finanční i hardwarové nároky. V areálu se nachází i spousta dalších bodových či liniových prvků, u kterých již není plošné určení důležité. V areálu zabírají nulový povrch a jsou vizualizovány pouze symboly vztaženými opět k DMR, jejichž velikost je závislá na výšce či šířce objektu, pokud je evidovaná. Mezi takové prvky by patřily drobné potoky, liniové cesty či solitérní vegetace.

Všechny prvky v navrhnutém datovém modelu jsou rozděleny do logických tříd podle

⁶ Propojení při vizualizaci areálových polygonů s DMR lze uskutečnit pomocí funkce *Base heights* v programu ArcScene. Týká se to všech vrstev mimo prvků, které jsou součástí interiéru budov (Obj_Zdi, Obj_Podlahy, Obj_Stropy, Obj_StavebniPrvky, Obj_MobiliarM, Obj_Mobiliar, Obj_MobiliarB).

⁷ Konkrétně se to týká tříd Obj_ObjektL a Obj_ObjektB.

základní charakteristiky vzniku – antropogenní a biogenní prvky. Mezi antropogenní prvky patří všechny budovy, komunikace a jiné nespécifikovatelné objekty vyrobené člověkem a mezi biogenní oblasti by se daly zařadit všechny druhy vegetace (lesy, louky...) a vodních ploch. V názvech prvkových tříd je rozlišováno, o jaký typ vrstvy se jedná (např. Obj_Voda – polygon, Obj_VodaL – linie, Obj_VodaB – bod). Analogicky v případě použití prvkové třídy multipatch by se psalo Obj_VodaM.

Jednotlivé prvkové třídy mohou být rozděleny do subtypů, které rozdělují danou třídu na prvky, které mají podobné vlastnosti, ale z hlediska topologicky čistých dat je nutné klasifikovat je pomocí subtypů. Každá prvková třída může být takto rozdělena pouze podle jednoho pravidla, jenž řídí jeden z atributů, pro který musí platit:

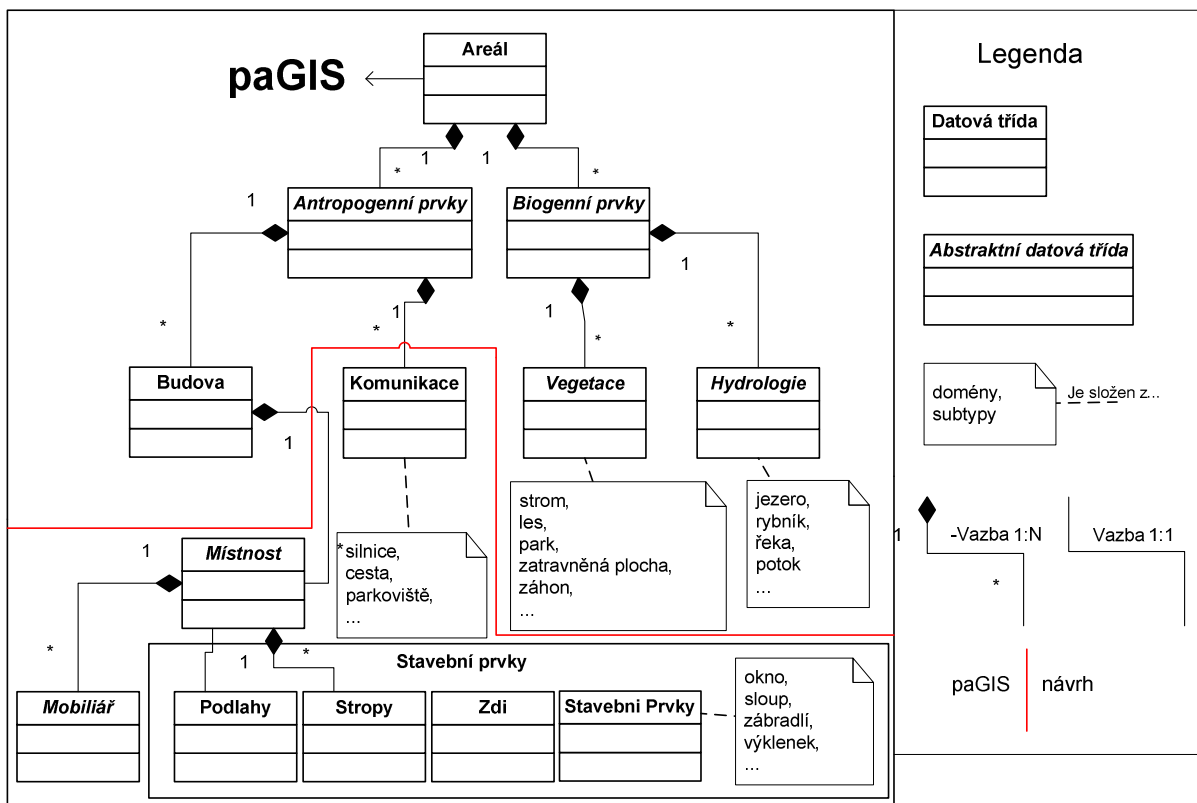
- nepovoluje nulové hodnoty,
- musí být typu *Long Integer* nebo *Short Integer*,
- nesmí být již řízen doménou.

Nahlédnutím do evidence paGIS bylo zjištěno, že u subtypů není často první zmíněné pravidlo dodržováno, což může narušovat správnou integritu dat v geodatabázi.

Geodatabáze musí umět také propojovat menší dílčí databáze, které již v daných lokalitách pro evidenci majetku existují. Jsou dvě možnosti, jak je propojit. Buď vytvořit cizí klíče v dílčích databázích nebo v třídách současného paGIS spolu s novými rozšiřujícími třídami.

Pro tvorbu atributů platí pravidlo, které je stanovené v dokumentaci k paGIS, že délka názvu atributu nesmí přesáhnout 10 znaků. Důvodem je zachování názvů atributových polí při možných exportech do formátu ArcView shapefile, u něhož atributová tabulka ve formátu DBF neumožňuje delší názvy polí.

Základní kostra geodatové báze je zobrazena na koncepčním datovém modelu na obrázku 6-1. Červená čára odděluje stav současné evidence paGIS a jeho návrhu na rozšíření. Vybrány jsou pouze takové třídy paGIS, které souvisí s případovou studií Státního Zámku Kozel. Výčet všech tříd evidence NPÚ lze vyčíst v jeho interním dokumentu [PAGI07].



Obrázek 6-1: Základní návrh konceptuálního datového modelu pro prostorovou evidenci majetku v UML.

K realizaci datového modelu je použit program ArcGIS 9.3. Data se ukládají do *ESRI Personal Geodatabase*, jehož specifikace jsou shodné s formátem *ESRI Geodatabase*. Tvorba a udržování integrity dat v geodatabázi pomocí programu ArcGIS 9.3 je popsána v kapitole 4.1 a v nápovědě zmiňovaného softwaru [ESRI09]. Logická struktura geodatabáze a její fyzická implementace v programu (fyzický datový model) je popsána na přiloženém CD. Jednotlivé třídy jsou popsány v další kapitole.

6.3 Struktura rozšířeného datového modelu

Struktura geodatabáze je v kapitole popisována postupně od největších plošných jednotek (areál, vodstvo, vegetace...) až po ty nejmenší (prvky stavebních objektů, mobiliář...). Předmětem zájmu budou pouze takové třídy evidence paGIS, které jsou použitelné v případové studii na Státním Zámku Kozel. V geodatabázi je vytvořena datová sada prvků *AI_VelkeMer* vycházející z názvosloví použitého v paGIS, která obsahuje prostorovou identifikaci objektů spadajících pod NPÚ.

Podle paGIS je každá oblast chráněného nebo k ochraně navrhovaného území (přírodní

rezervace – PR, památková zóna – PZ, krajinná památková zóna – KPZ, ochranné pásmo – OP) ukládána do třídy *Ochr_Uzemi* (viz tabulka 6-1).

Každá taková oblast odpovídá tzv. urbanistickým blokům a prostorům, které souvisle pokrývají zájmové území. Informace o urbanistických blocích a prostorech jsou ukládány do třídy *ObjUrb_Prostor*. Lze říci, že každý urbanistický blok odpovídá jednomu chráněnému území.

Další vrstva, která se týká případové studie na Státním Zámku Kozel je *Ochr_Plocha*. Plošně vymezuje jednotlivé nemovité kulturní památky. Každý urbanistický blok a zájmové území může obsahovat N nemovitých kulturních památek.

V tabulkách jsou uvedeny základní identifikační atributy, kde *IDREG* je unikátní primární klíč zájmové oblasti a atributy *ArealCis*, *EvCrCis*, *CisRada*, *PorCisRejs* tvoří tzv. složený primární klíč.

Simple feature class						Geometry Polygon		
Ochr_Uzemi						Contains M values No		
						Contains Z values No		
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length	
OBJECTID	Object ID							
SHAPE	Geometry	Yes						
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0		
SHAPE_Area	Double	Yes			0	0		
ArealCis	Short Integer	Yes			0			
IDREG	Long Integer	Yes			0			
EvCrCis	Long Integer	Yes			0			
CisRada	Short Integer	Yes			0			
PorCisRejs	Long Integer	Yes			0			
subtyp	Short Integer	Yes	0		0			

Subtypes of Ochr_Uzemi				
Subtype field		<i>subtyp</i>		
Default subtype		99		
List of defined default values and domains for subtypes in this class				
Subtype Code	Subtype Description	Field name	Default value	Domain
0	resene uzemi			
1	PR, PZ	Detailní popis subtypů se nachází v podrobné dokumentaci		
2	KPZ	Detailní popis subtypů se nachází v podrobné dokumentaci		
3	OP	Detailní popis subtypů se nachází v podrobné dokumentaci		
99	-	Detailní popis subtypů se nachází v podrobné dokumentaci		

Tabulka 6-1: Polygonová třída *Ochr_Uzemi*.

Simple feature class						Geometry Polygon		
ObjUrb_Prostor						Contains M values No		
						Contains Z values No		
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length	
OBJECTID	Object ID							
SHAPE	Geometry	Yes						
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0		
SHAPE_Area	Double	Yes			0	0		
ArealCis	Short Integer	Yes			0			
IDREG	Long Integer	Yes			0			
EvCrCis	Long Integer	Yes			0			
CisRada	Short Integer	Yes			0			
PorCisRejs	Long Integer	Yes			0			
subtyp	Short Integer	Yes	0		0			

Subtypes of ObjUrb_Prostor

Subtype field *subtyp*

Default subtype 99

List of defined default values and domains for subtypes in this class

Subtype Code	Subtype Description	Field name	Default value	Domain
0	prostor / urb. blok	Detailní popis subtypů se nachází v podrobné dokumentaci		
1	prostor / urb. blok zanikly	Detailní popis subtypů se nachází v podrobné dokumentaci		
2	prostor / urb. blok (superpozice)	Detailní popis subtypů se nachází v podrobné dokumentaci		
3	prostor / urb. blok zanikly (superpozice)	Detailní popis subtypů se nachází v podrobné dokumentaci		
99	-	Detailní popis subtypů se nachází v podrobné dokumentaci		

Tabulka 6-2: Polygonová třída ObjUrb_Prostor.

Simple feature class						Geometry Polygon		
Ochr_Plocha						Contains M values No		
						Contains Z values No		
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length	
OBJECTID	Object ID							
SHAPE	Geometry	Yes						
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0		
SHAPE_Area	Double	Yes			0	0		
ArealCis	Short Integer	Yes			0			
IDREG	Long Integer	Yes			0			
EvCrCis	Long Integer	Yes			0			
CisRada	Short Integer	Yes			0			
PorCisRejs	Long Integer	Yes			0			
subtyp	Short Integer	Yes	0		0			

Subtypes of Ochr_Plocha

Subtype field *subtyp*

Default subtype 99

List of defined default values and domains for subtypes in this class

Subtype Code	Subtype Description	Field name	Default value	Domain
0	KP	Detailní popis subtypů se nachází v podrobné dokumentaci		
1	NKP	Detailní popis subtypů se nachází v podrobné dokumentaci		
2	archoeo	Detailní popis subtypů se nachází v podrobné dokumentaci		
99	-	Detailní popis subtypů se nachází v podrobné dokumentaci		

Tabulka 6-3: Polygonová třída Ochr_Plocha.

