Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta aplikovaných věd
Katedra matematiky

Diplomová práce

GIS řešení povrchového dolu

Plzeň, 2004 Karel Vondráček

Prohlášení

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

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci zpracoval zcela samostatně, pouze s použitím literatury a pramenů, jejichž úplný seznam je její součástí, a za odborného vedení vedoucího diplomové práce.

Pro vypracování pilotního projektu jsem použil vlastních výsledků a řádně zaregistrované a legálně používané softwarové prostředky.

V Plzni dne . . . .

podpis diplomanta

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Tomášovi Vybíralovi, Ph.D. za jeho cenné připomínky při zpracování této práce. Rovněž děkuji společnosti Lasselsberger a.s. za poskytnutá data k vypracování této práce a jejím zaměstnancům za konzultace. Poděkování patří i firmě Georeal spol. s r.o., Katastrálnímu úřadu pro Plzeňský kraj, Katastrálnímu pracovišti Kralovice za poskytnutá data a Ing. Vladimíře Křížové za přípravu dat katastru nemovitostí pro pilotní projekt.

Abstrakt

Projekt se zabývá využitím Geografických informačních systému (GIS) při povrchovém dobývání nerostů. GIS musí splňovat především požadavky na vedení a správu důlně měřické dokumentace, podporovat činnosti při řešení majetkoprávních vztahů, evidovat nemovitý majetek, spravovat některá geologická data a usnadňovat nebo provádět geologické analýzy, které podporují plánování těžby. Systém je navržen s ohledem na propojení se stávajícími informačními systémy v organizaci a musí umožňovat sdílení dat. Důležitou součástí projektu je analýza organizace zavádějící GIS, následný návrh datového modelu geodatabáze a jeho testování na vybrané lokalitě. Technologické řešení GIS je provedeno s ohledem na malou rozsáhlost důlních prostorů s těžbou kaolinů, písků, jílů nebo živců.

Abstract

GIS of opencast mine

Thesis is focused on use of a Geographic Information System (GIS) in opencast mining of minerals. GIS must meet requirements on control and administration of mine surveying documentation, support activities related to the rights of property, keep records on real estate property, administer selected geological data and facilitate basic geological analyses for mining planning. The system is designed to communicate with existing information systems used by the company and facilitate data sharing. The important part of the project includes analysis of organization planning to implement GIS, as well as modeling of a geodatabase and pilot testing of the resulting model at the selected site. Technical solution of this system regards small extent of mining areas of kaolin, sand, clay and feldspar.

Obsah

Seznam zkratek a termínů 7

1 Úvod 11

2 Úvod do GIS a vývoj IS 12

2.1 Pojem GIS a jeho historie 12

2.2 Problematika vývoje IS a GIS 14

3 Způsob realizace GIS 19

3.1 Cíle projektu a požadavky uživatelů 19

3.1.1 Formulace cílů projektu a základních požadavků uživatelů 19

3.1.2 Techniky zjišťování požadavků 21

3.2 Návrh GIS 22

3.2.1 Koncept systému 22

3.2.2 Návrh systému 23

3.2.3 Návrh geodatabáze 24

3.2.4 Pilotní projekt 27

3.3 Sestavení a testování 27

3.4 Používání systému 28

4 Standardizace na poli GIS 29

4.1 Evropská komise pro normalizaci 29

4.2 International Organization for Standardization (ISO) 31

4.3 Federal Geographic Data Committee (FGDC) 32

4.4 Open GIS Consortium (OGC) 33

5 Tvorba GIS v důlním průmyslu 34

5.1 Stanovení cílů 34

5.1.1 Analýza stavu využívání geodat v organizaci 34

5.1.2 Definice cílů 36

5.2 Stanovení požadavků 38

5.2.1 Informační zdroje 38

5.2.2 Vyhodnocení požadavků....39
5.3 Koncept GIS povrchového dolu....41
5.4 Návrh GIS povrchového dolu....44
5.4.1 Funkční analýza (Finální návrh funkčních požadavků)....46
5.4.2 Finální návrh geodatabáze....48
5.4.3 Specifikace používání systému....52
5.5 Pilotní projekt....52
5.5.1 Fyzický datový model v ArcGIS....53
5.5.2 Příprava dat a naplnění geodatabáze....53
5.5.3 Tvorba mapových kompozic....57
5.5.4 Metadata....60
5.5.5 Úprava uživatelského prostředí klienta GIS....60
5.5.6 Testování....61
5.5.7 Další možné činnosti v rámci pilotního projektu....62

6 Závěr....63

Literatura....65

Vlastnictví dat a použitý HW a SW....68

Seznam příloh....69

Seznam zkratek a termínů

Zkratky

CAD	(*Computer Aided Design*) navrhování podporované počítačem
CD-R	(*Compact Disc-Recordable*) kompaktní disk
COM	(*Component Object Model*) komponentní technologie vyvinutá společností Microsoft Corp.
ČBÚ	Český báňský úřad
ČNI	Český normalizační institut
ČSN	Česká státní norma
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DP	důlní prostor.
ESRI	(*Environmental Systems Research Institute*) společnost produkující SW pro GIS
EU	Evropská unie
GIS	geografický informační systém
HTML	(*HyperText Markup Language*) jazyk pro tvorbu internetových stránek
HW	hardware
IS	informační systém
ISKN	Informační systém katastru nemovitostí
ISO	International Organization for Standardization
IT	informační technologie
KN	Katastr nemovitostí
OGC	Open GIS Consortium
SAP	společnost produkující podnikový informační systém pro podporu vnitropodnikových procesů
S-JTSK	souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
SŘBD	systém řízení báze dat
S-SK	souřadnicový systém stabilního katastru
SW	software
TIN	*(Triangulated Irregular Network)* nepravidelná trojúhelníková síť
UML	(*Unified Modeling Language*) unifikovaný modelovací jazyk
VBA	(*Visual Basic for Application*) programovací prostředí pro podporu aplikací
WGS 84	(*World Geodetic System 1984*) souřadnicový systém používaný zejména pro účely kosmické geodézie

XML (*eXtensible Markup Language*) univerzální formát (jazyk) pro tvorbu, správu a výměnu dokumentů, jako např. internetových stránek, elektronických publikací nebo databází

Termíny

digitální mapa:

Anglický ekvivalent - *digital map*
Digitálně zaznamenaná geodata spolu s procedurami umožňujícími jejich vizualizaci. [RAP02]

digitální model terénu:

Anglický ekvivalent - *digital terrain model*
V širším slova smyslu digitální reprezentace povrchu terénu složená z dat a interpolačního algoritmu, umožňujícího odvozovat nadmořské výšky v neznámých bodech. V užším slova smyslu digitální model terénu pracující s geodaty komplexně popisujícími průběh povrchu terénu (pomocí bodových, liniových a plošných geoprvků). [RAP02]

fyzický datový model:

Anglický ekvivalent – *physical data model*
Fyzický datový model vznikne převodem (implementací) logického datového modelu do cílové databáze nebo do cílových souborů (souhrnně cílových struktur). Popisuje entity, vztahy mezi entitami, atributy a jejich datové typy (domény), primární (entitní integrita) a cizí klíče (referenční integrita) tak, jak budou definovány v cílových strukturách. [KRA03]

geodata:

Anglický ekvivalent – *geodata*
Data o geoprvku resp. data vztahující se ke geoprvku. Obvykle jsou to geometrická data a popisná data. [RAP02]

geodatabáze:

Anglický ekvivalent – *geodatabase*
Množina souborů prostorových a atributových dat a popisů jejich dat (metadat), které jsou navzájem v určitém logickém stavu a jsou spravovány pomocí systému řízení báze dat (SŘBD). [RAP02]

geomatika:

Anglický ekvivalent – *geomatics*
Vědecký a technický interdisciplinární obor zabývající se sběrem, distribucí, ukládáním, analýzou, zpracováním a prezentací geografických dat nebo geografických informací. [VUG04]

geoprvek:

Anglický ekvivalent – *feature*
Modelový obraz lokalizovatelného objektu reálného světa, který je dále nedělitelný na jednotky stejné třídy a který zahrnuje lokalizaci. [RAP02]

interoperabilita:

Anglický ekvivalent – *interoperability*
1. Schopnost komunikovat, realizovat programy nebo přenášet data mezi různými funkčními jednotkami způsobem, který vyžaduje od uživatele malé nebo žádné znalosti o jednotlivých charakteristikách těchto jednotek. [VUG04]
2. Schopnost technického zařízení či software od různých výrobců spolu úspěšně komunikovat a spolupracovat. [VUG04]

kolekce geoprvků:

Anglický ekvivalent – *feature dataset*
Třídy geoprvků tvořící logický celek v rámci určité geodatabáze. [RAP02]

konceptuální datový model:

Anglický ekvivalent – *conceptual data model*
Konceptuální datový model je prvním modelem, který zhotovitel vytváří při modelování té části reality, která se týká daného problému. Záleží pouze na něm, jakou úroveň abstrakce zvolí a jakých výrazových prostředků přitom použije. Pro nejvyšší úroveň abstrakce postačí přirozený jazyk, pro nižší úrovně je nanejvýš vhodné zvolit kombinaci přirozeného jazyka a diagramů včetně popisů. [KRA03]

logický datový model:

Anglický ekvivalent – *logical data model*
Účelem logického datového modelu je co nejvěrněji popsat danou část reálného světa (problém) bez ohledu na implementaci a fyzické uložení dat v (prostorové) databázi. [KRA03]

metadata:

Anglický ekvivalent – *metadata*
Data o datech nebo datových sadách. [RAP02]

OpenSource:

Volně přístupná aplikace, kterou může libovolně využívat kdokoliv a na jejím základě vytvářet další aktivity.

polygon:

Anglický ekvivalent – *polygon*
Uzavřená linie většinou reprezentující plošný objekt.

silný klient:

Anglický ekvivalent – *thick client*
Silným klientem rozumíme aplikaci běžící přímo v operačním systému klientského počítače využívající jeho zdroje a výkon. Většinou umožňuje editaci popisných dat, základní editaci grafických dat a poskytuje nástroje pro analyzování, zpracování a prezentaci geodat.

tenký klient:

Anglický ekvivalent – *thin client*
Tenkým klientem rozumíme aplikaci, která je většinou realizována jako internetová stránka (např. HTML stránka) a není ji zapotřebí instalovat na klientském počítači. Tenký klient poskytuje základní „prohlížecí“ funkce pro geodata.

třída geoprvků:

Anglický ekvivalent – *feature class*
Skupina geoprvků se společnými znaky. [RAP02]

1 Úvod

Diplomová práce s názvem „*GIS řešení povrchového dolu*“ je předkládána v rámci mého magisterského studia oboru „Geomatika“ Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Používání GIS v mnoha oborech lidské činnosti se dnes stává stále výraznější. Přestávají být využívány pouze určitou skupinou specialistů, jako tomu bylo v minulosti, a začínají se mnohem více otevírat širší skupině lidí, kteří nemusí mít odborné znalosti z oborů geodézie, kartografie nebo informatiky[1].

Možnosti tvorby GIS při povrchovém dobývání nerostů je hlavní náplní této práce. I při důlní činnosti se velice často využívají geodata, analyzují se a vytvářejí se z nich výstupy. Na kvalitu výstupů jsou kladeny stále větší nároky a současně se požaduje krátká doba jejich přípravy. Právě GIS jsou nástrojem, který dokáže tyto požadavky splnit.

Zprovoznit GIS není jednoduchou záležitostí. Nelze ho zakoupit a začít provozovat tak, jako např. operační systém nebo jiný software. Úspěšnému zavedení GIS musí předcházet studium teoretických poznatků z příbuzných disciplín, analýza oboru, ve kterém se má aplikovat, a zjišťování praktických zkušeností s implementací podobných systémů (převážně IS). Stručná historie a teorie vývoje GIS jsou uvedeny v kap. 2 a 3, ve kterých je vývoj GIS často porovnáván s vývojem IS.

Ve spojení s GIS je stále více používáno slovo interoperabilita. Provést návrh GIS tak, aby byla interoperabilita zachována, znamená především dodržet v návrhu standardy a normy na poli GIS. Současnými normami a standardy se zabývá kap. 4.

Teoretické poznatky z kap. 2, 3 a 4 byly prakticky realizovány při návrhu GIS v povrchovém dole v kap. 5. Návrh byl vytvořen s využitím principu analogie, při kterém jsou aplikovány podobné postupy uplatňované v jiných příbuzných oborech. Na začátku návrhu jsou definovány jeho cíle a následně specifikovány požadavky na systém. Protože formulaci požadavků nebylo možné očekávat od koncového uživatele (což není výjimkou), byly specifikovány tvůrcem GIS a s uživatelem konzultovány. V dalších fázích bylo hlavní úsilí věnováno návrhu geodatabáze, stručněji je popsáno řešení ostatních činností, jako např. návrh technologického řešení nebo funkčních požadavků GIS.

Součástí práce je i pilotní projekt GIS kaolinového lomu v oblasti severního Plzeňska u města Kaznějov. K jeho realizaci byl použit systém *ArcGIS Desktop* společnosti ESRI. Činnosti spojené s jeho tvorbou jsou popsány v kap. 5 (resp. 5.5). Jednalo se o přípravu dat, import dat do geodatabáze, vytvoření funkčního dotazovacího nástroje a tvorbu mapových kompozic.

Nedílnou součástí práce jsou její přílohy, mezi které patří schéma *jednoduchého konceptuálního datového modelu geodatabáze* (příloha č.1), schéma *logického datového modelu* geodatabáze (příloha č.2) a *CD-R* se zdrojovými soubory a pilotním projektem (příloha č.3).

[1] Tato skutečnost klade na GIS náročnější požadavky, a to nejen z pohledu práce s geodaty, ale i z pohledu daného oboru, ve kterém má sloužit.

2 Úvod do GIS a vývoj IS

V současné době žijeme ve světě, ve kterém informace mají stále větší hodnotu. Informace jsou klíčem k úspěchu v nejrůznějších oborech lidské činnosti. V politice, průmyslu, obchodě i ve vědě sehrávají důležitou roli a ten, kdo má lepší informace nebo je lépe dovede zpracovat, získává náskok před ostatními a většinou se stává i úspěšnějším.