Z hlediska správné integrity dat je nutné, aby ve specifikaci atributu subtyp nebyly povoleny prázdné hodnoty. Současný stav evidence paGIS to umožňuje, jak je zřejmé z tabulek uvedených výše.

Topologická pravidla u těchto vrstev jsou převzata z dokumentace evidence paGIS [PAGI07], ze kterých je patrné, že existují ještě další pravidla, která jsou spjata s uvedenými třídami, ale zmíněna jsou v dalších kapitolách v souvislosti s jinými třídami.

Topology rule		
Feature Class	Rule	Feature Class
Ochr_Plocha	Must be covered by feature class of	Ochr_Uzemi
Ochr_Plocha : KP	Must not overlap	
Ochr_Plocha : NKP	Must not overlap	
Ochr_Plocha : archeo	Must have no gaps	
Ochr_Uzemi : PR,PZ	Must not overlap	
Ochr_Uzemi : KPZ	Must not overlap	
Ochr_Uzemi : OP	Must not overlap	
Ochr_Uzemi : resene uzemi	Must not overlap	
ObjUrb_Prostor : prostor / urb. blok	Must not overlap	
ObjUrb_Prostor: prostor / urb. blok zanikly	Must not overlap	
ObjUrb_Prostor	Must cover each other	Ochr_Uzemi
ObjUrb_Prostor	Must have no gaps	

Tabulka 6-4: Topologická pravidla související s třídami charakterizujícími hranici zájmového území.

6.3.1 Abstraktní třída BiogenniPrvky

Každé chráněné území je složeno z biogenních prvků. Patří sem veškeré druhy zeleně (louky, stromy...) a vodních objektů (vodní nádrže, říční toky...). V evidenci paGIS jsou tyto prvky rozděleny na třídy: *Obj_Zelen*, *Obj_ZelenL*, *Obj_ZelenB* a *Obj_Voda*, *Obj_VodaL*, *Obj_VodaB*⁸. Vždy se jedná postupně o polygonové, liniové a bodové vrstvy. Každá třída obsahuje subtypy, které vypovídají o existenci daného prvku. Jak již bylo zmíněno v úvodu nadřazené kapitoly, tak databáze musí umět propojovat menší dílčí databáze, které již existují, a převzít od nich důležitá evidenční data. Na Státním Zámku Kozel jsme se setkali s evidencí zeleně od společnosti *Safe Trees*⁹. Proto bylo zapotřebí vytvořit relace přes unikátní identifikátory. Nejjednodušší je přidat do již existujících tříd paGIS atribut tvořící cizí klíč (konkrétně *PasportID*), přes který lze danou databázi propojit. Všechny dílčí evidence musí tvořit primární klíče ke svým prvkům podle jednotného standardu tak, aby byla zaručena unikátnost klíče.

V následujících tabulkách jsou uvedeny pouze polygonové třídy třídy *Obj_Zelen* a *Obj_Voda*. Liniové a bodové prvkové třídy mají stejné subtypy i atributy.

⁸ *Obj_Voda*, *Obj_VodaL*, *Obj_VodaB* jsou v koncepčním návrhu ještě zařazeny do abstraktní třídy Hydrologie.

⁹ Dostupné z www.safetrees.cz

Simple feature class						Geometry <i>Polygon</i>		
Obj_Zelen						Contains M values	No	
						Contains Z values	No	
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length	
OBJECTID	Object ID							
SHAPE	Geometry	Yes						
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0		
SHAPE_Area	Double	Yes			0	0		
PasportID	String	Yes						50
subtype	Short Integer	Yes			0			

Subtypes of Obj_Zelen

Subtype field *subtype*
Default subtype 99

List of defined default values and domains for subtypes in this class

Subtype Code	Subtype Description	Field name	Default value	Domain
0	zelen			
1	zelen zanikla			
2	zelen (superpozice)			
3	zelen zanikla (superpozice)			
99	-			

Tabulka 6-5: Polygonová třída Obj_Zelen.

Simple feature class						Geometry <i>Polygon</i>		
Obj_Voda						Contains M values	No	
						Contains Z values	No	
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length	
OBJECTID	Object ID							
SHAPE	Geometry	Yes						
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0		
SHAPE_Area	Double	Yes			0	0		
subtype	Short Integer	Yes						50

Subtypes of Obj_Voda

Subtype field *subtype*
Default subtype 99

List of defined default values and domains for subtypes in this class

Subtype Code	Subtype Description	Field name	Default value	Domain
0	voda			
1	voda zanikla			
2	voda (superpozice)			
3	voda zanikla (superpozice)			
99	-			

Tabulka 6-6: Polygonová třída Obj_Voda.

Definice tříd podle paGIS:

- Vrstva *Obj_Zelen* zahrnuje všechny prvky zeleně a kulturní krajiny, u nichž je z podkladu zřejmý a definovatelný půdorysný rozsah nebo jejichž půdorysný rozsah byl zaměřen (lesy, louky...).
- Vrstva *Obj_ZelenL* zahrnuje všechny prvky zeleně a kulturní krajiny, u nichž není z podkladu zřejmý a definovatelný půdorysný rozsah (aleje, stromořadí...).
- Vrstva *Obj_ZelenB* zahrnuje všechny stromy, solitérní zeleň a bodové prvky zeleně a kulturní krajiny, u nichž není z podkladu zřejmý nebo definovatelný půdorysný rozsah.
- Vrstva *Obj_Voda* zahrnuje všechny vodní plochy a toky resp. jejich části, u nichž je z podkladu zřejmý a definovatelný půdorysný rozsah nebo jejichž půdorysný rozsah byl zaměřen.
- Vrstva *Obj_VodaL* zahrnuje všechny vodní plochy a toky resp. jejich části, u nichž je z

podkladu zřejmý a definovatelný půdorysný rozsah (říční toky...).

- Vrstva *Obj_VodaB* zahrnuje všechny vodní prvky bodového charakteru a ty, u nichž není z podkladu zřejmý nebo definovatelný půdorysný rozsah (studánky, prameny...).

Topologická pravidla u těchto vrstev jsou převzata z dokumentace evidence paGIS. Mezi pravidly (tabulka 6-7) se vyskytuje prvková třída *Obj_Objekt*, která zde ještě nebyla zmíněna. Více se lze o ní dočíst v kapitole 6.3.2.

Topology rule			
Feature Class	Rule	Feature Class	
Obj_Zelen : zelen	Must be covered by feature class of	Obj_UrbProstor: prostor / urb. blok	
Obj_Voda : voda	Must be covered by feature class of	Obj_UrbProstor: prostor / urb. blok	
Obj_Zelen : zelen	Must not overlap with	Obj_Voda : voda	
Obj_Voda : voda	Must not overlap with	Obj_Objekt : objekt	
Obj_Zelen : zelen	Must not overlap with	Obj_Objekt : objekt	
Obj_Zelen : zelen	Must not overlap		
Obj_Voda : voda	Must not overlap		
Obj_Zelen : zelen zanikla	Must not overlap		
Obj_Voda : voda zanikla	Must not overlap		
Obj_VodaL : voda	Must not overlap		
Obj_ZelenL : zelen zanikla	Must not overlap		
Obj_ZelenL : zelen zanikla	Must not overlap		
Obj_VodaL : voda zanikla	Must not overlap		

Tabulka 6-7: Topologická pravidla související s abstraktní třídou *BiogeniPrvky*.

6.3.2 Abstraktní třída *AntropogenniPrvky*

Vedle biogenních prvků (viz. kapitola 5.3.1) areál vyplňují i prvky antropogenní, do kterých patří stavební objekty, komunikace a inženýrské sítě. Zároveň jsou sem zahrnuty abstraktní třídy *PrvkyBudov* a *Mobiliar* tvořící interiér budov (zdi, podlahy, okna...), resp. prvky mobiliáře, o nichž je více zmíněno v kapitole 6.3.3, resp. 6.3.4. Z evidence paGIS jsou do nich zahrnuty třídy: *Obj_Objekt* (polygon), *Obj_ObjektL* (linie), *Obj_ObjektB* (bod). Struktura paGIS je na základě koncepčního návrhu ještě rozšířena o třídy tvořící exteriér budov: *Obj_Komunikace*, *Obj_KomunikaceL*, *Obj_InzenyrskeSiteL*. Stejně tak, jak platilo u prvků zeleně, je i u těchto tříd možno přidat cizí klíč, který propojuje geodatabázi s jinou dílčí databází za účelem evidence.¹⁰

V následujících tabulkách nejsou uvedeny pouze polygonové třídy *Obj_ObjektL* a *Obj_ObjektB*, které mají stejné atributy a subtypy jako třída polygonová *Obj_Objekt*.

¹⁰ U nových tříd *Obj_Komunikace*, *Obj_KomunikaceL* je cizí klíč nazván *KomunikID*

Simple feature class						Geometry Polygon		
Obj_Objekt						Contains M values No		
						Contains Z values No		
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length	
OBJECTID	Object ID							
SHAPE	Geometry	Yes						
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0		
SHAPE_Area	Double	Yes			0	0		
ArealCis	Short Integer	Yes			0			
IDREG	Long Integer	Yes			0			
EvCrCis	Long Integer	Yes			0			
CisRada	Short Integer	Yes			0			
PorCisRejs	Long Integer	Yes			0			
subtyp	Short Integer	Yes	0		0			

Subtypes of Obj_Objekt

Subtype field *subtyp*

Default subtype 99

List of defined default values and domains for subtypes in this class

Subtype Code	Subtype Description	Field name	Default value	Domain
0	objekt			
1	objekt zanikly			
2	objekt (superpozice)			
3	objekt zanikly (superpozice)			
99	-			

Tabulka 6-8: Polygonová třída Obj_Objekt.

Simple feature class						Geometry Polygon		
Obj_Komunikace						Contains M values No		
						Contains Z values No		
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length	
OBJECTID	Object ID							
SHAPE	Geometry	Yes						
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0		
SHAPE_Area	Double	Yes			0	0		
TypKomunik	Short integer	No		TypKomunikace	0			
KomunikID	String	Yes					50	
CisloSil	String	Yes					50	
Pozice	Short integer	Yes	99		0			

Subtypes of Obj_Komunikace

Subtype field *Pozice*

Default subtype 99

List of defined default values and domains for subtypes in this class

Subtype Code	Subtype Description	Field name	Default value	Domain
1	Most	TypKomunik		TypKomunikace
99	-	TypKomunik		TypKomunikace

Tabulka 6-9: Polygonová třída Obj_Komunikace.

Simple feature class						Geometry Polyline		
Obj_KomunikaceL						Contains M values No		
						Contains Z values No		
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length	
OBJECTID	Object ID							
SHAPE	Geometry	Yes						
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0		
KomunikID	String	Yes					50	
Pozice	Short integer	Yes	99		0			

Subtypes of Obj_KomunikaceL

Subtype field *Pozice*

Default subtype 99

List of defined default values and domains for subtypes in this class

Subtype Code	Subtype Description	Field name	Default value	Domain
1	Most			
99	-			

Tabulka 6-10: Liniová třída Obj_KomunikaceL.

Simple feature class		Geometry Polyline		Contains M values No		Contains Z values Yes	
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0	
InzSiteID	String	Yes					50

Tabulka 6-11: Liniová třída *Obj_InzenyrskeSiteL*.

V úvodu kapitoly bylo řečeno, že všechny prvky exteriéru budov jsou výškově vztaženy k DMR. To se netýká z jasných důvodů pouze třídy *Obj_InzenyrskeSiteL*, do které patří objekty symbolizující rozvod inženýrských sítí. Geometrie vrstvy tedy počítá i se z-souřadnicí, jelikož jsou inženýrské sítě mnohdy zakopány v zemi nebo naopak jsou vedeny elektrickými dráty vzduchem.

Polygonová třída *Obj_Komunikace* je tvořena dvěma subtypy rozlišujícími, zda daný prvek tvoří most nebo nikoli. Toto dělení má význam z hlediska topologické čistoty dat. Žádné dva úseky komunikace stejného typu se nesmí křížit, aniž by byly propojeny pomocí uzlů. Stejně dělení na subtypy se týká i třídy *Obj_KomunikaceL*. Atribut *CisloSil* je vyplněn pouze v případě, že *TypKomunikace* je označen jako dálnice, rychlostní komunikace nebo jako silnice 1.-3. třídy. Atribut musí být textový řetězec, jelikož čísla silnic vznikají kombinací písmen a číslic (např. E442, D5...). Atribut *TypKomunik* (v tabulce 6-9) odkazuje na doménu *TypKomunikace* (tabulka 6-12), kde jsou nadefinovány různé popisy pro komunikace.

Coded value domain	
TypKomunikace	
Description <i>Typ komunikace</i>	
Field type <i>Short integer</i>	
Split policy <i>Default value</i>	
Merge policy <i>Default value</i>	
Code	Description
1	dálnice
2	rychlostní silnice
3	silnice 1. třídy
4	silnice 2. třídy
5	silnice 3. třídy
6	ostatní komunikace
7	zpevněná cesta
8	nezpevněná cesta
9	parkoviste
10	chodník
11	koleje
12	nespecifikovano

Tabulka 6-12: Doména *TypKomunikace*.

Třídy s prefixem *Obj_Objekt* obsahují atributy *ArealCis*, *EvCrCis*, *CisRada*, *PorCisRejs* tvořící složený cizí klíč odkazující na zájmové území. Unikátním primárním klíčem je atribut *IDREG*. Do této třídy patří půdorysy všech stavebních objektů, které lze podle rozšiřujícího koncepčního návrhu dělit na místnosti, které jsou tvořeny zdmi, podlahami, stropy a jinými stavebními prvky.

Definice tříd (s prefixem *Obj_Objekt*) podle paGIS:

- Vrstva *Obj_Objekt* zahrnuje jednotlivé stavební objekty resp. jejich části, u nichž je z podkladu zřejmý a definovatelný půdorysný rozsah nebo jejichž půdorysný rozsah byl zaměřen (stavební objekty).
- Vrstva *Obj_ObjektL* zahrnuje objekty liniového charakteru, u nichž není z podkladu zřejmý a definovatelný půdorysný rozsah (hradby, ohradní zdi, ploty...)
- Vrstva *Obj_ObjektB* zahrnuje drobné objekty či stavební objekty, u nichž nelze definovat půdorysný rozsah (boží muka...).

Topologická pravidla u vrstev s prefixem *Obj_Objekt* jsou převzata z dokumentace systému paGIS. Topologická pravidla zahrnující nově vytvořené třídy (*Obj_Komunikace* a *Obj_KomunikaceL*) s prvky komunikací kontrolují pouze, zda se linie či polygony těchto tříd navzájem nepřekrývají. Z důvodu existence mostů v reálném světě je polygonová třída rozdělena na subtypy, které mostní prvky oddělují od ostatní komunikace. Tím se zajistí topologická čistota dat.

Topology rule		
Feature Class	Rule	Feature Class
Obj_ObjektL	Must not have pseudos	
Obj_ObjektB	Must be properly inside	Obj_UrbProstor: prostor / urb. blok
Obj_Objekt : objekt	Must not overlap	
Obj_Objekt : objekt zanikly	Must not overlap	
Obj_ObjektL : objekt	Must not overlap	
Obj_ObjektL : objekt zanikly	Must not overlap	
Obj_Komunikace : most	Must not overlap	
Obj_Komunikace : -	Must not overlap	
Obj_KomunikaceL	Must not overlap	
Obj_ObjektL	Must not have pseudos	

Tabulka 6-13: Topologická pravidla související s abstraktní třídou *AntropogenniPrvky*.

6.3.3 Abstraktní třída *PrvkyBudov*

Všechny topologické úpravy prvků uvnitř budov v rámci databáze už nejsou řešeny. Hlavní příčinou jsou malé možnosti editace 3D shapefile formátů v prostředí ArcGIS. Z tohoto důvodu je nutná tvorba topologicky čistých dat již při vektorizaci dat v CAD prostředí, což je předmětem zkoumání v diplomové práci [HRAD09]. Zmíněny jsou pouze nutné topologické požadavky pro správný chod geodatabáze na jednotlivé prvky v interiérech budov.

V abstraktní třídě *PrvkyBudov* jsou použity prvkové třídy typu multipatch (viz kapitola 4.1), které se v evidenci paGIS nevyskytují. Při importu prvku z CAD modelu je daný prvek rozdělen triangulací na mnoho menších částí. Z hlediska evidence je důležité a praktické, aby se prvek skládal pouze z jednoho řádku v tabulce. Proto je nutné dané části sloučit editačním nástrojem

Merge. U vertikálních prvků k rovině xy (např. zdi) se po aplikaci nástroje geometrie prvku zhroutí. Na základě této nevýhody se přistoupilo u vertikálních a tvarově složitějších objektů na typ multipatch, u kterého se nemusí slučovací nástroj používat.

Tabulka (nebo též bezrozměrná třída) *Mistnosti* (viz tabulka 6-14) slouží k lokalizaci prvků na úrovni místností. Lze ji nazývat též číselník. Je spojena relací *ObjektMaMistnosti* (vazba 1:N) přes cizí klíč *IDREG* s třídou *Obj_Objekt*. Dále je spojena s polygonovou třídou *Obj_Podlahy* relací *MistnostMaPodlahu* (vazba 1:1) přes primární klíč *MistnostID*, který ukládá správné označení místností (UL610, obřadní místnost...). Atribut *PodlaziID* odkazuje na stejnojmennou doménu, kde je uchováváno číslování jednotlivých podlaží (1. podlaží, 2. podlaží atd.) – viz tabulka 6-15. Tabulka *Mistnosti* a její relační vazby umožňují získávat informace o tom, ve kterém podlaží a v jaké místnosti se dané prvky nacházejí. Pouze pomocí topologického překrytí lze tyto informace získávat jen velmi těžko. Atribut *PodlaziID* odkazuje na stejnojmennou doménu, kde je uchováváno číslování jednotlivých podlaží (1. podlaží, 2. podlaží atd.)

Table Mistnosti						
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale Length
OBJECTID	Object ID					
MistnostID	String	Yes				50
PodlaziID	Short integer	No		OznaceniPodlazi	0	
IDREG	Long Integer	Yes				

Tabulka 6-14: Tabulka *Mistnosti*.

Coded value domain OznaceniPodlazi	
Description	Oznaceni podlazi
Field type	Short integer
Split policy	Default value
Merge policy	Default value
Code	Description
1	1. podlazi
2	2. podlazi
:	:

Tabulka 6-15: Doména *OznaceniPodlazi*.

Polygonová třída *Obj_Podlahy* má rozhodující vlastnost pro určení tvaru jednotlivých místností. Atribut *MistnostID* představuje cizí klíč v relaci *MistnostMaPodlahy* (1:1) s tabulkou *Mistnosti*. Místnost může být tedy složena pouze z jedné podlahy. Pro její tvar za účelem prostorového dotazování musí platit pravidlo, aby každému stropu připadala jedna podlaha. Klasickým problémem jsou ochozy uvnitř kaplí, jež mají společný strop (či klenbu) s podlahou před oltářem. V takovém případě musí být všechny prvky ochozu zahrnuty do třídy *Obj_StavebniPrvkyM* (viz dále). Atribut *PopisStrucny* obsahuje stručné popsání daného objektu maximálně 255 znaky a *PopisOdkaz* může obsahovat odkaz k dalšímu dokumentu jako například URL nebo adresářovou cestu také o délce maximálně 255 znaků. Poslední dva zmíněné atributy

jsou společné i pro třídy *Obj_Stropy*, *Obj_ZdiM* a *Obj_StavebniPrvkyM*. Atribut *NadmVyska*, který udává nejnižší nadmořskou výšku daného prvku, je důležitý pro další prostorové a atributové dotazování.

V případě výskytu klenby či jinak tvarovaných stropních prvků se daný prvek zařazuje do třídy *Obj_StavebniPrvkyM* jako subtyp *Klenba*. V opačném případě horní spoj mezi stěnami je klasifikován jako strop a je zahrnut ve třídě *Obj_Stropy*.

Prvková třída multipatch *Obj_ZdiM* tvoří všechny obvodové stěny místností a budov. Subtypem je rozdělena právě na vnější a vnitřní zdi.

Do třídy *Obj_StavebniPrvkyM* (multipatch) patří například sloupy, zábradlí, okna, dveře atd. Snaha vrstvy je pochytit co nejvíce prvků, které spolu strukturně souvisejí, a kde je zbytečné vytvářet každému druhu stavebního prvku novou třídu. Subtypy, jenž jsou použity (viz tabulka 6-19), lze rozšiřovat podle potřeby. Obecně lze říci, že do této vrstvy patří všechny ostatní prvky, které neobsahují třídy *Obj_ZdiM*, *Obj_Stropy*, *Obj_Podlahy* a nejsou zahrnuty do abstraktní třídy *Mobiliar*.

Simple feature class		Geometry Polygon					
Obj_Podlahy		Contains M values	No				
		Contains Z values	Yes				
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0	
SHAPE_Area	Double	Yes			0	0	
MistnostID	String	Yes					50
PopisStruc	String	Yes					255
PopisOdkaz	String	Yes					255
PodlahalID	String	Yes					50
NadmVyska	Double	Yes			0	0	

Tabulka 6-16: Polygonová třída *Obj_Podlahy*.

Simple feature class		Geometry Polygon					
Obj_Stropy		Contains M values	No				
		Contains Z values	Yes				
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0	
SHAPE_Area	Double	Yes			0	0	
PopisStruc	String	Yes					255
PopisOdkaz	String	Yes					255
StropID	String	Yes					50

Tabulka 6-17: Polygonová třída *Obj_Stropy*.

Multi feature class Obj_ZdiM						Geometry	MultiPatch
						Contains M values	No
						Contains Z values	Yes
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0	
SHAPE_Area	Double	Yes			0	0	
PopisStruc	String	Yes					255
PopisOdkaz	String	Yes					255
ZedID	String	Yes					50
Pozice	Short integer	No	1		0		

Subtypes of Obj_ZdiP

Subtype field *Pozice*

Default subtype *1*

List of defined default values and domains for subtypes in this class

Subtype Code	Subtype Description	Field name	Default value	Domain
1	vnejsi		No values set	
2	vnitri		No values set	

Tabulka 6-18: Multipatch třída Obj_ZdiM.

Multi feature class Obj_StavebniPrvkyM						Geometry	MultiPatch
						Contains M values	No
						Contains Z values	Yes
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0	
SHAPE_Area	Double	Yes			0	0	
PopisStruc	String	Yes					255
PopisOdkaz	String	Yes					255
TypStavPrv	Short integer	No	9		0		
StavPrvID	String	Yes					50

Subtypes of Obj_StavebniPrvkyM

Subtype field *TypStavPrv*

Default subtype *1*

List of defined default values and domains for subtypes in this class

Subtype Code	Subtype Description	Field name	Default value	Domain
1	Dvere		No values set	
2	Okno		No values set	
3	Vyklenek		No values set	
4	Zabradli		No values set	
5	Sloup		No values set	
6	Strecha		No values set	
7	Klenba		No values set	
8	Lavicka		No values set	
9	nesepecifikovano		No values set	

Tabulka 6-19: Multipatch třída Obj_StavebniPrvkyM.