Vědecký obor, zabývající se zpracováváním lokalizovatelných informací na zemském povrchu (geodat) se nazývá Geomatika. V geomatice se tedy ve skutečnosti nepracuje s reálnými objekty, ale s jejich reprezentanty, geodaty, která mají určité charakteristiky. Mezi ně patří geometrická poloha, topologie, vazby, chování a neméně významná tématická složka, kterou představují atributy geometrického prvku.

Specialisté oboru geomatika zpracovávají geodata především pomocí GIS, o kterých pojednává následující kapitola.

2.1 Pojem GIS a jeho historie

GIS jsou pravděpodobně prvním místem střetu současných trendů společnosti a vědeckých disciplín, jako je matematika, geografie, informatika, ekologie, atd. GIS můžeme chápat jako jednu z oblastí aplikace IS. Podle pracovního návrhu první části terminologického slovníku CAGI [RAP02] můžeme IS charakterizovat jako systém, kterým se získávají, uchovávají, zpracovávají a zpřístupňují informace. Za geografický IS (GIS) podle toho můžeme považovat zatím systém pro zpracování geografických informací (geodat). Na GIS můžeme nahlížet ze tří pohledů.

Za prvé jako na GIS pro zpracování, tvorbu a zobrazování map. V této formě je GIS využíván především z kartografického hlediska pro tvorbu kvalitních výstupů (map) a prezentací. GIS v tomto případě funguje jako systém pro práci s digitálními mapami, kde hlavní informace získáváme prohlížením digitálních nebo vytištěných map.

Další pohled na GIS je z hlediska databázového systému. Důvodem jeho budování je shromažďování, třídění, selekce a prezentace údajů. Údaje jsou provázány s objekty reálného světa, resp. s jejich geometrickými obrazy (obvod budovy na mapě má údaje o stáří budovy, datu výstavby, obyvatelích apod.). Uvedený pohled je aplikován lidmi se vzděláním a zaměřením na informatiku. Do systémů, které se přiklánějí k tomuto typu, můžeme zařadit např. městské informační systémy.

Analytický pohled vyzdvihuje možnosti prostorových analýz a modelování. Právě tato vlastnost se často pokládá za prvek, který odlišuje GIS od jiných IS. Uplatnění nalezne především u uživatelů s přírodovědným a socioekonomickým zaměřením. Právě tyto systémy jsou „geografické“ v pravém slova smyslu (zaměřené na krajinu a v ní probíhající procesy).

Všechna tři hlediska jsou v dnešní době platná. Vývojem se ale ukazuje, že GIS mohou být využívány i jiným způsobem. Tento, v pořadí čtvrtý pohled, se týká GIS jako integrujícího nástroje. GIS začíná sloužit k propojení několika IS a samostatných aplikací. Zajištěním interoperability se tak stává hlavním spojujícím článkem mezi jinými systémy a vytváří silný nástroj pro vyhodnocování dat. Současné GIS musí být nejen schopny integrace do stávajícího IS podniku nebo organizace, ale musí být schopny integrující prostředí také vytvářet.

Definice GIS

Je poměrně těžké jednoznačně definovat GIS, protože existuje více různých přístupů k této problematice. Populární jsou definice založené na funkčních vlastnostech, jiné vycházejí z aplikačních oblastí, datových modelů apod. Příčina těžkostí při definování GIS souvisí se stanovením hlavního ohniska zájmu o GIS. Někteří ho vidí v hardwarových a softwarových složkách, jiní tvrdí, že je to zpracování dat nebo aplikační oblasti. Situaci komplikuje i nepřehlednost vztahů s jinými, zvláště počítačově orientovanými systémy [TUC98].

Uvedeme dvě definice GIS. První z nich pochází z pracovního návrhu první části terminologického standardu ČAGI [RAP02]:

GIS je funkční celek, kterým se s využitím geoinformačních technologií získávají, uchovávají, zpracovávají a zpřístupňují geodata a geoinformace nebo který automatizovaně podporuje výkon některých činností.

Druhá definice pochází z terminologického slovníku [VUG04]:

Funkční celek vytvořený integrací technických a programových prostředků, dat, pracovních postupů, obsluhy, uživatelů a organizačního kontextu, zaměřený na sběr,ukládání, správu, analýzu, syntézu a prezentaci prostorových dat pro potřeby popisu, analýzy, modelování a simulace okolního světa s cílem získat nové informace potřebné pro racionální správu a využívání tohoto světa.

Je možné říci, že GIS je počítačový systém schopný ukládat, udržovat a využívat údaje popisující místa na zemském povrchu [TUC98]. V souvislosti s definicemi a názory dalších specialistů GIS obsahuje tři hlavní komponenty:

- GIS technologii – HW a SW
- GIS databázi – geodata
- GIS infrastrukturu – uživatele, pomůcky a podpůrné elementy.

Historie GIS

Základním stavebním kamenem GIS bylo zavedení prvních počítačům koncem 40. let dvacátého století. V 50. letech vznikly GIS hlavně díky třem geograficky orientovaným oblastem. Mezi ně patřily geografické kreslící systémy, analyticky orientované systémy a systémy pro statistické zpracování údajů (databáze). Koncem 50. let již meteorologové, geofyzici a geologové běžně využívali počítačem generované mapy. Významnou roli v tomto období sehrála i armáda USA, která vyvinula zobrazovací zařízení, jež bylo součástí protivzdušné obrany.

V 60. letech byly GIS postupně uplatňovány ve vládních institucích. Kanada byla první zemí, která využila rozsáhlý systém *Canada Geographic Information Systém.* Tento systém pojal informace o zemědělství, životním prostředí, rekreačních možnostech, lidnatosti a využívání krajiny. V USA je označován systém *MIADS* jako první GIS „s úplnými službami“ pro zpracování informací o přírodních zdrojích. V 60. letech k rozvoji GIS přispělo i komerční prosazení digitizérů a plotrů jako grafických terminálů počítačů, což výrazně vylepšilo možnosti vstupu a výstupu geografických údajů.

Největší rozvoj ovšem nastal v 70. letech. V té době byly GIS využívány pro řešení problémů životního prostředí, při kterých se vyžaduje analýza velkého množství geografických údajů. V tomto období začíná působit i vliv komerčních firem jako pozdějších producentů a prodejců GIS. Mezi ně patří společnosti Intergraph nebo ESRI. Tyto GIS se soustřeďovaly na zpracování atributových údajů a geografické analýzy, přičemž měly jen základní grafické a mapovací nástroje a neměly rozvinuté interaktivní nástroje pro ovládání. Velkým impulsem pro rozvoj GIS bylo zvyšování kapacit a rychlostí procesorů v 70. a 80. letech.

Na začátku 80. let vývoj ovlivnily nové poznatky v HW oblasti. Byly to především zobrazovací zařízení (monitory) a elektrostatické tryskové plotry, které výrazně zvýšily kvalitu vytvářených výstupů.

Dalším významným mezníkem ve vývoji byla integrace databázových principů s grafikou. Postupně se vylepšila schopnost systémů sdílet data z různých zdrojů a pracovat v distribuovaných sítích. V současné době nastal velký rozvoj v architekturách systémů. GIS se začínají využívat v mnoha odvětvích a jejich otevřená architektura umožňuje velkou přizpůsobitelnost podle požadavků uživatele. Začínají poskytovat kvalitní nástroje pro práci s daty, které byly dříve k dispozici pouze u speciálních SW (např. nástroje pro zpracování leteckých snímků atd.). Velký důraz je kladen na interoperabilitu. Interoperabilita dat umožňuje GIS nejenom data uchovávat, ale dovoluje je rozšiřovat napříč různými aplikacemi, které mohou s GIS spolupracovat pomocí podnikových sítí nebo internetu.

Současné GIS představují složité systémy, k jejichž návrhu je zapotřebí především znalostí z oblasti geografie, kartografie, informatiky, geodézie a v neposlední řadě i daného oboru, ve kterém se má GIS uplatnit. Prudký vývoj IT v současnosti neumožňuje vytvořit komplexní postup pro návrh celého GIS. Při jeho návrhu se ale mohou využívat dílčí postupy pro jednotlivé etapy, které jsou známé a ověřené z příbuzných oborů. Ne vždy jsou ale tyto postupy k dispozici.

2.2 Problematika vývoje IS a GIS

Protože GIS jsou jednou z oblastí IS, můžeme k jejich návrhu přistupovat podobně. Pro úspěch GIS je třeba řešit řadu problémů typických pro IS, jako zjišťování skutečných potřeb uživatelů, navázání kontaktů s těmi, co budou systém využívat, získat zájem a podporu managementu, apod. Při řešení těchto problémů je potřeba zajistit týmovou spolupráci lidí, kteří se podílejí na návrhu.

Problém metod vývoje, zavádění a provozu GIS musí být řešen ve spolupráci se zpracovatelem a uživatelem. Je nutné, aby základní znalosti způsobu vývoje a provozu GIS byly pro uživatele srozumitelné. To zvláště platí při specifikaci požadavků na funkce GIS. Dodavatel musí zase do určité hloubky porozumět problémům uživatele, aby mohl vyhodnotit způsoby jejich řešení nebo podpory v systému. GIS je tedy do jisté míry vždy společným dílem zpracovatele a uživatele.

Předprojektová příprava

Hned na počátku návrhu GIS je důležité správně stanovit cíle projektu. Jedná se o formulaci odpovědí na otázky ***proč*** (s jakým cílem) a ***k čemu*** je GIS vyvíjen. Stanovení reálných cílů je nejdůležitější částí projektové přípravy a největší měrou rozhoduje o úspěchu. Je známo, že případů, kdy projekt selže kvůli nezvládnutí

technických problémů nebo technické nekompetentnosti řešitelů, je velmi málo [KRA98]. Na druhou stranu chyby učiněné v etapě definování cílů projektu mohou mít vážné následky.

Správně naformulované cíle pomáhají získat náklonnost koncových uživatelů k danému systému. Uživatelé musí projevit zájem o zavedení systému, musí být ochotni se naučit nové věci a udělat si čas na školení, protože efektivní obsluha GIS vyžaduje značnou kvalifikaci. To samé platí i pro management organizace, který je tedy v jistém slova smyslu ve stejné pozici jako poslední uživatel.

Problémy vývoje IT

Vědomí, že realizace, instalace a používání IT (a také GIS) je technickou záležitostí, usnadňuje řešení mnoha problémů. Proto, pokud hledáme způsob řešení nějakého problému, stačí se podívat na obdobné metody používané v jiných technických oborech. Mnohdy stačí uplatnit známé postupy. Tato zásada se vývojovými pracovníky software nazývá *princip analogie*.

Nedodržování známých postupů a nevyužívání analogie (např. správné formulace odpovědi na otázku *proč*) vede ke značným ztrátám. Je známo, že většina příčin úspěchu i neúspěchu IT se dá charakterizovat jako důsledek dodržování či nedodržování zásady analogie. Typické problémy jsou způsobovány nezájmem uživatelů nebo managementu, nerealistickým očekáváním, nejasně definovanými požadavky apod. To vše lze charakterizovat jako nedodržení známých zásad přípravy a řízení technických projektů.

Máme-li se ovšem řídit známými zásadami, hned v úvodní části návrhu GIS můžeme narazit na značný problém. Je známo, že u klasických technologií se musí vypracovat rozbor přínosů. Předem očekávané přínosy GIS, jako např. snížení počtu zaměstnanců, jsou často mylné. Správná formulace přínosů je obtížná a vyžaduje hlubší analýzu. Kladně pro IT nehovoří ani fakt, že zvládání nových technologií trvá desetiletí, a je tedy otázkou, kdy se investice vrátí. V této fázi se může zdát, že investice do IT má význam až po nějaké době, po jejich „vyzrání“. Nicméně ani to nemusí být pravda, protože např. prosperita USA v posledních letech je pravděpodobně způsobena právě výnosy z IT, přílivem tzv. „infodolarů“.

Přístupy k vývoji technických děl

Inženýrský přístup k vývoji technických děl obsahuje následující prvky:

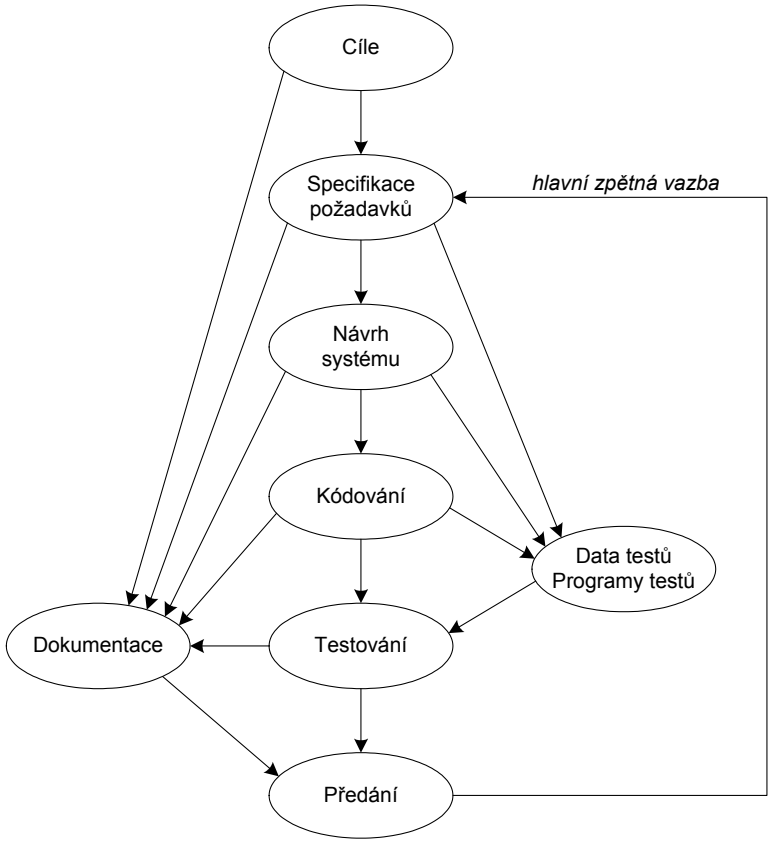
1. Předprojektová činnost (marketing, vyhodnocování technického vývoje, atd.).
2. Pravidla formulování projekčních záměrů (cílů projektu).
3. Pravidla a metody vývoje výrobku.
4. Znalosti technologie a možnosti technických prostředků.
5. Pravidla organizace práce, analýza rizik a oceňování prací.
6. Metody a organizace výroby.
7. Zásady předávání, oživování, provozu a údržby výrobku nebo technologie.