Pro hlavní topologické pravidlo ve 2D prostředí platí, že každá místnost může být složena z více podlah, ale žádná podlaha nesmí tvořit víc než jednu místnost. 3D geometrie místností je pak určena všemi prvky z abstraktní třídy *PrvkyBudov*. Zároveň je požadováno, aby se polygony podlah, stropů a jiných stavebních prvků vzájemně dotýkaly, kvůli správným výsledkům prostorových dotazů. Současné možnosti topologických pravidel v programu ArcGIS 9.3 nepovolují tyto požadavky naplnit. Proto je kladen velký důraz na tvorbu topologicky čistých dat již v prostředí CAD. V tabulce 6-20 jsou uvedena některá neimplementovatelná topologická pravidla.

Topology rule		
Feature Class	Rule	Feature Class
Mistnosti	Are composed of...	Obj_ZdiM Obj_Podlahy Obj_Stropy Obj_StavebniPrvkyM
Mobilier	Is inside of	Mistnosti

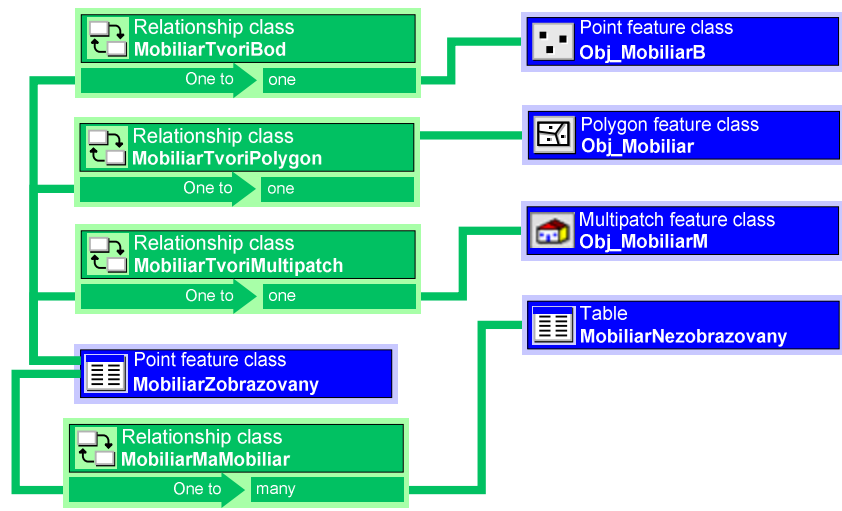
Tabulka 6-20: Neimplementovatelná topologická pravidla v abstraktní třídě *PrvkyBudov*.

6.3.4 Abstraktní třída *Mobilier*

Při evidenci až na úroveň mobiliáře je klíčové určit, které památkové objekty ještě budou mít přímou prostorovou lokalizaci – větší či významné části mobiliáře (např. stůl, knihovna; obraz), a které budou mít pouze vazbu na objekt, ve kterém jsou umístěny (např. stůl – čajový servis; knihovna – police – kniha). Za tímto účelem bylo vytvořeno v abstraktní třídě *Mobilier* několik tříd, které pojmu všechny možné případy.

Prostorovou lokalizaci prvků mobiliáře zajišťují tři prvkové třídy: *Obj_MobilierB* (bodový typ), *Obj_Mobilier* (polygonový typ) a *Obj_MobilierM* (multipatch). Liniová identifikace je v takto velkém měřítku evidence zbytečností. Geometrický tvar mobiliáře je zobrazován buď polygonově nebo bodově. Každá třída obsahuje atribut *InventCis*, který představuje cizí klíč pro spojení s evidenční tabulkou *MobilierZobrazovany*, ve které se udržují veškeré informace o daném prvku. Spojení udržují relace (1:1) *MobilierTvoribod*, *MobilierTvoripolygon* a *MobilierTvorimultipatch*. Atribut *NadmVyska*, který udává nejnižší nadmořskou výšku daného prvku, je důležitý pro další prostorové a atributové dotazování.

V případě existence malých předmětů, jejichž prostorová evidence by již nebyla finančně nebo časově únosná, je vytvořena další tabulka (*MobilierNezobrazeny*), která odkazuje relací *MobilierMaMobilier* přes cizí klíč *InventCis* na tabulku *MobilierZobrazovany*. Tentokrát se jedná o relaci 1:N – mnoho nezobrazitelných knih se může nacházet v jedné zobrazené knihovně/polici. Atributy obou tabulek jsou shodné. Základní struktura abstraktní třídy *Mobilier* je na obrázku 6-2.



Obrázek 6-2: Abstraktní třída Mobiliar.

Table MobiliarNezobrazovany						
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale Length
OBJECTID	Object ID					
Kod	String	Yes				255
Objekt	String	Yes				255
Cislo	String	Yes				255
Mistnost	String	Yes				255
InventCis	String	Yes				255
Predmet	String	Yes				255
DatumUmis	Date	Yes			0	0
Skrin	String	Yes				255
Regal	String	Yes				255
ICS	String	Yes				255
Puvod	String	Yes				255

Tabulka 6-21: Tabulka MobiliarNezobrazovany.

Simple feature class Obj_MobiliarB						
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale Length
OBJECTID	Object ID					
SHAPE	Geometry	Yes				
InventCis	String	Yes				50
NadmVyska	Double	Yes			0	0

Tabulka 6-22: Bodová třída Obj_MobiliarB.

Simple feature class Obj_Mobiliar						
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale Length
OBJECTID	Object ID					
SHAPE	Geometry	Yes				
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0
SHAPE_Area	Double	Yes			0	0
InventCis	String	Yes				50
NadmVyska	Double	Yes			0	0

Tabulka 6-23: Polygonová třída Obj_Mobiliar.

Multi feature class Obj_MobiliarM				Geometry <i>MultiPatch</i> Contains M values <i>No</i> Contains Z values <i>Yes</i>			
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Prec- ision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0	
SHAPE_Area	Double	Yes			0	0	
InventCis	String	Yes					50
NadmVyska	Double	Yes			0	0	

Tabulka 6-24: Multipatch třída Obj_MobiliarM.

6.4 Topologické priority (Topology rank) v geodatabázi

Od původního záměru udržovat topologickou čistotu dat topologickými kontrolami v prostředí ArcGIS i uvnitř budov se muselo upustit. Editační nástroje na úpravu geometrie 3D prvků nejsou dostačující, hlavně co se týče prvků kolmých k souřadnicové rovině xy. Proto je kladen důraz na topologickou čistotu prvků v interiéru již při tvorbě dat v CAD prostředí. Z tohoto důvodu se kontrola topologie vztahuje jen na prvky exteriéru (vodstvo, zeleň, komunikace, stavební objekty). Základní topologický koncept každého projektu vychází od přesně určených dat k méně přesným. V současném systému paGIS mají všechny prvkové třídy nastaveny stejnou prioritu. Všechny topologické kontroly jsou tedy opravovány ručně. Proto i v celé rozšířené geodatabázi se nechají všechny převzaté vrstvy na nejvyšší prioritě a pouze vrstvy komunikací, které byly doplněny a jsou zahrnuty do topologických kontrol, budou mít prioritu nižší.

Feature Class	Rank
Obj_Objekt	1
Obj_ObjektL	1
Ochr_ObjektB	1
ObjUrb_Prostor	1
Ochr_Uzemi	1
Ochr_Plocha	1
Obj_Zelen	1
Obj_ZelenL	1
Obj_Voda	1
Obj_VodaL	1
Obj_Komunikace	2
Obj_KomunikaceL	2

Tabulka 6-25: Tabulka topologických priorit v geodatabázi.

6.5 Prostorové a atributové dotazy spojené s mobiliářem

Při zjišťování lokalizace prvků se v geodatabázích používají prostorové dotazy. Z hlediska zaměření na evidenci mobiliáře je nutno umět určit místnost, ve které se mobiliář nachází. V kapitole 6.3.3 zabývající se abstraktní třídou *PrvkyBudov* bylo řečeno, že tvar místností je určen z geometrie zdí, podlah, stropů a jiných stavebních prvků. Každý mobiliář se musí v takto

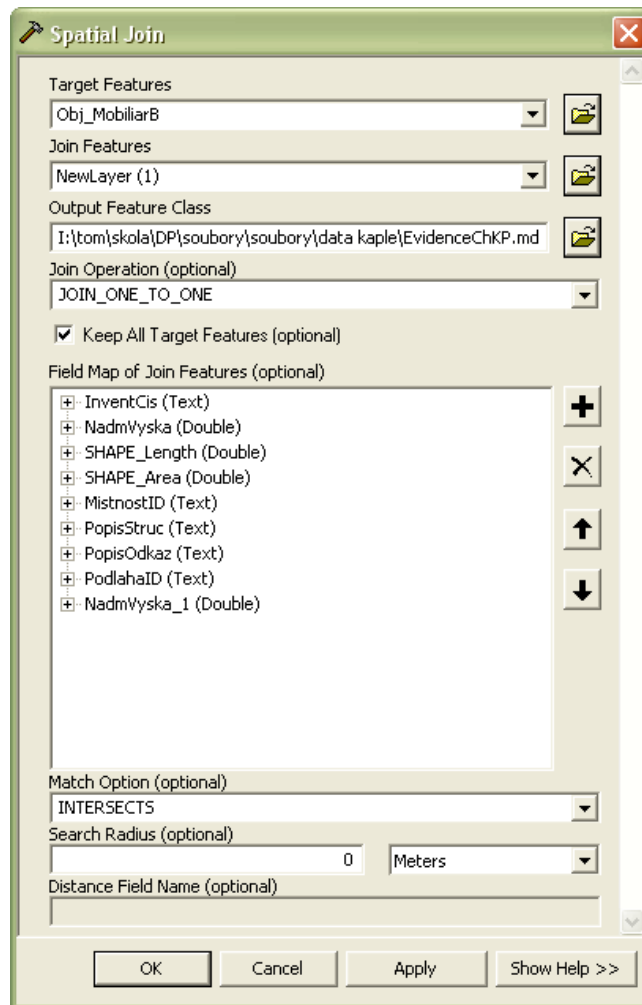
vytvořených místnostech nacházet. V skriptovacím programu *Model Builder*, umožňujícím přehledně tvořit sekvence příkazů, byly vytvořeny základní dotazy (viz projekt Model.mxd na přiloženém CD) týkající se umístění bodového mobiliáře (postup pro polygonové typy mobiliáře je stejný):

1. Jaký mobiliář se nachází v dané místnosti?

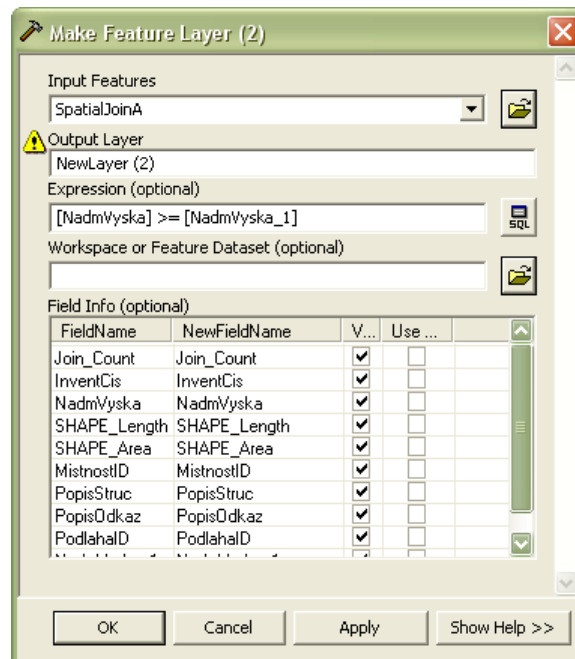
Filosofie metody hledá ke zvolené podlaze mobiliář, který se nachází nad ní a který musí být shora omezen další jinou podlahou určující další místnost. Metoda předpokládá, že mezi podlahou a stropem se žádný mobiliář nenachází. Nejprve se zvolí všechny mobiliář mající průnik s danou podlahou a atributovými dotazy je redukován výběr mobiliáře mezi vybranou podlahou a nejbližší horní podlahou.