Náplň inženýrské činnosti se sice pro jednotlivé technické obory liší, výše uvedené aspekty v nich však existují vždy a mají dosti společného (princip analogie). Pokud podobně sestavíme jednotlivé kroky vývoje GIS, dostaneme následující prvky:

1. *Marketing a specifikace cílů (formulace problému)*, hledání odpovědí na otázky ***proč*** a rámcově ***co***.
2. *Specifikace požadavků*, formulace přesné odpovědi na otázku ***co***, zčásti na otázku ***jak***.
3. *Návrh systému*. Dekompozice, řešení technických otázek realizace, návrh geodatabáze, návrh funkčnosti (algoritmů), volba software GIS.
4. *Sestavení systému*.
5. *Testování*.
6. *Oživení a předání*. Instalace systému, zkušební provoz.
7. *Údržba a aktualizace*. Odstraňování chyb zjištěných za provozu, vylepšování funkcí. Provádění průběžné aktualizace dat.
8. *Ukončení provozu*, přechod na modernější systém, převod dat.

Pokud se vývoj GIS uskutečňuje tak, že činnosti v bodech 1 až 5 jsou přísně odděleny a provádějí se striktně ve výše uvedeném pořadí, můžeme hovořit o tzv. *metodě vodopádu*, která souvisí s vývojem software (viz. obr. 2.1). Neustále padáme a nemůžeme se vracet, výsledek poznáme, až dopadneme – až po předání. Metoda vodopádu vlastně předpokládá, že jsme schopni neudělat v žádné z etap závažnou chybu. Tento předpoklad ale v případě vývoje software a zvláště IS (a tedy i GIS) neplatí. Z toho důvodu došlo k řadě vylepšení a vytvoření několika variant metody vodopádu, např. konkrétně pro vývoj software.

Nebudeme zde uvádět všechny jednotlivé metody, ale považuji za důležité se zmínit o jedné, která je aplikovatelná i na vývoj GIS. Jedná se o metodu používanou vývojovými pracovníky software, při které je využíván tzv. *prototyp software*. Softwarový prototyp je vytvářen jako částečně funkční model cílového řešení, který realizuje nebo simuluje některé vlastnosti systému. Prototyp se vytváří již v etapě specifikace požadavků, tj. v době, kdy bylo vynaloženo méně než 25% nákladů.



Obrázek 2.1: Činnosti při metodě vodopádu (převzato z [KRA98])

I v případě GIS můžeme hovořit o vytváření tzv. *pilotního projektu*. Ať už softwarový prototyp nebo pilotní projekt, oba jsou vytvářeny z důvodů testování. Rozdíl mezi nimi je v čase jejich realizace. Jestliže se softwarový prototyp vytváří už v době specifikace požadavků, u GIS to obecně možné není. Před vytvořením pilotního projektu musí být k dispozici alespoň předběžný návrh systému (datový model geodatabáze, návrh funkcí). To ovšem neodporuje principu analogie, ani myšlence softwarového prototypu. Oba mají odhalit nedostatky a zpřesnit požadavky uživatelů. Pokud se ukáže, že je vytvořený pilotní projekt nevhodný, musíme provést návrh systému znovu. Jak už bylo řečeno, většinou nebývá chyba v technickém provedení návrhu systému, ale mnohem dříve při specifikaci cílů a požadavků uživatelů.

Bohužel ani pomocí pilotního projektu nelze předejít všem nedostatkům, protože se jen zřídkakdy podaří otestovat vlastnosti systému, které se projeví až při plném provozu. Z toho důvodu se někdy vytvoření pilotního projektu doporučuje až při samotném zavádění GIS, což je v době implementace systému [TUC98] u uživatele. I tento způsob „ladění“ systému je možný, ale jeho návrh se musí provést velice odpovědně, aby nedošlo k jeho zásadním chybám. Důvodem tvorby pilotního projektu v etapě implementace GIS je fakt, že největší náklady na systém tvoří data, která v této fázi nebyla zatím pořízena v plném rozsahu a pro pilotní projekt stačí pouze jejich malá část. Dalším důvodem je použití některého z existujících technologických řešení GIS, které je v praxi otestováno, a je malé riziko, že bude nevyhovující. Proto i při neúspěchu pilotního projektu v implementační fázi nedojde ke kritickým ztrátám a zamítnutí celého projektu.

Úprava existujícího řešení

Při výběru IS se rozhoduje, zda bude uplatněn některý existující systém[1] nebo se organizace vydá cestou vlastního vývoje pomocí programování jednotlivých částí. V prvním případě bývá nutné přizpůsobit produkt potřebám uživatelů. Systém pak nemusí plně těmto požadavkům odpovídat, ale je velká pravděpodobnost, že v jádru bude pracovat správně, především z důvodu prověření jeho funkčnosti v praxi. V druhém případě vlastního vývoje podstupujeme větší riziko, že výsledný systém nebude funkční, a že zabředneme do věčného vývoje. Na druhou stranu úspěšně realizovaný systém může plně vyhovovat potřebám uživatelů [BUS03].

V případě GIS je situace mnohem snadnější. Při jeho návrhu se téměř vždy využívá některé existující řešení, resp. existující softwarová platforma. Z tohoto pohledu je volba mezi vlastním vývojem software GIS či převzetím hotového produktu jednoduchá. Dá se říci, že v případě GIS, který bude pracovat s více různými typy geografických dat (vektorovými geodaty, DMT, ortofotomapou), je výběr některého existujícího řešení jedinou možnou cestou. Pouze v ojedinělých případech se můžeme vydat cestou vlastního vývoje a systém postavit od základu. Pokud ISKN, který pracuje pouze s vektorovými a popisnými typy geografických dat, označíme v jistém slova smyslu za GIS, můžeme ho do skupiny systémů vyniklých vlastním vývojem zařadit.

Současný trend přebírání existujících řešení má ale jeden důsledek. Při návrhu a implementaci balíkového IS je ve větší míře potřeba obchodníků a analytiků na úkor programátorů [KRA98]. Úlohou programátorů už není celý IS naprogramovat, ale sestavit ho z jednotlivých hotových komponent a doprogramovat jen některé jeho části. Tento jev lze očekávat i při vývoji GIS.

[1] Většinou se jedná o některý komerční IS. Existující IS se někdy nazývají jako tzv. „balíková řešení“.

3 Způsob realizace GIS

Protože GIS je moderní technologií, která si buduje své místo u uživatelů výpočetní techniky, a protože v současné době zavádění GIS v konkrétním průmyslovém odvětví, jako např. v důlním průmyslu, je téměř „stavbou na zelené louce“, nepodařilo se najít kompletní návod („vodítko“) na návrh a implementaci GIS v důlním průmyslu. Proto jsou jednotlivé kroky způsobu realizace GIS aplikovány podle inženýrského přístupu k vývoji technických děl (viz. kap. 2.2). Pokud nebylo k dispozici řešení konkrétního kroku, byl využit princip analogie. Přitom byla provedena analýza podobných činností z jiných, většinou technických oborů a poté byla aplikována.

3.1 Cíle projektu a požadavky uživatelů

Jak už bylo uvedeno, etapy specifikace cílů a specifikace požadavků mají zásadní vliv pro úspěch budovaného GIS. Chyby v těchto etapách tak mají vážné následky při jeho spuštění a provozování. Průzkumy ukazují, že prohřešky v těchto etapách při návrhu IS jsou spíše pravidlem než výjimkou [KRA98]. Zásadní chyby v návrhu, na které se přijde pozdě, např. při testování před uvedením do provozu nebo během údržby, mohou znamenat neúspěch projektu. Z toho důvodu se v následující podkapitole budeme věnovat způsobům, jak správně formulovat cíle projektu GIS, a stručně budou uvedeny techniky zjišťování požadavků uživatelů.

3.1.1 Formulace cílů projektu a základních požadavků uživatelů

Správná specifikace cílů projektu GIS je úkol náročný, při kterém musí být dobře stanoveny odpovědi na otázky ***proč*** a ***k čemu***. Rámcově je nutno znát odpovědi na otázky ***jak*** a ***do kdy***. Problém formulace cílů je všeobecně podceňován mj. proto, že prakticky vždy musí mít formu dokumentu v přirozené řeči a musí být srozumitelný. Volba cílů je spojena se specifikací základních (kritických) požadavků, bez jejichž splnění není systém považován za vyhovující.

S volbou cílů je potřeba dát pozor na některá úskalí. Může se jednat o potíže s dostupností nebo formátem geodat. Jindy není spokojenost prostě proto, že GIS ohrožuje zájmy vlivných pracovníků, např. tím, že zmenšuje jejich oddělení. Nebo může být zdroj potíží v tom, že by někteří pracovníci viděli GIS raději od konkurence. Příčinou obtíží může být i pocit vlivných pracovníků, že se dostávají na „vedlejší kolej“ [KRA98].

Volbu cílů a definici základních požadavků je nutno provádět opatrně. Při nich je vhodné dodržovat následující zásady:

a) Nezavádět systém jako prostředek okamžitého zlepšení nefunkční organizace

Tato zásada je důležitá spíše pro klasické IS, protože GIS většinou k řízení pracovních postupů neslouží. Pokud má ale GIS fungovat v organizaci např. jako řídící systém pro vedení zakázek, v nichž převažují geodata, která každý uživatel určitým způsobem zpracuje, je nutné na tuto zásadu brát ohled. Tato situace může nastat např. u firem, jejichž hlavním výstupem jsou geodata v podobě výkresů, plánů nebo map. Před zavedením GIS ve špatně fungující organizaci se musí nejprve organizace uvést do rozumného stavu (např. pomocí konzultační firmy) a pak teprve zavádět GIS.

V opačném případě je velmi málo pravděpodobné, že budou správně specifikovány cíle a požadavky.

b) Orientovat se především na strategické cíle

Dobře fungující GIS zvyšuje konkurenceschopnost podniku tím, že např. zkvalitňuje práci managementu, který má jeho prostřednictvím k dispozici rychle aktuální data důležitá pro rozhodování, zrychlí reakce na požadavky ostatních uživatelů, kteří často pracují s geodaty nebo poskytne geodata externím subjektům, důležitým z pohledu chodu podniku. Ze systémového hlediska umožňuje GIS zlepšit zpětné vazby. Cíle tohoto druhu nazveme strategické [KRA98].

Jinými cíli může být např. úspora pracovníků nebo snaha snížit objem nakupovaných geodat. Většina úspor tohoto druhu přináší jen krátkodobé, často jen jednorázové úspory a neovlivňuje podstatně konkurenceschopnost podniku a jeho dlouhodobé plány.

Většinou nelze u GIS předpokládat, že bude přímo ovlivňovat parametry podniku na trhu, ale může velice výrazně prospět při dlouhodobém plánování, zlepšovat hospodaření podniku, a tím na ně nepřímo působit.

c) Vylučovat nepodstatné nebo zbytečné požadavky

Při stanovování základních požadavků bývá snaha, aby GIS pokrýval co nejvíce funkcí a činností bez řádného prověřování, zda je ta která funkce potřeba a zda se její automatizace skutečně vyplatí. Nepotřebné funkce se většinou špatně navrhují, realizují a nakonec mohou ovlivňovat chod celého systému. Není tedy vhodné přistoupit na jejich implementaci, i když se je uživatel snaží prosadit. Nejvýhodnější je do systému nejdříve doplňovat potřebné funkce, u uživatelů pak klesá rychle nadšení pro zavádění dalších funkcí s nejasnými přínosy.

d) Brát v úvahu kvalitu dat a složitost úkolu

GIS může poskytovat jen takové služby, pro které jsou k dispozici dostatečně přesná a aktuální data. Nelze dosáhnout vyšší kvality řešení než umožňují data. O jejich kvalitě musí mít přehled i uživatel GIS a nebo musí být upozorněn, že při použití té či oné funkce nad některými daty nemusí dostat věrohodné výsledky.

V GIS se jedná především o kvalitu geodat. Je např. zbytečné používat složité algoritmy na nepřesná geodata, ze kterých kvalitnějším algoritmem jednoduše lepší výsledek nedostaneme. Příkladem může být výpočet záplavové čáry, ke kterému potřebujeme DMT. Pokud DMT budeme vytvářet z méně přesných vrstevnic, nemá smysl používat nejlepší algoritmy, které budou náročné na výpočetní kapacity. Je mnohem výhodnější použít efektivní algoritmus na výpočet přibližného řešení, které se od optimálního řešení liší jen velmi málo.

e) Minimalizovat okamžité organizační změny

Zásada minimalizace organizačních změn se opět týká hlavně návrhu klasických IS. Při realizaci IS je riskantní souběžně provádět organizační změny a oživovat systém. V případě návrhu GIS je třeba dát pozor na způsob aktualizace geodat, především z toho pohledu, kdo za geodata v organizaci odpovídá a kdo je pořizuje. Pokud aktualizace geodat funguje uspokojivě, není vhodné překotně měnit jejich správce nebo dodavatele. Je to riskantní a pro provoz systému nevýhodné.

f) Spolupracovat s koncovými uživateli

Při volbě cílů a specifikaci požadavků je nutné kontaktovat všechny skupiny pracovníků, kteří budou GIS používat, a také ty, u nichž se předpokládá, že mají přehled o problémech podniku. Management proto musí vytvořit podmínky, aby analytici mohli všechny tyto pracovníky kontaktovat a využít jejich znalostí. Problém občas bývá v tom, že je nutné kontaktovat pracovníky prakticky ze všech úrovní hierarchie řízení, včetně řadových pracovníků. To nemusí všichni akceptovat.

g) Modifikovatelnost a otevřenost GIS

Instalace GIS je nákladná záležitost. Vývoj trvá měsíce i roky a doba života GIS musí být poměrně dlouhá (u IS se odhaduje na 10 – 15 let, což lze očekávat i u GIS). Za tu dobu dojde k několika změnám HW i základního SW (síťový SW, operační systémy, databázové systémy). Během této doby se objeví i nové informační technologie (za posledních patnáct let to byla grafická uživatelská rozhraní, podstatná modernizace databázových technologií, multimedia, technologie spojené s internetem, prostředky virtuální reality atd.) Během provozu systému dojde pravděpodobně i k významným změnám schopnosti uživatelů pracovat s GIS.