Ke spuštění dotazu je nutné mít otevřenou vrstvu podlah a mobiliáře a identifikovanou podlahu charakterizující danou místnost. Vybraná podlaha je uložena do nové vrstvy *NewLayer (1)*. Poté je provedeno prostorové spojení mobiliáře s danou podlahou uložené do nové bodové prvkové třídy *SpatialJoinA* (viz obrázek 6-3) obsahující atributové informace vybrané podlahy a mobiliáře nacházejícího se nad i pod vybranou podlahou. Do nové vrstvy *NewLayer (2)* je dále uložen výběr mobiliáře nacházejícího se nad vybranou podlahou (viz obrázek 6-4). V následujícím kroku je nutné zrušit výběr ve vrstvě *Obj_Podlahy* (viz obrázek 6-5) a provést prostorový dotaz na průnik všech podlah s mobiliářem z vrstvy *NewLayer (2)* (viz obrázek 6-6). Z nového výběru je získána atributovým dotazem ta podlaha, která je nejbližší k vybrané podlaze mající vyšší nadmořskou výškou, a následně je uložena do nové vrstvy *NewLayer (3)* (viz obrázek 6-7). Dále je prostorově spojena vrstva *NewLayer (2)*, která obsahuje mobiliář s vybranou podlahou, s novou vrstvou *NewLayer (3)* (viz obrázek 6-8). Tím je vytvořena bodová prvková třída *SpatialJoinB* obsahující informace o mobiliáři a o podlahách ohraničujících shora i zdola danou místnost. V případě že nad vybranou podlahou se již žádná jiná podlaha nenachází, tak do atributu *NadmVyska_12* je uložena 0. Tato informace je důležitá pro tvorbu atributových dotazů získávajících mobiliář v místnosti (viz obrázek 6-9). Prvky jsou ovšem vybrány v rámci pomocné vrstvy. Proto je nutné ještě provést prostorový dotaz na průnik dané pomocné vrstvy s prvkovou třídou *Obj_MobiliarB*, kde se vybere mobiliář splňující daný dotaz (viz obrázek 6-10).

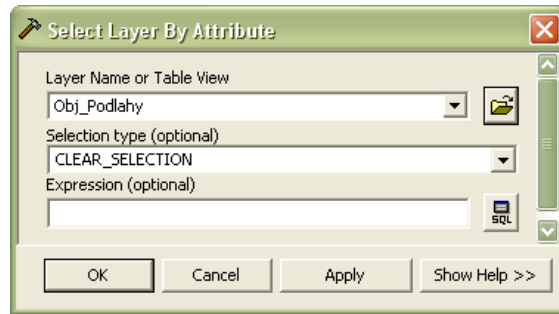
Celý proces zpracování dotazu je zobrazen na obrázku 6-11. Jeho výsledkem je vybrání mobiliáře v tabulce *Obj_MobiliarB*. Ostatní vytvořené vrstvy nutné k vyhodnocení dotazu jsou smazány.



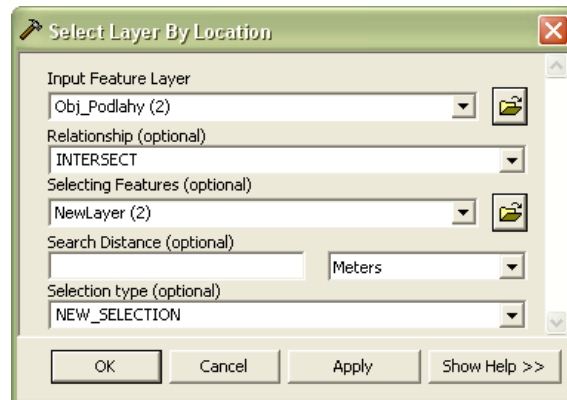
Obrázek 6-3: Prostorové spojení průnikem vybrané podlahy s ostatním mobiliářem.



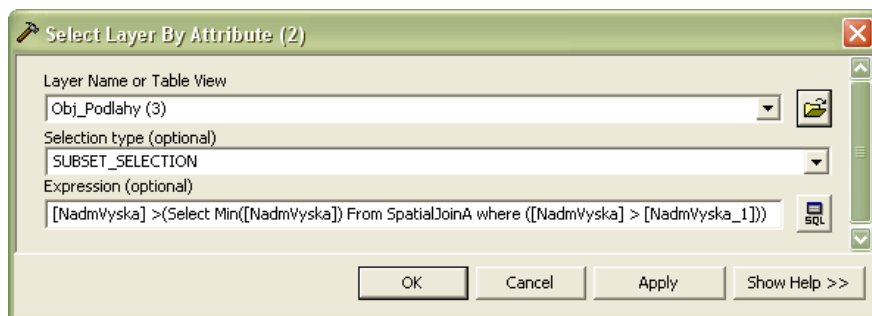
Obrázek 6-4: Vytvoření nové vrstvy s mobiliářem nacházejícím se nad vybranou podlahou.



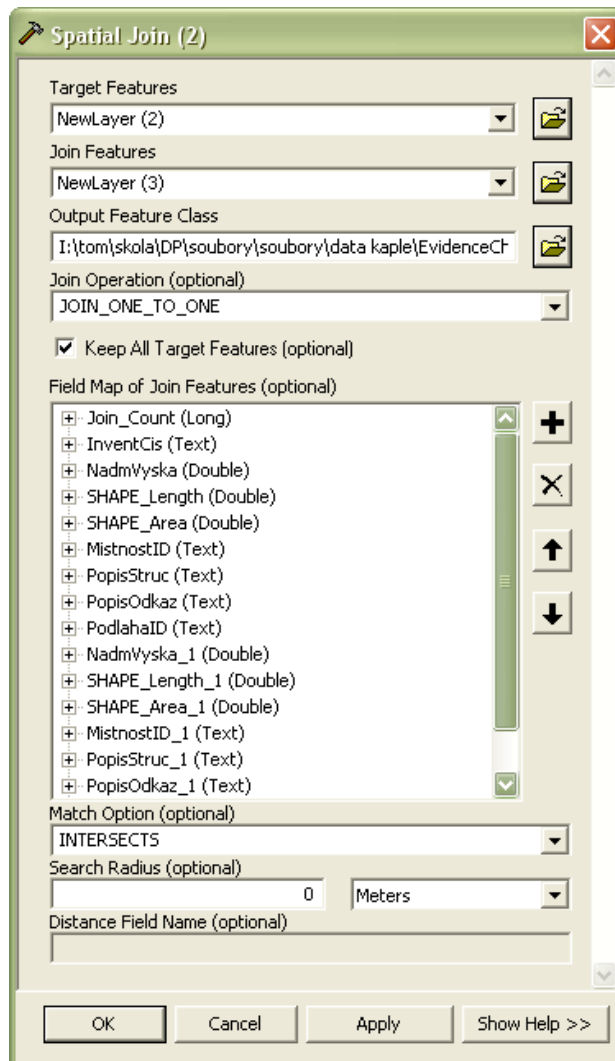
Obrázek 6-5: Zrušení výběru v Obj_Podlahy.



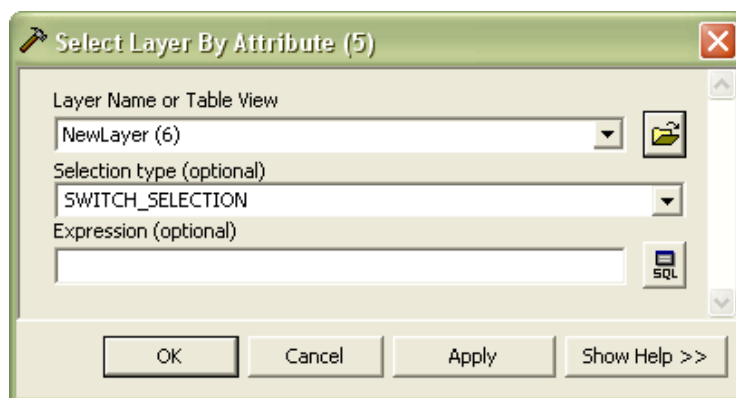
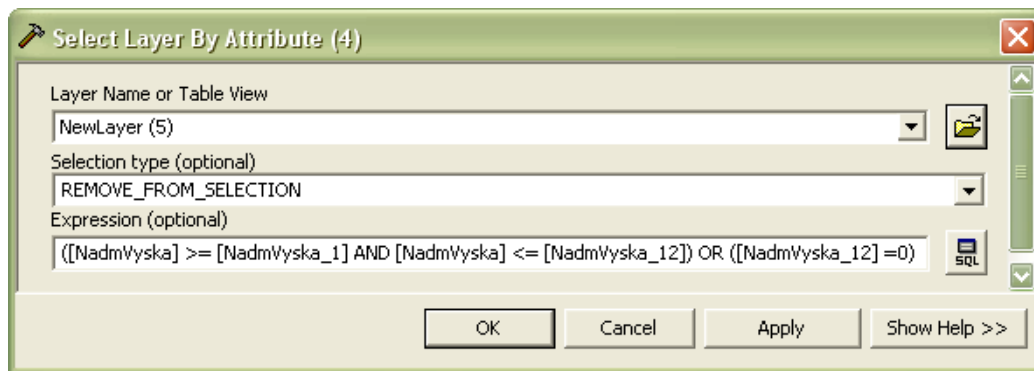
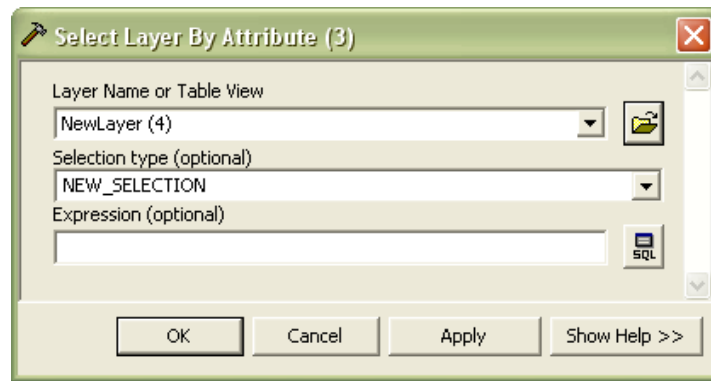
Obrázek 6-6: Prostorový dotaz vybraného mobiliáře s vybranými podlahama.



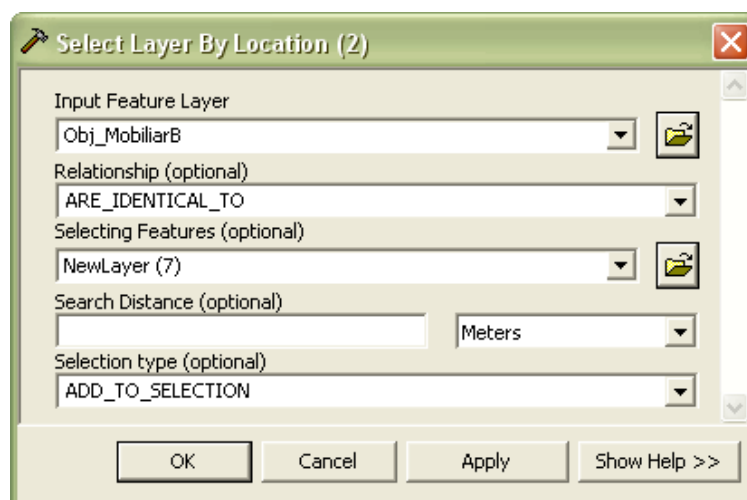
Obrázek 6-7: Atributový dotaz získávající podlahu ležící nejbližší nad vybranou podlahou.