Při instalaci GIS je často nutné zajistit provoz existujících aplikací - integrovat je do GIS. Je třeba řešit i problém postupných inovací systému a jeho budoucí vyřazení z provozu. Tyto problémy by měly být zmíněny při specifikaci cílů a podrobněji formulovány při specifikaci základních požadavků. Z toho důvodu je dobré vymezit požadavky a následující cílové vlastnosti systému:

- *Přenositelnost.* Na jakých hardwarových platformách a s jakými typy základního SW bude systém pracovat.
- Jaké *databázové systémy* lze použít.
- Rozsah *integrace produktů třetích stran* a existujících aplikací.
- *Velikost systému*. Je třeba stanovit horní mez množství dat a počtu koncových pracovišť. Tento údaj silně ovlivňuje techniku řešení a volbu základního software.
- *Technické zabezpečení*. Technické otázky (*jak* a *na čem*) je třeba řešit co nejpozději. Předčasné řešení technických otázek odvádí pozornost od řešení problémů, které jindy než v časných fázích vývoje nelze řešit. Na druhou stranu se musí poměrně brzo vyřešit otázky týkající se využití stávajícího HW a SW (to uživatel požaduje často, ale využitelnost bývá malá a úspory nevelké) nebo doporučit nákup nového HW a modernizaci základního SW včetně přibližných nákladů.

3.1.2 Techniky zjišťování požadavků

Ze stanovených cílů projektu musí být zřejmá odpověď na otázku ***proč*** GIS realizovat. S volbou cílů se zároveň definují základní (kritické) požadavky, které rámcově odpovídají na otázku ***co***.

Při zjišťování požadavků uživatelů se zpřesňuje odpověď na otázku ***proč***, konkrétněji proč má systém zajišťovat jednotlivé funkce. Ale hlavně se souběžně jasně definuje odpověď na otázku ***co*** (resp. ***co*** má být realizováno, ***co*** má GIS provádět a ***k čemu*** má sloužit), která se uvede ve specifikaci požadavků. Z části se řeší i otázka

realizovatelnosti, tj. otázka, ***jak*** systém realizovat. Technické parametry by se však měly řešit převážně v dalších etapách.

Existuje řada postupů zjišťování požadavků u pracovníků budoucího uživatele. Použitím moderních postupů lze značně zmenšit riziko, ale nelze se úplně vyhnout tomu, že požadavky budou neúplné nebo nesprávné. Specifikace požadavků na GIS začíná vždy jejich zjišťováním u uživatele. Používají se při tom následující metody:

- *Interview*. Dobře připravený pohovor o tom, co uživatel dělá, co potřebuje a co by mohl GIS zlepšit či přinést.
- *Strukturované interview*. Interview, při kterém se postupně odpovídá na otázky podle předem připraveného dotazníku.
- *Studium dokumentů používaných zákazníkem.*
- *Společný vývoj požadavků*. Formulace požadavků skupinou pracovníků uživatele a konzultantů dodavatele GIS.
- *Pozorování chodu prací u zákazníka.*
- *Účast pracovníka dodavatele na pracích zákazníka.*
- *Analýza existujícího GIS.*

Mezi nejúčinnější, ale také nejnáročnější metodu zjišťování požadavků patří interview. Podrobněji se metodami zjišťování požadavků zabývat nebudeme (více např. viz. [KRA98]).

3.2 Návrh GIS

Poznatky získané v předcházejících krocích vyúsťují do návrhu GIS. V jeho rámci je nutné cíle a požadavky promítnou do světa informací. Návrh můžeme rozdělit do několika etap.

3.2.1 Koncept systému

Koncept systému má posloužit především pro předběžné hodnocení přínosů a nákladů. Jako hlavní aktivity v rámci předběžného návrhu se uvádějí:

- Předběžná specifikace geodatabáze a datových zdrojů
- Předběžná specifikace funkčních požadavků
- Předběžný návrh vhodného systému
- Předběžný průzkum trhu pro získání vhodných dodavatelů systému

V další fázi následuje *hodnocení vykonatelnosti zamýšlených řešení*. V zásadě jde o přehodnocení nákladů na zavedení GIS a posouzení přínosů. Náklady a přínosy je nutné počítat pro všechna přístupná řešení a konzultovat je s organizací, která GIS zavádí. Většinou bývá potřeba zohlednit dlouhodobost využívání GIS, typicky několik let, než se projeví všechny přínosy. Analýza nákladů a přínosů by měla obsahovat i odhad rizik při nedosažení plánovaných přínosů. Koncept systému je výhodné shrnout ve studii.

3.2.2 Návrh systému

Jestliže se prokáže vhodnost zavedení GIS v organizaci, proces pokročí do stadia návrhu systému. Nejprve se vytvoří *plán implementace* systému, který slouží ke koordinaci úloh a činností prováděných při zavádění GIS. Jde převážně o:

- Identifikaci a popis úkolů, které je nutné vykonat
- Přidělení úkolů konkrétním osobám
- Identifikaci zdrojových dat
- Definování vztahů mezi úkoly
- Stanovení harmonogramu plnění úkolů

Plán by měl připravovat někdo se zkušenostmi při zavádění GIS, kdo zná úkoly a kdo dokáže správně odhadnout čas a potřebné zdroje pro plnění každého úkolu. V další fázi návrhu systému se paralelně provádí následující činnosti:

- Návrh technologického řešení, výběr HW a SW
- Finální návrh geodatabáze
- Finální návrh funkčních požadavků
- Specifikace omezení systému a způsob integrace s jinými systémy
- Specifikace používání systému

V případě *návrhu technologického řešení* je potřeba stanovit způsob realizace GIS v organizaci. Konkrétně je rozepsán počet a typ klientů u jednotlivých uživatelů GIS, místo uložení geodatabáze, použitý SŘBD pro uložení geodatabáze a způsob poskytování služeb GIS koncovým klientům. *Výběr HW a SW* bývá s návrhem technologického řešení úzce svázán. V dnešní době většina komerčních tvůrců GIS[1] poskytuje kompletní SW řešení. Doporučované HW parametry SW řešení je nutné porovnat se stávajícím HW vybavením organizace a případně navrhnout upgrade některých komponent (v dnešní době již nebývají s HW vybavením větší problémy).

Při *finálním návrhu funkčních požadavků* se uvede způsob realizace konkrétních funkcí v GIS, které byly stanoveny v požadavcích. Při nedostatečné funkčnosti SW GIS nebo vybraného technologického řešení se určí dodatečná metoda realizace funkcí a náročnost jejich tvorby. Většinou se jedná o uživatelské nástroje doplňující klienty GIS, které je nutné naprogramovat.

Specifikace omezení systému se provádí vzhledem k existujícímu HW a SW vybavení organizace, které má být při implementaci GIS zachováno. Tento krok je těsně svázán se *způsobem integrace GIS s jinými systémy* v organizaci. Může se jednat o propojení se stávajícím IS nebo se stávajícími aplikacemi, které používají budoucí uživatelé GIS (Microsoft Access, Microsoft Excel apod.).

Ve *specifikaci používání systému* je třeba připravit postupy používání systému, stanovit způsob údržby a obsluhy, vytvořit dokumentaci, zabývat se otázkami bezpečnosti systému apod.

[1] ESRI, Intergraph, Autodesk.

3.2.3 Návrh geodatabáze

Velice důležitou částí návrhu GIS je návrh geodatabáze. Tento proces je velice významný, a proto mu budeme věnovat zvláštní kapitolu, i když se ve skutečnosti začíná provádět při tvorbě konceptu systému, pokračuje v návrhu systému a „končí“ otestováním pilotního projektu.

Při návrhu geodatabáze analogicky platí zásady platné pro návrh databází IS. Základní požadavky kladené na databáze IS jsou:

- *Neredundantnost*. Odstranění duplicity dat.
- *Integrita dat*. Hodnoty uložených dat nesmí být mezi sebou v rozporu (např. není možné, aby byla v adrese osoby zadána obec a k ní část obce, která se v obci vůbec nevyskytuje).
- *Vícenásobná využitelnost*. Ke stejným datům může přistupovat více aplikací, resp. uživatelů (souvisí se SŘBD).
- *Nezávislost dat*. Změna vnitřní organizace dat nevyvolá změny v aplikacích, které k těmto datům přistupují (souvisí se SŘBD).
- *Možnost implementovat libovolný datový model*. Je možné realizovat jakýkoliv model reálného světa (souvisí se SŘBD).

I v případě návrhu geodatabáze je nutné uvedené zásady databází IS dodržovat. Navíc se musí dát pozor na výběr vhodných prostorových datových typů pro reprezentaci geografických objektů a na jejich správnou organizaci. Při výběru prostorových datových typů je dobré dodržet příslušné standardy a normy.

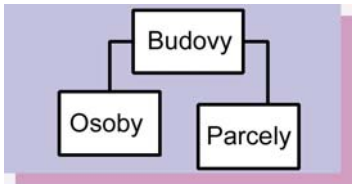
Návrh geodatabáze se podle [ZEI99] provádí v pěti krocích. Při prvních třech se provádí návrh konceptuálního modelu, definují se prvky (data) nutné pro podporu činností v organizaci a stanoví se u nich typ prostorové reprezentace (bod, linie, plocha, obrázek, povrch nebo negeografický typ). V rámci posledních dvou kroků se provádí návrh logického datového modelu, pomocí kterého se vytvoří geodatabáze ve zvoleném SŘBD. Konkrétními kroky jsou:

a) Modelování uživatelského pohledu

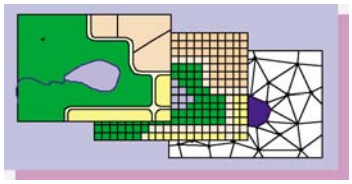
Je třeba identifikovat činnosti prováděné v organizaci, následně vybrat vhodné prvky (data) pro podporu těchto činností a strukturovat je do logických celků. Prvky jsou v tomto případě rozuměny skupiny objektů se stejnými vlastnostmi, např. budovy, pozemky ve vlastnictví, vlastníci, vodní plochy, zastávky apod.

b) Definice objektů a vazeb

Jedná se o identifikaci a popis prvků, specifikaci vazeb mezi prvky a vytvoření přehledného schématu s legendou. Vesměs jde o znázornění skupin objektů z předchozího kroku v diagramu (např. obdélníkem s popisem) a vytvoření vazeb mezi nimi.

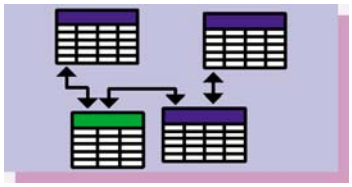


c) Výběr prostorové reprezentace



Pro prvky je nutné určit typ jejich prostorové reprezentace v závislosti na účelu GIS a zvoleném měřítku, ve kterém budou zobrazovány (patka sloupu stožáru se v mapě velkého měřítka zobrazí obvodem, ale v mapě malého měřítka bodem). Mezi základní prostorové reprezentace patří bod, linie, plocha. Některé prostorové geografické jevy, např. letecké snímky, hloubky vodních ploch nebo hustoty osídlení, je vhodné zachytit rastrem. Terén se aproximuje pomocí TIN. Výběr prostorových reprezentantů je nezávislý na zvolené platformě GIS.

d) Promítnutí do prvků geodatabáze



Po výběru prostorové reprezentace dané skupiny objektů se upřesní její geometrický typ podle konkrétní platformy GIS, čímž získáme tzv. třídu geoprvků (bodovou, liniovou nebo polygonovou). Skupiny objektů, které nemají polohové určení (vlastníci apod.), se zobrazují tabulkou. U tříd geoprvků a tabulek doplníme atributy, vytvoříme mezi nimi vazby a vše zobrazíme v přehledném schématu.

e) Organizace struktury geodatabáze

V posledním kroku se provede organizace tříd geoprvků a tabulek. Logicky související třídy geoprvků a tabulek seskupíme do kolekcí geoprvků, definujeme mezi nimi topologii, síťová pravidla (např. v případě inženýrských sítí), určíme souřadnicový systém, kartografickou projekci a pravidla chování.

Při návrhu geodatabáze se postupně vytvářejí datové modely. Prvním z nich je už zmíněný *konceptuální datový model*, který má za úkol v jednom schématu zachytit co nejpřehledněji vazby a informace o všech datech. K jeho vytvoření se většinou používá některý grafický nástroj pro tvorbu schémat (např. UML). Konceptuální datový model je navržen bez ohledu na implementaci a fyzické uložení dat v SŘBD.

Z konceptuálního datového modelu vychází *logický datový model*, který má podrobně popsat ucelené části modelované reality (logicky související datové množiny, např. vodstvo, dopravní síť, vlastnictví apod.). Vhodné je využít některé CASE[1] nástroje umožňující automatické vygenerování geodatabáze pomocí SŘBD podle vytvořeného schématu. Někteří autoři uvádějí, že logický datový model nemá být závislý na platformě GIS, resp. na SŘBD [KRA03]. Jiní tuto závislost připouští [ARC03]. Z teoretického hlediska by logický datový model neměl být na platformě GIS závislý. V praxi se ale mnohdy navrhuje v situaci, když už je předem platforma GIS známa a vybrán SŘBD pro uložení geodatabáze. V tomto případě je možné zásadu nezávislosti

[1] Aplikace pro modelování databází.

logického datového modelu do určité míry porušit a plně ho přizpůsobit požadavkům na systém.