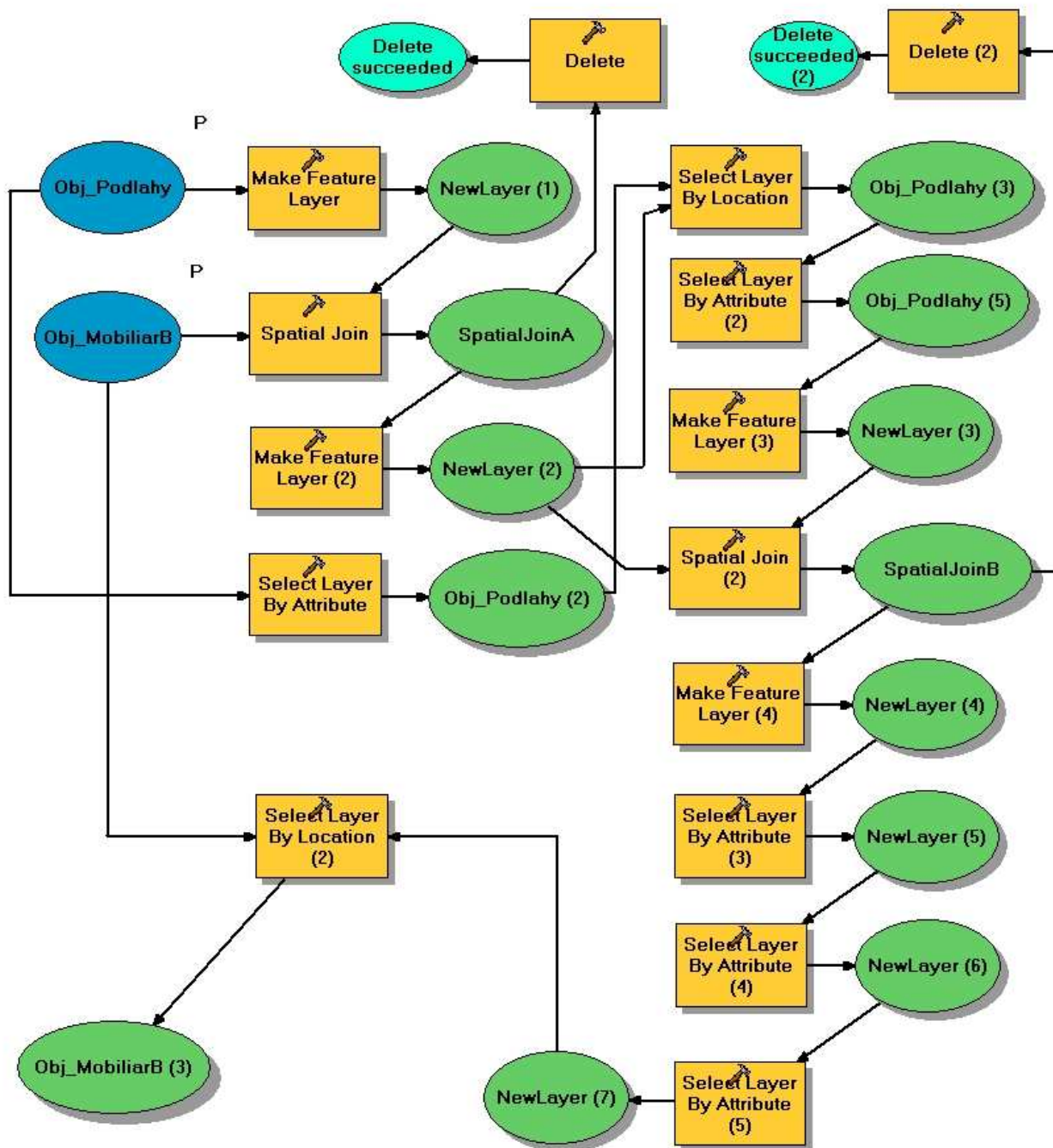
Obrázek 6-8: Prostorové spojení podlah ohraničující místnost a mobiliáře.



Obrázek 6-9: Sekvence atributových dotazů na získání mobiliáře uvnitř místnosti.



Obrázek 6-10: Prostorový dotaz označující hledaný mobiliář uvnitř prvkové třídy Obj_MobiliarB.



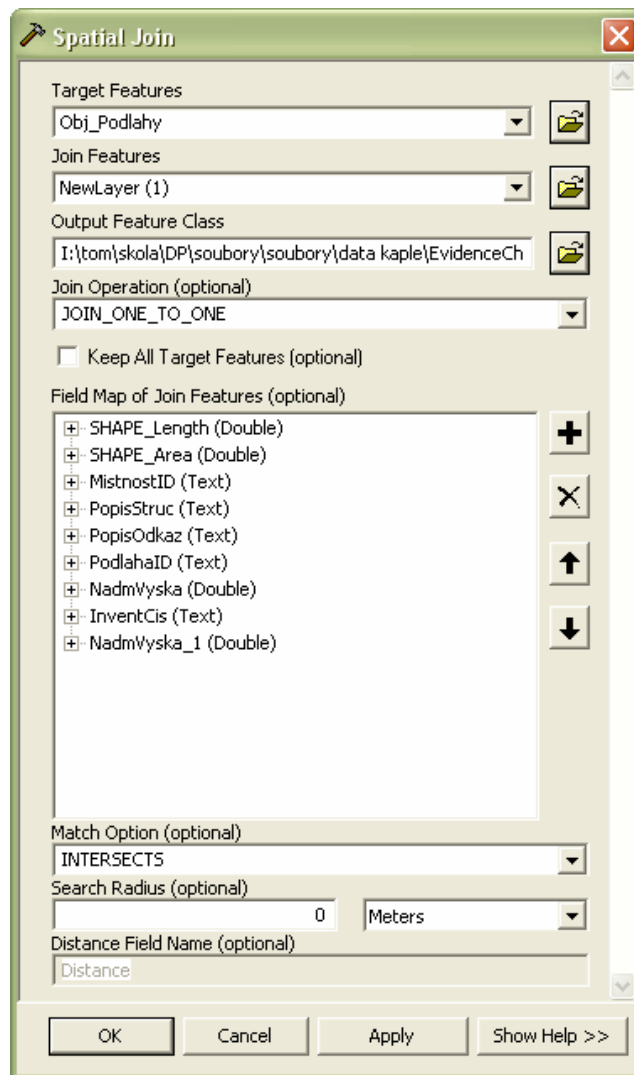
Obrázek 6-11: Sekvence příkazů hledající všechen mobiliář uvnitř místnosti.

2. V jaké místnosti se nachází daný mobiliář?

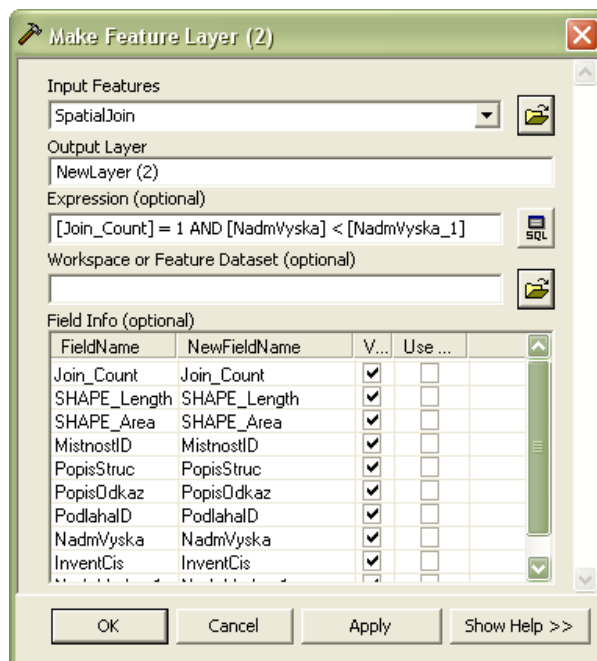
Postup bude podobný předchozímu případu s tím rozdílem, že již není zjišťována podlaha nad mobiliářem. Proto je dotaz jednodušší. Hledá se pouze podlaha (odkazující na danou místnost), která se nachází pod daným mobiliářem (má nižší nadmořskou výšku).

Ke spuštění dotazu je nutné mít opět otevřenou vrstvu podlah a mobiliáře spolu s identifikovaným mobiliářem určeným k lokalizaci. Vybraný mobiliář je uložen do nové vrstvy *NewLayer (1)*. Poté je provedeno prostorové spojení zvoleného mobiliáře se všemi podlahami (viz obrázek 6-12) a všechny podlahy mající nižší nadmořskou výšku ležící pod daným mobiliářem jsou

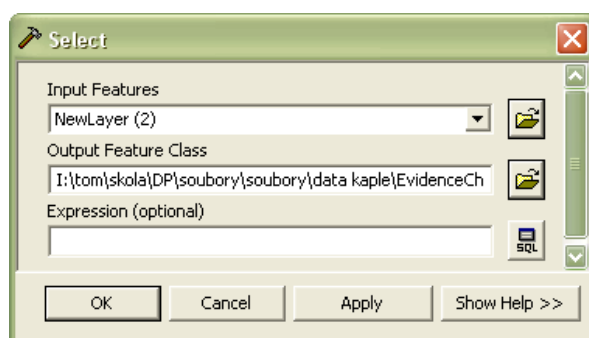
uloženy do nové vrstvy *NewLayer (2)* (viz obrázek 6-13). Ta je převedena do nové prvkové třídy *NewFeature*, kvůli funkčnosti dalšího dotazování. Na základě dotazu uvedeného na obrázku 6-15 je do nové vrstvy *NewLayer (3)* uložena podlaha s nejvyšší nadmořskou výškou ležící pod mobiliářem. V závěru se provede prostorový dotaz (viz obrázek 6-16) vybírající podlahu z třídy *Obj_Podlahy* a ostatní pomocné vrstvy se smažou. Celý proces ke zjištění místnosti obsahující daný mobiliář se nachází na obrázku 6-17.



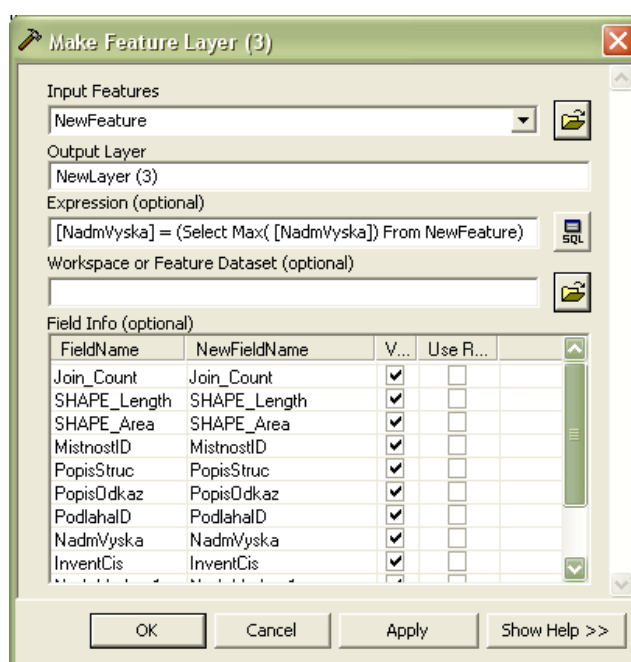
Obrázek 6-12: Prostorové spojení podlah s vybraným mobiliářem.