Posledním datovým modelem je *fyzický datový model*, který schématicky zobrazuje fyzické uložení dat a vznikne převodem logického datového modelu do vybraného DBMS. První fyzický datový model vzniká při tvorbě prototypu geodatabáze v rámci pilotního projektu, kdy dochází k jeho úpravám tak, aby byla dosažena efektivita při využívání dat ve funkcích GIS. Konečné schéma fyzického datového modelu je tedy možné vytvořit až po jeho otestování v pilotním projektu. Tvorbu schématu není doporučeno provádět „ručně“, protože fyzický datový model bývá dosti rozsáhlý a jeho vyhotovení by bylo velice pracné. K tvorbě se využívají nástroje, které umí schéma automaticky vygenerovat a popřípadě ho ručně poopravit. Pro grafickou notaci schématu se doporučuje jazyk UML nebo kombinace XML dokumentu a XML schématu.

Geodatabáze se po vyladění v pilotním projektu uvede do provozu. Pro její správu a aktualizaci platí stejná pravidla jako pro databáze IS, které využívají pro uložení některý SŘBD. Z pohledu IS musí SŘBD poskytovat následující nástroje:

- *Jazyk pro definování dat*. Uživatel musí mít možnost specifikovat datové typy a struktury dat. Tyto jazyky se označují DDL.
- *Prostředky pro ukládání, změnu, vymazání a získávání dat*. Jedná se o jazyky označované DML, které dělíme na procedurální a neprocedurální (např. SQL).
- *Bezpečnost systému, přístupová práva*. Možnost určení přístupových práv jednotlivým uživatelům či skupinám uživatelů.
- *Současný přístup více uživatelů, sdílený přístup*. Jedná se o koordinaci současného přístupu více uživatelů ke stejným datům.
- *Obnova systému po chybě, transakce*. Obnovení (navrácení) všech částí databáze do stavu před chybou (např. z důvodu výpadku proudu, chybnou změnou dat apod.).

V případě geodatabází musí být definovány další specifické činnosti, zásady nebo nástroje, které vznikly díky prostorovým datům (geodatům) a které jsou spojené s jejich správou a údržbou. Mezi ně zejména patří:

- *Datový model.* Zajistit schéma datového modelu, nejlépe logického i fyzického.
- *Formáty dat.* Definovat formáty dat, resp. geodat, ve kterých se připouští jejich primární pořizování.
- *Metodika pořizování dat.*
- *Kontrola a konverze dat.* Určit způsob kontroly dat a metodu importu dat do geodatabáze.
- *Výměnný formát.* Definovat přenosové formáty dat pro komunikaci s třetími stranami.
- *Metadata.*
- *Způsob vizualizace dat.*

Podrobnější popis návrhu, správy a aktualizace geodatabáze přesahuje rámec této práce, a proto se jím do hloubky zabývat nebudeme. Tato problematika je velice podrobně popsána např. v [ZEI99] nebo [ARC03], některé poznatky lze získat i z [JED02], [VOK03], [KRA03] nebo [TUC98].

3.2.4 Pilotní projekt

Jak už bylo uvedeno, nejen návrh softwarových produktů nebo IS, ale i návrh GIS je nutno otestovat formou prototypu nebo pilotního projektu. Jeho úkolem je ověřit správnost navrženého systému v praxi, doladit některé jeho vlastnosti (především geodatabáze a funkcí) a zaškolit budoucí uživatele systému.

Otázkou zůstává, ve které fázi vývoje se pilotní projekt má vytvářet. V případě softwarových produktů se dokonce někdy postupuje tak, že se návrh software provádí několikrát za sebou včetně omezeně fungujícího prototypu software. Tato metoda se podobá klasickým iteracím, kdy v každém opakování dochází ke zpřesnění požadavků a zkvalitnění výsledného software. Metoda je aplikovatelná i na IS a dá se tedy očekávat, že bude použitelná i pro GIS.

Podle některých zdrojů (např. [TUC98]) se pilotní projekt vytváří až v rámci implementace systému přímo v organizaci. Tento postup je výhodný, ale lze ho aplikovat pouze tehdy, pokud jsme podobný GIS již v minulosti zaváděli a máme s tím určité zkušenosti.

V případě malých poznatků se zaváděním GIS v konkrétním oboru se vyplatí postupovat iterační metodou. Při té se provede návrh systému podle rámcově stanovených cílů, známých požadavků a následně se systém předvede uživatelům. Po vzájemné konzultaci se určí další cíle projektu a doplní požadavky. Vývojový tým si tímto způsobem mimo jiné ověří i vhodnost navrhovaného systému. V druhém kole iterace se návrh zpřesní, vytvoří se nový, nebo upraví stávající pilotní projekt a opět se předvede uživatelům. Iterační metoda vývoje GIS je sice pracnější, ale předejde se tak riziku, že výsledný GIS nebude navržen v jádru správně a že po zavedení do provozu nebude splňovat všechna očekávání.

3.3 Sestavení a testování

Pokud jsme provedli návrh systému, můžeme pokročit do etapy jeho sestavení a testování. O testování systému jsme se zmínili v předcházející kapitole a záleží tedy na vývojovém týmu, jakým způsobem k testování přistoupí, resp. k tvorbě pilotního projektu.

V rámci sestavení systému se provádí následující činnosti, které z časového hlediska probíhají většinou současně:

Zakoupení HW a SW

Zakoupení HW a SW, resp. technologického řešení celého systému, se provádí v závislosti na návrhu HW a SW provedeném v etapě návrhu systému. Při pořizování HW je nutné dát pozor na technické parametry komponent systému (kapacitu pamětí, rozlišovací schopnost periferních zařízení, rychlost apod.). Problémy mohou nastat v případě sítí, resp. při vytváření virtuálních sítí, po kterých mají být data poskytována. Je nutné zajistit dostatečnou kapacitu (propustnost) sítě od poskytovatele, a to především z důvodu poskytování rastrových dat, která bývají objemná z hlediska kapacity paměti.

Získání a příprava dat

Pokud organizace zavádějící GIS žádná data (geodata) nevlastní, bývá jejich pořízení dosti nákladné. Někdy se uvádí [TUC98], že náklady mohou tvořit i **více než 10-ti násobek** nákladů na HW a SW. V lepším případě se data získají v digitální podobě (především data vektorová), v horším je nutné zpracovat analogová data (plány a mapy v papírové podobě apod.). Příprava dat je jednou z časově nejnáročnějších činností při zavádění GIS. Vytvořená data (geodata) je nutné v průběhu jejich přípravy kontrolovat, protože jejich kvalita výrazně ovlivňuje výsledný GIS.

Organizační vybudování systému.

V rámci organizace je důležité jasně definovat organizační strukturu, pravomoci, vztahy a ostatní prvky řízení v souvislosti s používáním systému. Je potřeba definovat úkoly a povinnosti jednotlivých osob (oddělení), které pracující s GIS nebo zajišťují jeho budování a správu. Obecně lze předpokládat následující strukturu:

- *Manažer systému.* Pracovník zodpovědný za každodenní řízení všech součástí systému a jejich používání.
- *Administrátor.* Správce databáze, který má na starosti její používání, kvalitu, údržbu, zdroje.
- *Analytik a programátor.* Pracovník vyčleněný pro vývoj systému, aplikačních programů nebo postupů a zajišťující jejich údržbu.
- *Operátor systému.* Pracovník využívající systém.

Příprava procedur používání

Před instalací a používáním systému je nutné promyslet všechny jeho aspekty. Jedná se především o:

- *Každodenní způsob používání komponentů systému.*
- *Údržbu HW a SW zařízení.*
- *Monitorování využívání systému.*
- *Způsob řešení vzniklých problémů.*
- *Školení obsluhy.*
- *Způsob a časový plán aktualizace dat* (zmíněno v návrhu geodatabáze).

3.4 Používání systému

Po sestavení (instalaci) systému a jeho testování v pilotním projektu přistoupíme ke konverzi všech dat, která je nutné doplnit do geodatabáze. Konverze dat se provádí i v době aktualizace geodat, a proto je vhodné tuto činnost postupem času co nejvíce automatizovat pomocí vhodných aplikací nebo utilit.

Po konverzi všech údajů může být GIS „naplno“ využíván. Ve většině případů se GIS plně implementuje v průběhu několika měsíců nebo let, takže také přechod na skutečně rutinní používání ve všech směrech je možné očekávat až po delší době. Tato skutečnost významně ovlivňuje i přínosy GIS, které se dají očekávat až během několika následujících let po implementaci systému. Celkové přínosy po zavedení systému ovšem nejvíce ovlivňuje zainteresovanost a schopnosti uživatelů. Právě jejich hodnocení GIS je hlavním výsledkem celého projektu. Lidský faktor proto hraje jednu z nejdůležitější rolí v celém projektu GIS.

4 Standardizace na poli GIS

Všechna technická odvětví dospěla do stádia, kdy bylo potřeba vytvořit standardy s předdefinovanými postupy, kterými se mají řídit. V oblasti GIS je nutné zajistit interoperabilitu mezi nejrůznějšími technologickými systémy a aplikačními oblastmi. Dlouhotrvající rozvoj v oblasti geomatiky si vyžádal komplexní přístup ke standardizaci v této oblasti. Standardy by měly specifikovat metody, nástroje a služby pro správu dat (včetně jejich definování a popisu), jejich sběr, zpracování, analýzu, přístup a přenos v digitální formě mezi různými uživateli, systémy a lokalitami. Standardy by rovněž měly v maximální možné míře navazovat na příslušné standardy v oblasti informačních technologií, dat a vytvořit rámec pro vývoj specifických odvětvových aplikací využívajících geografická data [SLA99].

V současné době již existuje na poli GIS několik standardů využívaných na mezinárodní úrovni. Protože jsou tyto standardy mladé, ne každý výrobce technologie GIS je podporuje. Tento fakt je způsoben i náročností vývoje softwarových platforem GIS, při kterém není možné rychle reagovat na nejnovější vydané normy. Významní výrobci SW GIS se ale podílejí na zpracování některých standardů a v plánech vývoje svých produktů tyto standardy postupně zavádějí.

V následujících kapitolách budou uvedeny některé významné organizace zabývající se vydáváním norem v oblasti GIS. Pokud se jedná o významné normy týkající se návrhu a implementace GIS, budou tyto normy stručně popsány.

4.1 Evropská komise pro normalizaci

Na evropské scéně se standardizace v oblasti Geografických informací ujal Evropský výbor pro standardizaci a vytvořil technickou komisi CEN/TC 287 Geografická informace, (především díky aktivitám z Německa a Francie) [SLA99].

Z ČR se účastnil ČNI od samého počátku práce v CEN/TC 287. Při ČNI byla ustavena Technická normalizační skupina TNK 122: Geografická Informace/Geomatika, která se zaměřila především na zpracování překladů evropských norem v oblasti geografických informačních systémů do češtiny. ČNI považuje tuto aktivitu za významný příspěvek k harmonizaci českých technických předpisů s předpisy EU. V současné době jsou do systému ČSN zavedeny tyto evropské normy, které se významně týkají GIS:

ENV 12009 Geografická informace - Referenční model (ČSN 97 9802)

Norma identifikuje a definuje strukturovanou sadu koncepcí a složek umožňujících definování, popis, strukturování, dotazování, aktualizování a přenos geografické informace a informace o geografické informaci.

Úkolem normy je poskytnout rámec pro vývoj norem v oblasti geografické informace. Hlavní části normy jsou:

- Popis základních oblastí geografické informace, která je rozdělena na dvě kategorie (geografická data, metadata).
- Popis geografické datové služby v oblasti geografické informace, která je rozdělena opět na dvě kategorie (služby dotazu a aktualizace, služby přenosu).

- Popis geografických dat a geografických datových služeb, kde se zmiňuje o procesu konceptuálního modelování.
- Závěrem uvádí požadavky na normy geografické informace.

ENV 12160 Geografická informace - Popis dat - prostorové schéma (ČSN 97 9806)

Norma uvádí prostorové typy a vlastnosti geografických dat (geometrická primitiva - bod, linie, polygon, mříž, voxel atd.) a topologické vztahy v rámci objektu (topologická primitiva – uzel, hrana a stěna). Norma specifikuje požadavky, které mají respektovat uživatelem definovaná prostorová schémata, aby byla ve shodě s touto normou.

V normě jsou uvedeny konstruktory prostorových prvků, které jsou doporučené tvůrcům GIS. Nicméně dá se předpokládat, že významní výrobci GIS na tento požadavek nebudou reagovat, a to především z toho důvodu, že norma sama umožňuje tuto deklaraci modifikovat. Dalším faktem je, že konstruktory prostorových prvků jsou normalizovány konsorciem OGC, ve kterém se významní výrobci GIS angažují.

Nicméně popis uvedených základních primitiv je srozumitelný a primitiva je vhodné dodržet při návrhu geodatabáze.

ENV 12657 Geografická informace - Popis dat – Metadata (ČSN 97 9805)

Norma určuje data (metadata), která je nutno použít k popisu geodat. Metadata podle normy zahrnují data o obsahu, reprezentaci, rozsahu, prostorové referenci, jakosti a správě geodat.

ENV 12661 Geografická informace – Vyjádření prostorových referencí – Geografické identifikátory (ČSN 97 9810)

Norma specifikuje způsoby, jak definovat a popisovat prostorové systémy, které používají geografické identifikátory. Pořizovatelům dat umožňuje definovat jednotným způsobem místa a uživatelům pomáhá pochopit prostorové reference (vztahy) používané v kolekcích geoprvků. Umožňuje vytvářet jednotným způsobem geografické rejstříky. Norma se nezabývá vyjádřením prostorových vztahů založených na souřadnicích.

Pro návrh GIS, resp. geodatabáze, je významná část normy týkající se specifikací atributů pro konkrétní třídu geoprvků, která uvádí povinné a volitelné atributy.

CR 13568 Geografická informace – Popis dat – Jazyk konceptuálního schématu (ČSN 97 9803)

Norma vznikla překladem technické zprávy CR 13568, která identifikuje a vyhodnocuje jazyky vhodné pro popis geografické informace na konceptuální úrovni. Zahrnuje jak lexikální, tak grafické jazyky. Norma se především zabývá:

- Popisem dat v referenčním modelu v procesu konceptuálního modelování
- Přístupem ke konceptuálnímu modelování
- Požadavky na jazyk konceptuálního schématu
- Hodnocením identifikovaných konceptuálních jazyků

Norma uvádí a porovnává několik vhodných jazyků pro popis konceptuálního schématu, ale překvapivě nehovoří o jazyku UML, o kterém se dá říci, že je nepřímo podporován v normě ISO. Norma nezakazuje použití jazyka UML, ale stanovuje požadavky na jazyk konceptuálního schématu. Požadavkům, z porovnávaných jazyků v normě, ovšem vyhovuje pouze jazyk EXPRESS (EXPRESS-G pro grafické vyjádření), který norma používá k popisu schémat a grafických notací.

Seznam ostatních norem CEN, které zde nejsou uvedeny a týkají se problematiky geografické informace, lze dohledat na stránkách viz. [CEN].

4.2 International Organization for Standardization (ISO)

ISO (mezinárodní organizace pro normalizaci) je celosvětovou federací národních normalizačních orgánů (členů ISO). Práce na normách se zúčastňují technické komise ISO a vládní i nevládní mezinárodní organizace, s nimiž ISO navázala styk. Oblastí geomatiky se zabývá technický výbor ISO/TC 211, geografická informace/Geomatika.

Iniciativu v tomto technickém výboru převzala Kanada, Spojené státy Americké, Japonsko a Norsko. Norsko se také ujalo vedení technického výboru ISO/TC211 i většiny pracovních skupin. Koordinace mezi výbory CEN a ISO byla realizována na úrovni vedoucích obou výborů. Ale vývoj norem CEN svůj počáteční náskok začal pozvolna ztrácet. Důvodem zaostávání byl zejména nesrovnatelně větší přísun finančních prostředků do činnosti výboru ISO. Jednou z příčin je pravděpodobně i mimořádný zájem OGC na možnosti ovlivnit výsledky mezinárodní standardizace v oblasti GIS [SLA99].

ČNI i na oblast ISO norem týkajících se geografické informace zaměřil svoji aktivitu a v současné době jsou k dispozici překlady 2 norem a 1 technické zprávy. Bohužel ostatní ISO normy jsou těžko dostupné především z finančního hlediska, a proto jsou uvedeny v následujících odstavcích pouze překlady norem vydané ČNI:

ISO 19101 Geografická informace – Referenční model

Norma určuje rámec pro normalizaci v oblasti geografické informace a určuje základní zásady, kterými se tato normalizace uskutečňuje. Důležité části normy pro implementaci GIS jsou:

- Přístup ke konceptuálnímu modelování, kde norma definuje pojem konceptuálního modelování, jeho přístupy a zásady.
- Referenční model domény, který ukazuje místo obecné třídy geoprvků v kontextu geografické informace. Jedná se o zobrazení obecné třídy geoprvků v rámci konkrétního GIS.
- Referenční model architektury, který definuje strukturu pro geografické informační služby.

Norma působí ne příliš jasným zněním. Pokud se např. jedná o konceptuální modelování, norma hovoří o konceptuálním schématu, ale neuvádí konkrétní jazyky konceptuálního schématu, které by se měly používat. Samotná norma používá pro specifikaci normativních částí jazyk UML a dá se říci, že ho tak nepřímo doporučuje.

Norma hovoří o „zásadách použití syntaxe konkrétního jazyka konceptuálního schématu“, kde uvádí, že „k reprezentaci informace v konceptuálním schématu musí být použita formálně definovaná syntaxe jazyka konceptuálního schématu“. Lze se tedy domnívat, že výsledné konceptuální schéma musí mít jasně definované prvky konceptuálního schématu (legendu apod.), aby je bylo možné interpretovat. Při návrhu geodatabáze je tedy nutné tuto vlastnost dodržet.

Další námitku je možné vznést k překladu některých pojmů, jako např. k překladu slova *feature*, které je v normě přeloženo jako *vzhled jevu*. Překlad nepůsobí výstižně a v některých částech normy je v souvislosti s jinými slovy těžko pochopitelný. Mnohem přirozeněji působí překlad z pracovního návrhu terminologického slovníku ČAGI [RAP02] – *geoprvek*.

ISO 19108 Geografická informace – časové schéma

Norma definuje pojmy pro popis časových vlastností geografické informace a hovoří o nutnosti uložení časových prvků v metadatech.

ISO 19121 Geografická informace – Obrazová a mřížová data (ČSN 97 9840)

Norma ČNI vznikla překladem technické zprávy ISO/TR 19121, jejímž předmětem jsou obrazová a mřížová data. Norma zkoumá, jakým způsobem se v současné době používají v geometrickém společenství rastrová a mřížová data, aby bylo možno navrhnout, jak by měl být tento typ dat podpořen normami geografické informace. V normě jsou posouzeny existující normy z různých příbuzných oblastí geomatiky, které se snaží o normalizaci obrazových a mřížových dat. Dále norma uvádí některé formáty pro kódování obrazu (např. GIF, PNG, GeoTIFF, atd.) a stručně popisuje jejich charakteristiky.

Protože OGC má mimořádný zájem ovlivnit výsledky mezinárodní standardizace v oblasti GIS [SLA99], lze předpokládat, že významní výrobci GIS, kteří jsou členy konsorcia OGC, pravděpodobně prosadí v budoucnosti své soukromé formáty obrazových dat do norem ISO. To je nutné vzít v úvahu při návrhu geodatabáze a v případě rastrových dat používat formáty podporované významnými výrobci GIS.

Seznam ostatních norem, které zde nejsou uvedeny a týkají se problematiky geografické informace, lze dohledat na mnoha internetových odkazech, např. [ISO].

4.3 Federal Geographic Data Committee (FGDC)

FGDC je americká komise složená z 19 členů. FGDC pracuje na projektu NSDI (National Spatial Data Infrastructure), který se zabývá národní infrastrukturou prostorových dat USA. NSDI popisuje způsoby řízení, standardy a postupy pro organizace USA tak, aby se společně podílely na vytváření a poskytování geografických dat.

Mnozí výrobci SW GIS zavádějí normy FGDC do svých produktů. To je způsobeno především jejich snahou uplatnit své výrobky ve státních orgánech USA. V našem případě jsou ale tyto normy uvedeny pouze informativně a při návrhu GIS na ně nebude brán příliš velký ohled.

4.4 Open GIS Consortium (OGC)

OGC je sdružením významných průmyslových firem dodávajících HW a SW produkty pro GIS (např. ESRI, Intergraph, Autodesk). Sdružení se zabývá definicí standardů pro technologie pracující s geodaty z důvodu zajištění interoperability. Cílem OGC je poskytnout komukoliv geografické informace prostřednictvím jakékoliv počítačové sítě, aplikace nebo výpočetní platformy. OGC se snaží popsat prostorová rozhraní a kódování geodat, která budou otevřená a veřejně dostupná pro globální použití. Z hlediska návrhu GIS je vhodné se zmínit o následujících specifikacích:

Open GIS Web Map Server (OGC WMS)

OGC WMS je specifikace jednotného rozhraní, které zajišťuje jednotný přístup klientských aplikací k mapovému serveru na internetu za účelem vytvoření polohově registrované mapy. Termínem „mapa“ je přitom míněna vizuální reprezentace geodat, nikoli geodata samotná.

Open GIS Web Feature Server (OGC WFS)

OGC WFS popisuje manipulaci s vektorovými daty. Komunikace mezi serverem a klientem probíhá na úrovni jednotlivých geoprvků (OpenGIS Simple Features).

Popis ostatních specifikací OGC je možné najít na internetových stránkách viz. [OGC].

5 Tvorba GIS v důlním průmyslu

Předešlé kapitoly se zabývaly teoretickými postupy, návody a standardy na poli GIS. Nyní přistoupíme k praktickým činnostem, které se budou týkat návrhu a tvorby GIS pro organizaci zabývající se povrchovým dobýváním nerostů (dále jen organizace).

Účelem této diplomové práce není vytvořit a implementovat systém v konkrétní organizaci, což je činnost velice náročná a především týmová, ale navrhnout a ukázat možnosti využití GIS v tomto typu organizace. Záměrem práce bylo rovněž přesvědčit se o možnostech uplatnění standardů a obecných postupů v této problematice. Z toho důvodu je k návrhu systému přistupováno s tím vědomím, že má sloužit především pro pilotní projekt, který bude představen uživatelům. Pokud se v budoucnu ukáže zájem ze strany uživatelů systém zavést, bude nutné návrh doplnit, upřesnit a poté implementovat.

Tato metoda vývoje reflektuje iterační postup popsaný v kap. 3.2.4. Uvedený přístup k provedení návrhu systému v konkrétní organizaci[1] byl zvolen především proto, že nebylo možné v přípravných fázích projektu podrobně zjistit požadavky všech uživatelů a konkrétní hardwarové vybavení. Další skutečností byl i fakt, že návrh a výsledky testování pilotního projektu mají především poskytnout informace managementu organizace pro rozhodnutí o zavedení či nezavedení GIS. V neposlední řadě je autorem návrhu student bez větších praktických zkušeností se zaváděním GIS. Je tedy pravděpodobné, že první návrh bude nutno, v případě jeho uplatnění v praxi, korigovat. Použití nových technologií GIS a především geodatabází ukládaných v SŘBD může činit v návrhu další potíže, které zatím nemusí být známé a projeví se na až při testování.

5.1 Stanovení cílů

Při definování cílů projektu hledáme odpovědi na otázky ***proč*** a rámcově ***co*** má být realizováno (viz. kap. 3.1.1). První otázka, která napadne každého, je: „Proč zavádět GIS?“. Jedná se o velice obecnou otázku, na kterou existuje několik odpovědí. Před jejich formulací nejdříve provedeme stručnou analýzu stavu geodat v organizaci.

5.1.1 Analýza stavu využívání geodat v organizaci

Organizace pracuje s mnoha geodaty. Současný stav **správy geodat** je takový, že vybraný pracovník nebo oddělení spravuje jejich určitou část, většinou v analogové podobě nebo pomocí CAD, pro svoji potřebu. Využívání geodat je pak omezené především tím způsobem, že je nelze rychle poskytovat jiným zaměstnancům v organizaci. Z toho důvodu dochází k duplikaci některých geodat (např. snímků map KN), se kterými pracují různá oddělení a musí je pro svoji potřebu evidovat.

Kvalita geodat používaných v organizaci je značně rozdílná. Na kvalitu je v tomto případě pohlíženo podle způsobu využitelnosti geodat. Kvalitu některých geodat nelze výrazně zvýšit (většinou se jedná o rastrová data jako letecké snímky apod.). V případě analogových plánů a map můžeme označit způsob jejich evidence za zastaralý, ale

[1] Lasselsberger a.s.

nicméně v určitých případech za vyhovující. Velký nedostatek je ovšem v kvalitě digitálních map, které organizace vlastní (především se jedná o výkresové soubory ve formátu DWG nebo DGN). Jejich využitelnost je pro GIS malá a používají se téměř výhradně k tisku. Struktura digitálních výkresů je navržena nevhodně a neodpovídá normám popisujícím geografické informace. Je například běžné, že se plošné objekty zobrazují liniemi (budovy jsou nakresleny pouze obrysem a ne plochou – polygonem). Před migrací takových geodat do GIS je nutné jejich přepracování, které bývá velice pracné.

Musíme ale podotknout, že výstupy digitálních map (výtisky map) odpovídají požadavkům kladenými legislativními předpisy. Podle vyhlášky [FIL97] má např. organizace povinnost vést mapu závodu ve formě odpovídající normě ČSN 013411 a ČSN 013410. Normy se ale vhodnou strukturací geodat nezabývají[1]. Organizace je proto není povinna pořizovat tak, aby je bylo možné efektivněji využívat např. v GIS. To se ale především nemusí vyplatit organizaci samotné.

Problematicky se v organizaci provádí **porovnávání geodat**, jako např. společná vizualizace mapy lomu s vlastnickou mapou KN. Tyto nedostatky jsou významné především v případě používání analogových geodat (papírových map, náčrtů apod.). Příprava podkladů pro společné porovnání např. stavu dvou analogových map je v tomto případě časově i odborně náročná činnost.

Analýzy s geodaty jsou prováděny pouze subjektivně podle zkušeností jednotlivých pracovníků a téměř výhradně nad analogovými mapami. Automatické analýzy geodat, které by umožňovaly vytvářet vhodné výstupy podporující rozhodování zaměstnanců v organizaci, nejsou využívány. Jedná se např. o plánování těžby, kde geologické podklady vrtů připravuje geolog, který musí ke každému vrtu zakreslit, do jaké hloubky je vrt odtěžen, a následně podklady poskytnout závodnímu lomu, který rozhodne o postupu těžby. Jiným příkladem může být výpočet kubatur vytěženého nebo navezeného nerostu, vhodný pro kontrolu evidence těžby. I když organizace vlastní všechna potřebná geodata nutná k výpočtům, výpočty se neprovádějí, protože organizace nevlastní vhodný SW.

Tématické mapy jsou v organizaci vytvářeny téměř výhradně pomocí analogových map. Pokud dojde k požadavku vytvořit tématickou mapu pro potřeby organizace, je nutné vyhotovit kopii mapy a tu ručně ohodnotit (vybarvit) podle definovaného klíče. Je zřejmé, že efektivita uvedeného postupu oproti tvorbě tématických map v GIS je malá.

Při správě nemovitostí v organizaci je často nutné vyhledávat některé objekty (budovy, zařízení apod.). **Vyhledávání geoprvků** se provádí vizuálně většinou nad analogovou mapou. V případě digitálních map v CAD formátech je vyhledávání prováděno vizuálně na monitoru nebo automatickým vyhledáním textu, který identifikuje daný geoprvek tím, že je v něm na mapě umístěn. Efektivita vizuálního vyhledávání je malá. Pokud objekty vyhledává zaměstnanec, který tuto činnost nikdy neprováděl a nemá tušení o přibližné poloze objektu, je to pro něj časově velice náročné. Automatické vyhledávání podle textových řetězců je mnohem rychlejší, ale v některých případech může být pracné[2].

---

[1] Nejsou např. definované prostorové datové typy pro reálné objekty nebo základní mapové vrstvy tříd geoprvků.