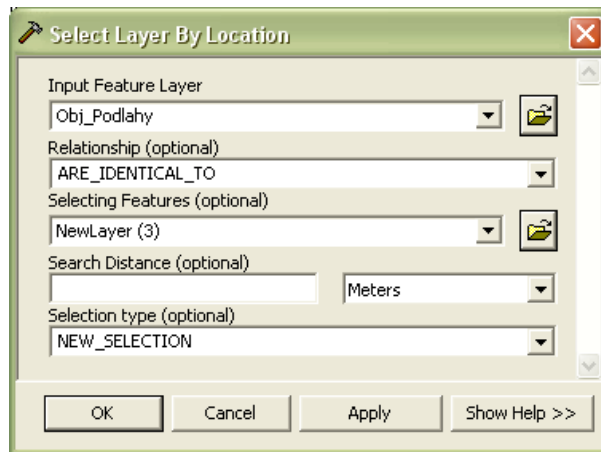
Obrázek 6-13: Vytvoření nové vrstvy obsahující podlahy umístěné pod daným mobiliářem.



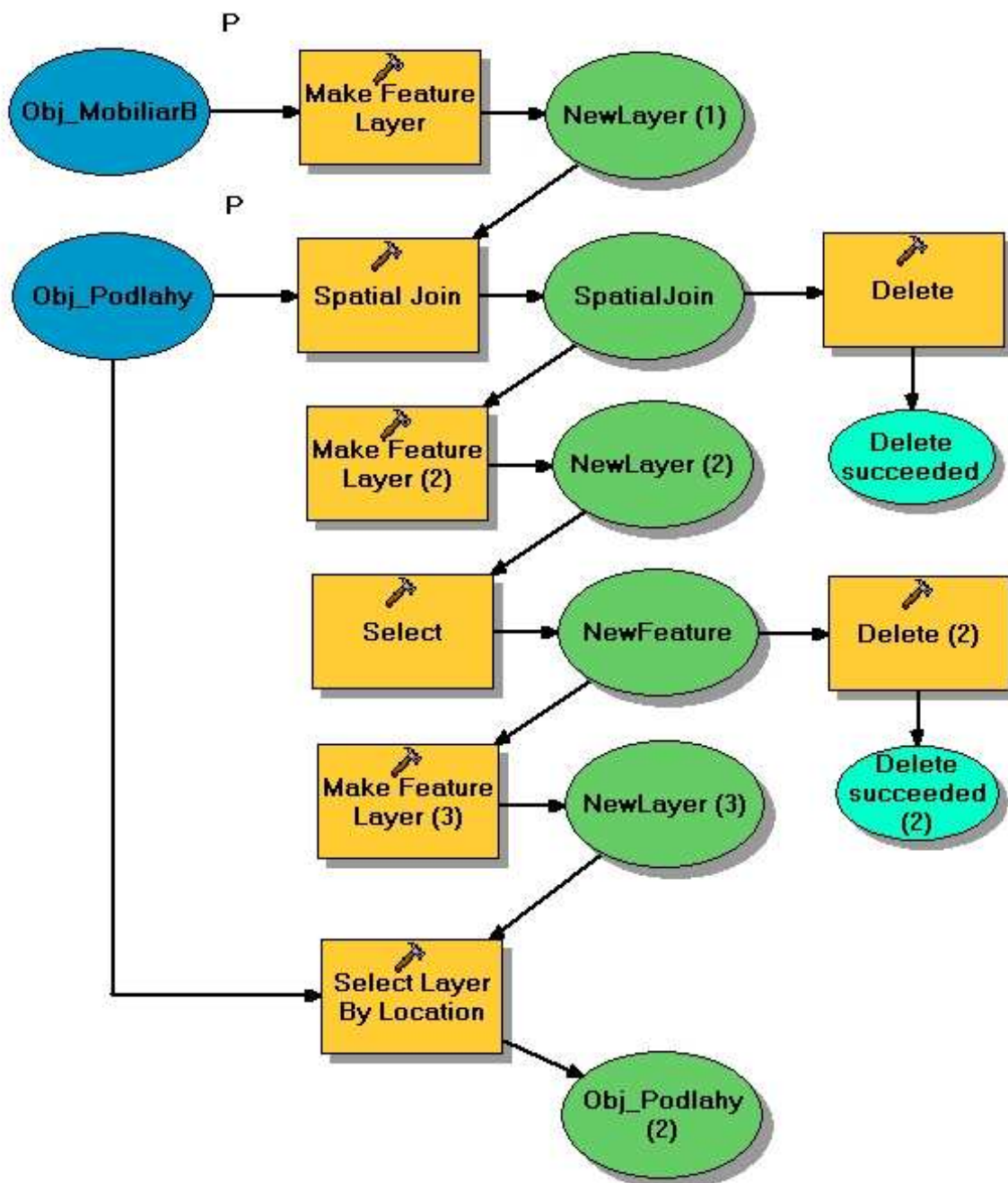
Obrázek 6-14: Nástroj Select vytvářející novou prvkovou třídu z vybrané vrstvy.



Obrázek 6-15: Vytvoření nové vrstvy obsahující podlahu umístěnou nejbliže pod mobiliářem.



Obrázek 6-16: Prostorový dotaz označující hledanou podlahu uvnitř prvkové třídy Obj_Podlahy.



Obrázek 6-17: Sekvence příkazů hledající všechen mobiliář uvnitř místnosti.

Řešení dotazů vztahujících se k lokalizaci mobiliáře je v současné době velmi obtížný úkol. Uvedené postupy dotazování nemusí stoprocentně pracovat při složitějších tvarech místností, kterých je v památkově chráněných objektech dostatek. Důležité je striktní držení se pokynů z kapitoly 6.3 pro zařazování prvků do jednotlivých tříd v geodatabázi, správné určování tvaru místností (charakterizované podlahami) a umístění mobiliáře.

Nedostatečná podpora 3D prostorových dotazů znemožňuje efektivní dotazování v geodatabázi. Při každém uvedeném dotazu dochází vždy k tvorbě nových vrstev, které je po dotázání nutno zase smazat. V geodatabázi na serveru bude daný úkon velmi problematický. Problém lze částečně vyřešit novými atributovými dotazy, kterými je možno se dotazovat přes více než jednu prvkovou třídu nebo shapefile, nebo použitím ArcObjects.

7 Závěr

Cílem diplomové práce je vytvoření struktury datového modelu v ESRI Geodatabase za účelem evidence památkově chráněného nemovitého i movitého majetku, která rozšiřuje současnou geodatabázi spravovanou evidencí paGIS. Zkušební data byla získána z případové studie na Státním Zámku Kozel laserovým a terestrickým zaměřením v rámci diplomové práce Stanislava Raucha [RAUC06], která byla dále zpracovaná v prostředí CAD do drátěného modelu podle předem dohodnutých pravidel ve spolupráci s autorkou diplomové práce Monikou Hrádkovou [HRAD09].

Z vytvořeného modelu je nutné data převádět do povrchového modelu umožňujícího další zpracování v programu ArcGIS. Za tímto účelem jsou sepsány různé způsoby 3D reprezentace prvků reálného světa v digitálním prostředí (viz kapitola 2).

Dále je vytvořen přehled všech vektorových formátů využitých při budování geografické datové báze Státního Zámku Kozel (viz kapitola 3). Podrobněji byl vysvětlen pojem geografická relační databáze a popsán formát ESRI Geodatabase, ve kterém je vytvořena databázová struktura rozšiřující evidenci paGIS (viz kapitola 4).

V kapitole 5 je vysvětlena metodika převodu dat z CAD souborů do geodatabáze zajišťující správné zobrazování dat v programu ArcGIS. Pro účely prezentace dat z geodatabáze na Google Earth byl vytvořen ve spolupráci s autorem diplomové práce Janem Fikejzem návod převodu dat do formátu KML [FIKE09].

Při zpracování dat byly často řešeny problémy se zobrazováním vertikálních prvků v programu ArcGIS, které vznikaly při převodu dat z CAD formátů do geodatabáze, editacích a exportu dat z geodatabáze. Jádrem všech problémů je zřejmě nemožnost vytvářet v programu ArcGIS přesně kolmé prvky na rovinu xy. Z toho se odvíjí i další komplikace především při editaci vertikálních prvků. Proto není možné dělat ani topologické úpravy. Data musí být tedy topologicky čistá již před přidáním do geodatabáze. Z editačních funkcí byl nakonec používán pouze nástroj *Merge*, který rozložené prvky spojuje do jednoho z důvodu evidenčního využití, a dále odmazávání přebytečných prvků. U polygonových prvkových tříd kolmých na rovinu xy nebylo možno používat ani nástroj *Merge*. Komplikaci se podařilo vyřešit použitím prvkové třídy typu *multipatch*.

Tvorba geodatabázové struktury v kapitole 6.3 vycházela z koncepčního návrhu (viz obrázek 6-1), který rozšiřuje současný stav paGIS až na úroveň místností uvnitř budov, ve kterých je umístěn mobiliář. Na základě dané koncepce byla vytvořena geodatabáze obsahující vybrané prvkové třídy paGIS spolu s nově vytvořenými, které jsou relačními vazbami přes primární a cizí klíče propojené. Celá vytvořená struktura je popsána v logickém datovém modelu pomocí ERA modelu a implementace geodatabáze v programu ArcGIS je znázorněna ve fyzickém datovém modelu. Oba modely se jsou k vidění na příloženém CD (viz Přílohy). Z požadavku evidence majetku až na úroveň místností bylo rozhodnuto, že místnosti budou složeny z vrstev tvořící

podlahy, stropy, zdi a jiné stavební prvky (např. klenby, okna, dveře...), ve kterých je lokalizován mobiliář. Prvky zdí a jiných stavebních prvků jsou uloženy v prvkových třídách typu *multipatch* z důvodu jejich vertikálního charakteru a prvky stropů a podlah jsou ukládány do prvkové třídy typu *polygonZ*. U všech nových prvkových tříd jsou popsány jejich vlastnosti a vyjmenovány objekty z reálného světa, které jsou do nich zahrnovány. Dodržování pravidel tvorby geodatabáze je velmi důležité pro prostorové a atributové dotazování.

Při tvorbě prostorových dotazů na lokalizaci mobiliáře byla zjištěna nedostatečná podpora pro práci s 3D prvky (viz kapitola 6.5). Proto bylo nutné přistoupit na využití prostorového spojení (*Spatial Join*), které na základě porovnání atributů vytvoří novou vrstvu, ze které je možné dále získávat informace pomocí atributových dotazů. Jsou vyřešeny dotazy na mobiliář umístěný v dané místnosti a na místnost obsahující vybraný mobiliář. Při každém uvedeném dotazu dochází vždy k tvorbě nových vrstev, které je po dotázání nutné zase smazat. V geodatabázi na serveru bude daný úkon nejspíš velmi problematický. Lze uvažovat o řešení přes ArcObjects, které by umožnilo naprogramovat řadu nástrojů usnadňující dané dotazování. Struktura dotazů realizovaná v programu Model Builder je zobrazena na obrázcích 6-8 a 6-13.

V současné době podpora 3D prvků v geodatabázích a prostorové dotazování v programu ArcGIS určitě není dostačující. Řádným příkladem je absence tvorby vertikálních prvků kolmých k rovině xy nebo prostorové dotazování. Ke konci roku 2009 je plánováno vydání nové verze ArcGIS 9.4, které tvorbu vertikálních prvků začne podporovat. Z prostorových dotazů umožňujících práci s 3D prvky bude zaveden pouze průnik dvou prvků, který je ovšem nedostatečný pro naše potřeby.

LITERATURA

- [ARCD09] ARCDATA. *ArcSDE* [online]. 2007. [cit. 2009-6-20]. Praha. Dostupné z: <http://old.arcdata.cz/software/esri/arcgis/server/arcjde>.
- [EIUC09] ESRI. *2009 ESRI International User Conference* [online]. 2009. [cit. 2009-7-20]. Dostupné z: <http://events.esri.com/uc/QandA/index.cfm?ConferenceID=2A8E2713-1422-2418-7F20BB7C186B5B83>.
- [ESRI98] ESRI. *ESRI Shapefile Technical Description* [online]. ©1998. [cit. 2009-6-20]. Dostupné z: <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>.
- [ESRI03] ESRI. *ArcGIS: Working with Geodatabase Topology* [online]. © 2003. [cit. 2009-6-20]. Dostupné z: <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>.
- [ESRI09] ESRI. *ArcGIS Desktop Help 9.3* [online]. ©1995-2009. [cit. 2009-6-20]. Dostupné z: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=welcme>.
- [FIKE09] FIKEJZ, J. *Možnosti technologie Google Earth pro 3D vizualizaci geografických dat*. Diplomová práce, ved. Fiala, R., Plzeň: Západočeská univerzita, Fakulta aplikovaných věd. 2009.
- [GEOD09] *Geodatabáze ArcGIS. Přednáškové texty z předmětu GIS* [online]. Jihočeská univerzita. Biologická fakulta. [cit. 2009-6-20]. Dostupné z: <http://rum.bf.jcu.cz/public/gis/GIS7-2005.pps>.
- [GISO04] GISOFT. *Formát DGN* [online]. [cit. 2008-01-10]. Dostupné z: <http://www.gisoft.cz/Bentley/DGN>.
- [HRAD09] HRÁDKOVÁ, M., 2009. *Studie možností sběru a zpracování podrobných 3D dat pro účely památkové péče*. Diplomová práce, ved. Fiala, R., Plzeň: Západočeská univerzita, Fakulta aplikovaných věd.
- [JEDL07] JEDLIČKA, K., BŘEHOVSKÝ, M. *Přednáškové texty předmětu Úvod do GIS* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita, Fakulta aplikovaných věd. 2007. [cit. 2009-6-20]. Dostupné z: <http://www.gis.zcu.cz/studium/ugi/elearning/index1.htm>.
- [JEDL08a] JEDLIČKA, K. *Koncept GIS Kozel* [cd-rom]. Interní soubor NPÚ. [cit. 2008-4-10].
- [JEDL08b] JEDLIČKA, K., EISMANN, Š. Geodatové báze v památkové péči. Sborník příspěvků 17. konference GIS ESRI. Praha : Arcdata Praha s.r.o, 2008. S. 9-11. ISBN 978-80-254-3063-7.
- [JEZE09] JEŽEK, J. *Calculating NADCON Grids using GeoTools. Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G)*. Cape Town, South Africa, 29.9. -3. 10. 2009. ISBN 978-0-620-42117-1. Dostupné z: <http://conference.osgeo.org/index.php/foss4g/2008/paper/viewFile/143/58>.

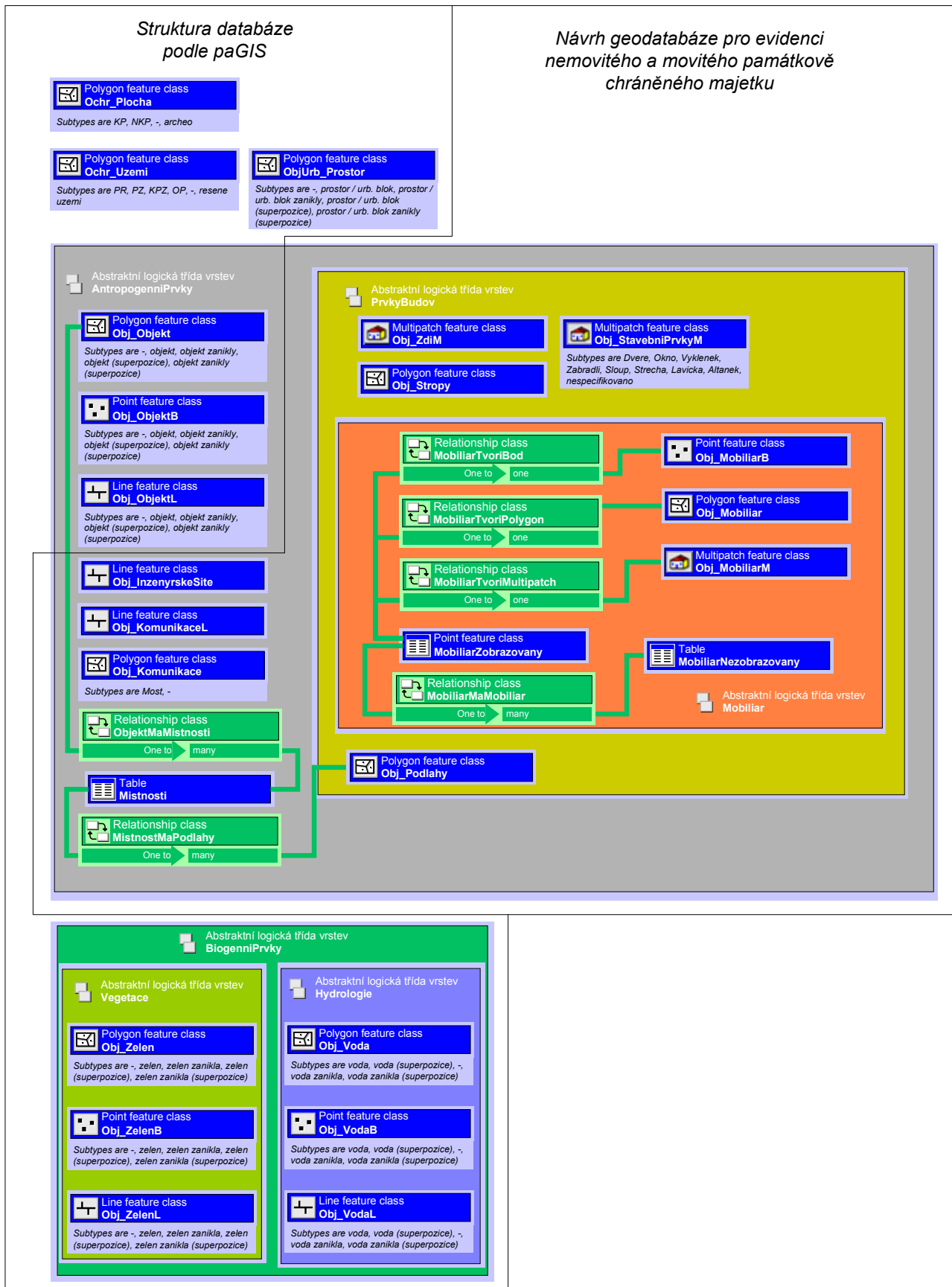
- [LUNA08] LUŇÁK, T. *Revize databázové struktury geodatabáze zámku Kozel* [online]. Semestrální práce, Plzeň: Západočeská univerzita, Fakulta aplikovaných věd. 2008. Dostupné z: http://www.gis.zcu.cz/studium/pdb/referaty/2007/Lunak_GDBKozel/.
- [ODAL08] OPEN DESIGN ALLIANCE. *OpenDWG R13/R14/R2000/R2004/R2007 File Format Specification. Version 4.0* [online]. © 1998-2008. [cit. 2009-6-20]. Dostupné z: <http://www.opendesign.com/files/guestdownloads/DwgFormatSpec13-2007.rtf>.
- [OGCO08] OPEN GEOSPATIAL CONSORCIUM, INC. *Kml* [online]. © 1994-2009. [cit. 2009-7-20]. Dostupné z: <http://www.opengeospatial.org/standards/kml/>.
- [PAGI07] EISMANN, Š. *Integrovaný informační systém pam. péče – konsolidace IS/GIS NPÚ*. [cd-rom]. Interní dokument. Národní památkový ústav. 2007. [cit. 2009-6-20].
- [RAHM08] ABDUL-RAHMAN, A., PILOUK M. *Spatial Data Modelling for 3D GIS*. 2008, XII. ISBN: 978-3-540-74166-4.
- [RAUC06] RAUCH, S. *Velkoměřítková prostorová databáze pro účely památkové péče* [online]. Diplomová práce, ved. Jedlička, K., Plzeň: Západočeská univerzita, Fakulta aplikovaných věd. 2006. [cit. 2008-4-10]. Dostupné z: http://www.kma.zcu.cz/DATA/zaverecne_prace/2006/Rauch_Velkome_ritkova_prostorova_databaze_pro_ucely_pamatkove_pece_DP.pdf.
- [ROOT08] ROOT.CZ. *Vektorový grafický formát DXF* [online]. [cit. 2008-08-30]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/vektorovy-graficky-format-dxf>.
- [SLAD09] SLADKÝ, J. *Síťové analýzy v GIS pro složky IZS* [online]. Diplomová práce, ved. Jedlička, K., Plzeň: Západočeská univerzita, Fakulta aplikovaných věd. 2009. [cit. 2009-8-10]. Dostupné z: http://www.kma.zcu.cz/DATA/zaverecne_prace/2009/Sladky_Sitove_a_nalyzy_v_GIS_pro_slozky_IZS_%20DP.pdf.
- [VASI05] VAŠÍČEK, Z., VANÍČEK, R. *Práce se soubory typu DGN* [online]. [cit. 2008-01-10]. Dostupné z: <http://www.stud.fit.vutbr.cz/~xvasic11/projects/gis.pdf>.
- [VOKO03] VOKOUNOVÁ, L. *Návrh struktury datového modelu pro správu elektrických distribučních sítí ZČE v GIS analýzou mezinárodního datového modelu ArcFM*. Diplomová práce, ved. Jedlička, K., Plzeň: Západočeská univerzita, Fakulta aplikovaných věd. 2003. Dostupné z: http://www.kma.zcu.cz/DATA/zaverecne_prace/2003/Vokounova_Navrh_struktury_datoveho_modelu_pro_spravu_elektrickyh_distribucnich_siti_ZCE_v_GIS_analyzou_mezinarodniho_datoveho_modelu_ArcFM_DP.pdf.
- [VRAC07] VRACOVSKÝ, F., *Geomorfologická databáze* [online]. Diplomová práce, ved. Jedlička, K., Plzeň: Západočeská univerzita, Fakulta aplikovaných věd. 2007. Dostupné z: http://www.kma.zcu.cz/DATA/zaverecne_prace/2007/Vracovsky_Geomorfologicka_databaze_DP.pdf.
- [VUGT09] VÚGTK. *Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí* [online]. [cit. 2009-6-20]. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník/>.

- [WIKN09] WIKIKNIHY. *Geometrické modelování* [online]. 2009. [cit. 2009-6-20].
Dostupné z: http://cs.wikibooks.org/wiki/Geometrické_modelování.
- [WIKI09a] WIKIPEDIE: OTEVŘENÁ ENCYKLOPEDIÉ. *Wire-frame model* [online]. 2009.
[cit. 2009-6-20]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Wire_frame_model.
- [WIKI09b] WIKIPEDIE: OTEVŘENÁ ENCYKLOPEDIÉ. *Topologické zobrazení* [online].
2008. [cit. 2009-6-20].
Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Topologické_zobrazení.
- [ZLAT06] ZLATANOVA, S., PROSPERI, D. *Large-scale 3D data integration*. 2006.
ISBN 0-8493-9898-3.

Seznam příloh

Příloha A – Přehledový datový model.....	72
Příloha B – Obsah přiloženého CD.....	73

Příloha A: Přehledový datový model



Příloha B: Obsah příloženého CD.

DP_Geograficka_dataova_baze_Statniho_Zamku_Kozel.pdf - kompletní text diplomové práce

Datové_modely – vytvořené datové modely (konceptní, logický, fyzický)

GDB – složka s vytvořenou geodatabází (ESRI Personal Geodatabase)

Obrázky – obrázky použité v práci

Projekty – MXD a SXD projekty