[2] Pokud např. hledáme silnici, nalezneme automaticky číslo identifikující silnici ležící uvnitř jejího obvodu, následně pak musíme ručně zvýraznit celý obvod silnice, abychom získali představu o rozloze geoprvku

V organizaci je zaveden kvalitní a funkční podnikový IS SAP, ve kterém se také evidují některé informace o geoprvcích. **IS není propojen se zobrazovacím SW** a sám neprovádí vizualizaci objektů. Geoprvky na mapách jsou spojeny s informacemi v SAP pomocí inventárního čísla, které je nakresleno většinou uvnitř geoprvku. Tento způsob umožňuje objekt na analogové mapě vyhledat, ale neefektivně (viz. předcházející odstavec).

I když jsou v organizaci geodata využívána neefektivně, jejich účel je jasně definován a každý zaměstnanec ví, o co se má starat. Z tohoto pohledu je **systém využívání geodat** dobře nastaven a není potřeba cokoliv měnit. Pokud jsou managementem organizace kladeny požadavky na podklady, ke kterým je zapotřebí geodat, jsou tyto požadavky převedeny na konkrétní zaměstnance, kteří geodata vyhledají a připraví z nich patřičné výstupy. Jestliže nechybí žádní zaměstnanci (např. z důvodu nemoci), celý proces funguje správně. Problém samozřejmě může nastat při dlouhodobější nepřítomnosti některých zaměstnanců nebo pokud je zapotřebí připravit výstupy velice rychle.

5.1.2 Definice cílů

Nyní můžeme odpovědět na otázku ***proč*** realizovat v organizaci GIS. Odpovědi jsou seřazeny od nejdůležitějších k méně důležitým.

Snížit závislost podniku na konkrétním zaměstnanci

Strategickým cílem pro organizaci je odbourávání závislosti fungování organizace na konkrétním zaměstnanci. Tento případ není výjimkou a je typický pro mnoho společností, kdy si konkrétní zaměstnanec vědomě či nevědomě buduje určitou závislost podniku na jeho osobě. Při jeho dlouhodobém výpadku může dojít ve společnosti k významným problémům.

Z pohledu práce s geodaty se jedná o přípravu a zpracování geodat většinou pro management organizace, který pomocí nich činí důležitá rozhodnutí. GIS musí tuto závislost odbourávat a docílit mnohem větší flexibility zaměstnanců při práci s geodaty. Není přípustné, aby některá geodata měl k dispozici pouze jeden zaměstnanec. Geodata musejí být centrálně spravována a poskytována více zaměstnancům, kteří je budou umět využívat. Jednotný vzhled GIS je další podmínkou. Vrstvy geodat, tématické mapy a uživatelské prostředí klientů musí v GIS vypadat u všech zaměstnanců stejně, aby bylo možné zajistit potřeby organizace při náhlém výpadku některého zaměstnance jinde, resp. u jiného zaměstnance. S centralizací geodat je úzce spojeno i odbourání případné duplicity geodat.

Podporovat plánování těžby

Důležitým cílem je podpora při plánování těžby. GIS musí poskytovat zaměstnancům (především závodnímu lomu) kvalitní výstupy, podle kterých se budou moci rozhodnout o postupu těžby. Tato činnost se provádí téměř denně a je jednou ze stěžejních činností organizace, na které závisí kvalita výsledného produktu (např. kaolinového jílu).

Problém plánování těžby je dosti náročný a vychází z dat o geologickém průzkumu ložiska. Organizace pracuje s velkým množstvím informací popisujících geologickou strukturu ložiska (vrty, sondy apod.), které se neustále doplňují a aktualizují. Bylo by

velice užitečné tyto informace vyhodnocovat a poskytovat v přehledné podobě. Jedná se např. o automatické generování profilů nebo 3D geologických řezů ložiska s podrobnými údaji jednotlivých vrstev, na které by se dalo dodatečně dotazovat. Ve skutečnosti je tento úkol velice náročný, protože např. počet geologických vrtů v testovacím DP se pohybuje okolo 1500 a každoročně se vytváří nebo ruší další. Každý vrt s sebou nese údaje o geologické struktuře jednotlivých vrstev, kterých je pro jeden vrt přibližně 200. Vše je evidováno v analogové podobě (na předtištěných formulářích). Je tedy zřejmé, že převedení všech vrtů do digitální podoby je časově velice náročné a znamenalo by to i organizační změny ve způsobu evidence vrtů, resp. údajů o geologické činnosti. Samotná softwarová geologická nadstavba GIS by musela být velice silným nástrojem, který by dovedl vše spravovat a především data vyhodnocovat. Ve skutečnosti by to znamenalo provést náročný vývoj takového softwarového rozšíření GIS.

Tento vývoj se ovšem poněkud odchyluje od klasického pojetí GIS. I když lze pomocí GIS provádět různé analýzy s geodaty, tvorba geologického podloží ložiska je natolik speciální činnost, že je vhodné pro ni využít některý jiný sofistikovaný SW, výsledky převést do GIS a poskytovat koncovým uživatelům. Výsledné cíle pro podporu plánování těžby jsou tedy stanoveny následovně:

Do GIS je nutné doplnit geologické vrty a pouze některé významné atributové informace (název vrtu, výšku ústí vrtu a výšku dna vrtu). Další informace týkající se např. mocností jednotlivých geologických vrstev vrtu a jejich chemického složení se do GIS prozatím vkládat nebudou. Pokud v počáteční fázi zavádění GIS nastane požadavek na vykreslování struktury geologického vrtu, bude tento problém řešen naskenováním formuláře geologického vrtu (geologické struktury vrtu) a hypertextovým odkazem na příslušný obrázek. Tímto způsobem bude možné pomocí GIS nahlížet na podrobné údaje o vrtu, ale nebude možné v GIS provádět geologické analýzy.

Do budoucna je nutné počítat s rozšířením GIS o kompletní evidenci dat geologického průzkumu, která bude propojena s geologickou nadstavbou GIS nebo se samostatným SW vytvářející geologické podloží ložiska. Do GIS musí být též doplněny i nástroje pro automatické generování profilů, řezů nebo vizualizaci 3D geologických bloků, které budou generovány z geologického podloží ložiska. S tím je nutné počítat především při návrhu geodatabáze.

Zvýšit využitelnost geodat

Organizace investuje finanční prostředky do geodat, které pak využívá ke svým činnostem. Tyto investice je nutné mnohem více zužitkovat. Pokud organizace pořizuje geodata v digitální podobě od externích dodavatelů, je nutné stanovit strukturu a formáty geodat tak, aby je bylo možné bez větších úprav importovat do geodatabáze a zpřístupnit pomocí GIS všem zaměstnancům. Analogové mapy a plány je nutné převést do digitální podoby (vektorizací nebo skenováním). Správná strukturace geodat je důležitá především z pohledu jejich propojení se stávajícím podnikovým IS (SAP). Zvýšení využitelnosti se proto týká i geodat spravovaných v SAP. Vzájemným propojením geodatabáze a SAP se oboustranně zvýší hodnota a využitelnost uložených dat.

Musí proto být definovány pravidla pro odevzdávání geodat, způsob jejich kontroly a odpovědné subjekty, které za geodata ručí.

Centralizovat správu geodat

Kromě toho, že centralizace geodat pomáhá odbourávat závislost podniku na konkrétním zaměstnanci, odbourává i případná duplicitní geodata, se kterými pracuje více zaměstnanců nebo oddělení a musí je pro svoji potřebu spravovat. O správu se musí centrálně starat vybraný zaměstnanec nebo oddělení a poskytovat je všem zaměstnancům organizace. Shromážděním a centralizací geodat se vytvoří i jejich seznam v rámci organizace, který bude mít k dispozici každý zaměstnanec. Organizace tak získá kompletní přehled o vlastněných geodetech a především i informace o tom, kde je lze získat. V organizaci musejí být vyplňovány i metadatové informace o geodatech.

Zefektivnit správu nemovitostí a podporovat územní plánování

V současnosti je správa nemovitostí prováděna pomocí stávajícího IS, ve kterém se evidují informace (atributové) o nemovitém majetku organizace (inventárním nemovitém majetku) bez jejich vizuálního zobrazení na mapě. Nutnost vizualizace je zmíněna výše v cíli *Zvýšení využitelnosti geodat*. Při efektivní správě geodat je navíc vhodné geodata společně zobrazovat (např. mapu KN s mapou závodu nebo lomu), tématicky vyhodnocovat (např. vyznačovat parcely ve vlastnictví organizace) nebo analyzovat („vyber mi všechny parcely KN, přes které vede kanalizace“). Uvedené činnosti je zapotřebí realizovat v rámci jednoho systému, který umožní vytvářet z výstupů zprávy s mapovými okny. Se správou nemovitostí je úzce spojeno i územní plánování organizace, které musí být v GIS podporováno vhodnými geodaty a případně jednoduchými nástroji pro jejich analyzování.

Poskytovat geodata důležitým organizacím

Určitou část geodat je organizace zabývající se povrchovým dobýváním nerostů povinna vytvářet ze zákona. Jedná se především o grafickou část důlně měřické dokumentace, kterou tvoří mapy a plány. Ty musejí odpovídat příslušným požadavkům (vyhláškám) a jsou kontrolovány ČBÚ. Pro vytváření dobrých vztahů s externími subjekty (ČBÚ, Obecní úřady apod.) je jim vhodné umožnit nahlížet na určitou část geodat pomocí internetu.

5.2 Stanovení požadavků

5.2.1 Informační zdroje

Pro definování požadavků byly využity následující informační zdroje:

Konzultace v organizaci s budoucími uživateli

Pohovory byly prováděny se zaměstnanci, kteří se starají o správu důlně měřické dokumentace, o správu nemovitého majetku, o řešení majetkoprávních vztahů a o plánování těžby. Krátce byl veden pohovor i s managementem organizace. Konzultacemi byl zjištěn aktuální stav využívání geodat v organizaci (viz. kap. 5.1.1) a definovány požadavky na systém.

Právní předpisy týkající se povrchové těžby nerostů

Jedná se o následující, v současné době (květen 2004) platné legislativní dokumenty:

- Zákon č. 44/1988 Sb. [Z44]
- Zákon č. 61/1988 Sb. [Z66]
- Vyhláška č. 435/1992 Sb. [FIL97]
- Vyhláška č. 104/1988 Sb. [V104]
- Vyhláška č. 497/1992 Sb. [V497]

Externí subjekty vytvářející geodata pro potřeby organizace

Jedná se o subjekty, které mohou pro organizaci vytvářet např. důlně měřickou dokumentaci, geologickou dokumentaci, mapy nebo plány závodu apod. V rámci zjišťování požadavků byl konzultován postup vytváření důlně měřické dokumentace u externí firmy zabývající se touto činností.

Informace dostupné na internetu

Posledním zdrojem informací byly dokumenty dostupné na internetu. Jednalo se především o internetové stránky popisující některý systém pro konkrétní podporu určité činnosti (např. pro plánování těžby). Jiným zdrojem informací byly články z konferencí s podobnou tématikou. Mezi zajímavé odkazy patřily zejména [ATL], [VRU02] a [MAN00].

5.2.2 Vyhodnocení požadavků

Po analýze získaných informací z dostupných zdrojů bylo možné přistoupit ke stanovení požadavků na systém. Požadavky musí být v souladu s cíli projektu, které byly rámcově stanoveny při definici cílů a musí podporovat činnosti organizace. Konkrétní znění požadavků je následující:

a) *Centrálně spravovat geodata* organizace a poskytovat je pomocí silných nebo tenkých klientů koncovým uživatelům. V rámci centralizace musí být definovány postupy a povinnosti jednotlivých oddělení nebo osob při pořizování geodat a jejich následném začleňování do GIS.

b) Vytvořit GIS, ve kterém bude možné provádět kompletní *správu důlně měřické dokumentace* (prohlížení, aktualizaci).

c) Umožnit *tisk mapových kompozic,* a to zejména map důlně měřické dokumentace.

d) Dodržet *pravidla pro tvorbu map důlně měřické dokumentace* (kreslení a značky) definované vyhláškou [FIL97].

e) *Propojit GIS s existujícím podnikovým IS (SAP) – především s modulem Správa nemovitostí*. Umožnit sdílení dat. Jedná se o integraci GIS do stávajícího IS organizace, ve kterém se provádí správa nemovitostí. Geometrická část geoprvků bude spravována v GIS a atributová (popisné informace) ve stávajícím IS.

f) *Poskytovat data a nástroje pro řešení majetkoprávních vztahů.* V GIS musí být k dispozici data KN a dotazovací nástroje, pomocí kterých bude možno snadno získávat informace.

g) *Poskytovat nástroje a data pro uzemní plánování.* Jedná se především o geodata KN, mapu závodu, mapu lomu, polohopis okolí lomu, DMT (výškopis), ortofotomapu.

h) *Umožnit automatickou tvorbu tématických map.* Úkolem GIS je např. tématické vyhodnocování (vykreslování) jedné vrstvy GIS (např. dat KN) podle různých vlastností (např. podle druhu pozemku nebo podle vlastnictví).

i) GIS musí umožňovat *společné zobrazování různých vrstev geodat* v jednom mapovém okně. Silní klienti musí poskytovat nástroje pro analyzování společně zobrazených geodat, jako např. „vyber prvky, přes které vede linie, vyber prvky, na kterých leží daný objekt“ apod.

j) *Poskytování údajů o geologických poměrech ložiska* (údaje o vrtech a geologických řezech).

k) *Provádět výpočet kubatur* vytěženého a navezeného nerostu. Umožnit výpočet pro zvolenou oblast, kterou si uživatel nadefinuje interaktivně sám.

l) Umožnit *vytváření reportů a zpráv s mapovými okny*.

m) Technologicky zajistit *poskytování geodat pomocí internetu*.

n) Podle návrhu GIS *definovat strukturu vstupních geodat*, které organizace pořizuje, tak aby odpovídala požadavkům GIS (např. třídám geoprvků popsaných v [ČSN06]). Jedná se o definování geometrických primitiv[1] pro reálné objekty, pomocí kterých budou kresleny ve vektorových digitálních mapách odevzdávaných organizaci.

o) *Otevřenost GIS*. Požadavek se týká výběru technologického řešení GIS, které musí být otevřené z hlediska rozšiřování jeho funkčnosti.

p) *Dodržet standardní třídy geoprvků definovaných v mezinárodních normách.* Jedná se o požadavek související s interoperabilitou geodat.

[1] Bodů, linií, polygonů.

q) *GIS musí podporovat souřadnicové systémy a kartografická zobrazení používaná v ČR.*

5.3 Koncept GIS povrchového dolu

Po stanovení požadavků na GIS můžeme přejít k jeho návrhu. Na jeho začátku je nutné vytvořit koncept systému (viz. kap. 3.2.1). Součástí konceptu je předběžná specifikace geodatabáze (rámcová datová analýza), předběžná specifikace funkčních požadavků (rámcová funkční analýza), předběžný návrh vhodného systému a předběžný průzkum trhu pro získání vhodných dodavatelů systému.

Rámcová datová analýza

Rámcová datová analýza předchází vlastnímu návrhu geodatabáze a musí být provedena s ohledem na požadavky *b), e), f), g), j), k), p)* viz. kap. 5.2.2, které podporují jednotlivé činnosti organizace. Podle požadavků byla formulována geodata, pomocí kterých je bude možné realizovat. Výběr geodat včetně datových zdrojů je uveden v tab. 5.1.

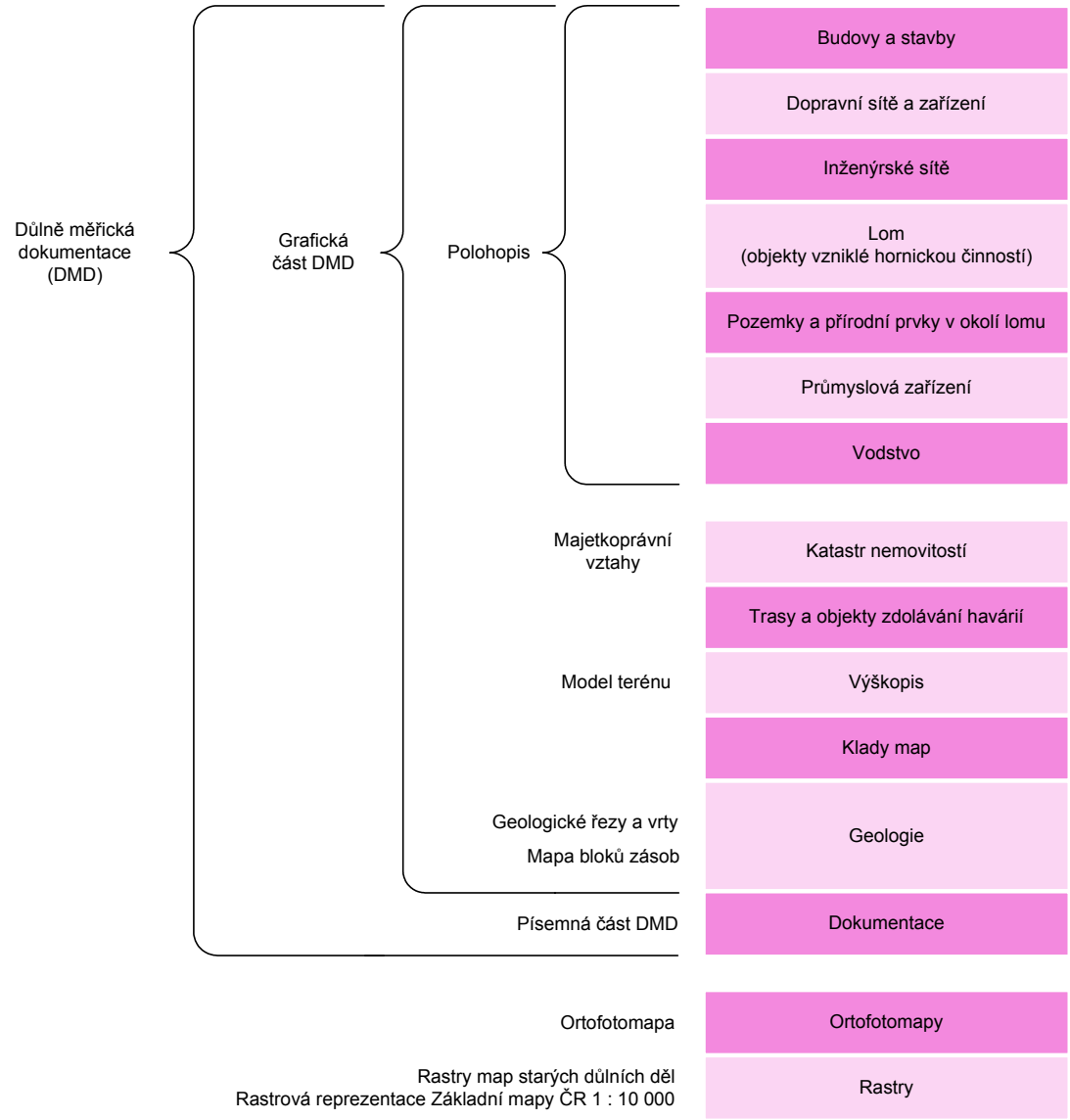
Požadavky	Obecně formulovaná geodata	Zdroj geodat
Spravovat důlně měřickou dokumentaci (DMD)	Grafická část DMD	Periodická zeměměřická činnost[1]
	Písemná část DMD	Periodická zeměměřická činnost[1]; Dokumentace organizace[2]
Propojit GIS se stávajícím IS - - Správa nemovitostí	Polohopis (skutečný stav)	Základní mapa závodu; SAP (IS organizace)
Data pro řešení majetkoprávních vztahů	Vlastnická mapa	Katastr nemovitostí
Data pro územní plánování	Polohopis (skutečný stav)	Základní mapa závodu; SAP (IS organizace)
	Majetkoprávní vztahy	Katastr nemovitostí
	Model terénu (výškopis)	Periodická zeměměřická činnost[1]
	Ortofotomapa	Periodická zeměměřická činnost[1]
Poskytovat údaje o geologických poměrech ložiska	Mapa bloků zásob	Geodata organizace (POPD)
	Geologické řezy a vrty	Periodická zeměměřická činnost[1] (důlně měřická dokumentace); Geodata organizace (geologická dokumentace)
Provádět výpočet kubatur	Model terénu (výškopis)	Periodická zeměměřická činnost[1]
Poskytovat všeobecně využívaná geodata (spojeno s centralizací geodat)	Rastry map starých důlních děl; Rastrová reprezentace Základní mapy ČR 1:10 000 (RZM 10)	Geodata organizace; ČÚZK

[1] Pravidelně prováděné zaměřování skutečného stavu v lomu (etáží, výsypek apod.).
[2] Významné dokumenty organizace vztahující se ke geodatům, např. rozhodnutí ČBÚ, stavební uzávěry, rozhodnutí o ochranných pásmech, fotografie objektů apod.

Tabulka 5.1: Výběr geodat dle požadavků na GIS

Protože formulovaná geodata obsahují velké množství geoprvků různých tématických skupin (polohopis obsahuje budovy, komunikace, vodstvo apod.), bylo je nutné podrobněji strukturovat a vytvořit menší tématické množiny geoprvků

(předchůdce kolekcí geoprvků). Podrobnější strukturace je zobrazena na obr. 5.1. Kolekce geoprvků jsou prvním krokem v modelování geodatabáze a odpovídají etapě *Modelování uživatelského pohledu* viz. kap. 3.2.3.



Obrázek 5.1: Předběžné množiny geoprvků (kolekce geoprvků) geodatabáze

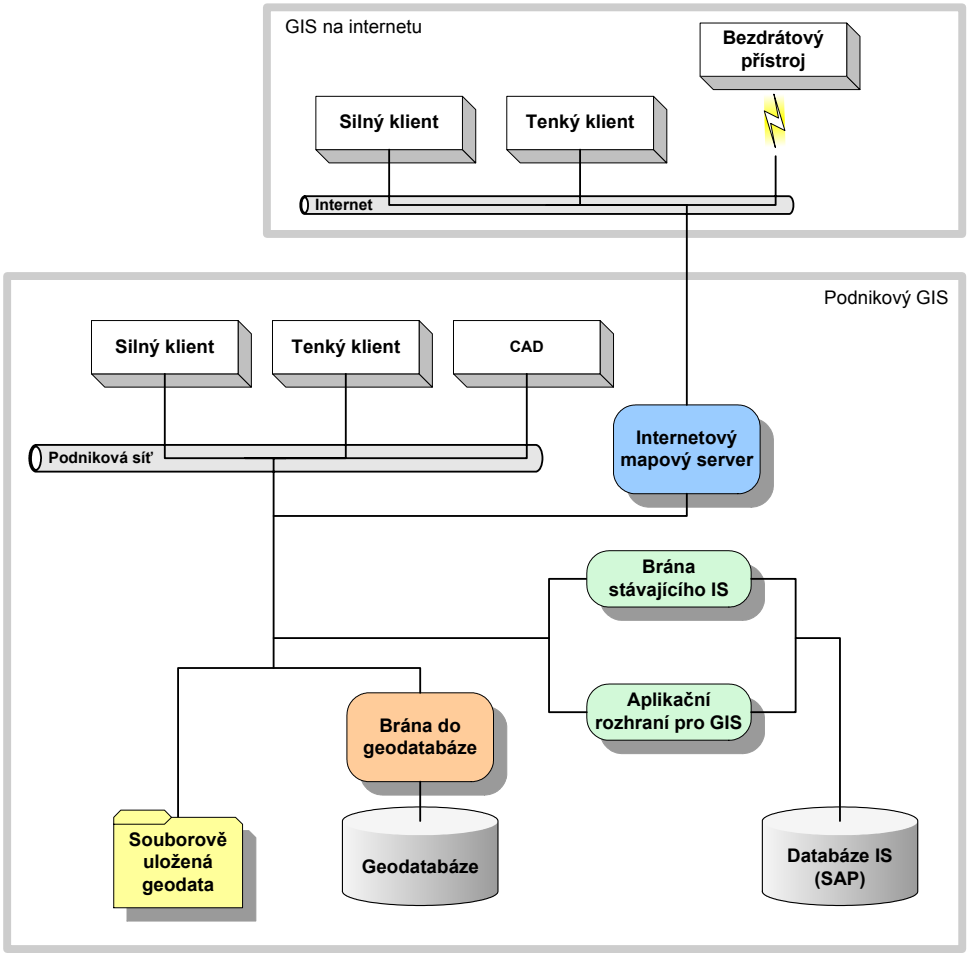
Rámcová funkční analýza

Rámcová funkční analýza se týká požadavků *b) – j)*, *l)* a *q)* viz. kap. 5.2.2. Při analýze je nutné formulovat způsob realizace funkcí v GIS. Formulace musí být provedena především při vlastním vývoji (programování jednotlivých částí GIS), kde je způsob realizace jednotlivých funkcí velice důležitý. Jak už ale bylo zmíněno v kap. 2.2, při implementaci GIS se velice často využívá některé existující technologické řešení, ve kterém bývá většina funkcí již implementována. I v případě uplatnění GIS při povrchovém dobývání nerostů se předpokládá využití některého existujícího řešení. Z toho důvodu je ve fázi konceptu systému předčasné formulovat způsob realizace jednotlivých funkcí v GIS.

Z toho důvodu se funkční analýza provede až ve fázi návrhu GIS, při němž se vybírá konkrétní balíkové řešení a které musí vyhovovat funkčním požadavkům (viz. kap. 5.4.1).

Předběžný návrh vhodného systému

Ve fázi návrhu konceptu GIS je nutné učinit obecný technologický návrh systému, a to s ohledem na požadavky *a), e), m), o)* viz. kap. 5.2.2. Schéma je zobrazeno na obr. 5.2.



Obrázek 5.2: Technologické řešení GIS

Předběžný průzkum trhu pro získání vhodných dodavatelů systému

Průzkum pro výběr vhodného dodavatele systému musí provádět jak organizace, která se rozhodla GIS implementovat pomocí vlastních sil (většinou pomocí zaměstnanců oddělení IT), tak i externí organizace, která má za úkol GIS zavést. Dodavatelsko-odběratelské vztahy nebudeme více popisovat.

5.4 Návrh GIS povrchového dolu

Na počátku podrobného návrhu systému je vhodné vytvořit *plán implementace* (viz. kap. 3.2.2). V tomto případě bude návrh GIS sloužit především pro pilotní projekt, a protože jednotlivé úkoly v návrhu byly prováděny postupně stejnou osobou (autorem diplomové práce), nebylo nutné plán implementace vytvářet[1].

Návrh technologického řešení, výběr HW a SW

Návrh obecného technologického řešení byl uveden výše v rámcové funkční analýze. Jak už bylo uvedeno v kap. 2.2, v současné době se při zavádění GIS často využívá některé existující technologické řešení. Nebude tomu jinak ani v případě návrhu a implementace GIS v důlním průmyslu. Hlavní důvody pro výběr z některého existujícího technologického řešení jsou následující:

- GIS bude pracovat s různými typy geodat (vektorovými, rastrovými, TIN).
- Existující technologická řešení mají implementováno většinu funkcí pro práci s geodaty.
- Většina existujících technologických řešení odpovídá požadovanému technologickému řešení GIS.
- Vytvoření a zavedení GIS je rychlejší a jednodušší než při vlastním vývoji.

Otázkou zůstává, které konkrétní existující řešení pro realizaci GIS vybrat. K dispozici jsou OpenSource produkty[2] nebo komerční produkty. U OpenSource produktů je nutno počítat se sestavením technologického řešení ze samostatných aplikací (modulů), které většinou nejsou vytvořené stejným výrobcem. Zde pak může být problém se vzájemným propojením (rozhraním) mezi jednotlivými moduly. To byl také jeden z důvodů, proč nebyly OpenSource aplikace vybrány pro realizaci GIS v podniku zabývajícím se důlní činností. Dalším důvodem byl i fakt, že pro konečné uživatele musí být aplikace jednoduché na ovládání. K tomu by musely být některé OpenSource produkty upraveny výrazně více než existující komerční produkty, což by vývoj GIS prodražilo.

Výběr byl proto proveden z komerčních produktů. V závěru bylo zvoleno řešení společnosti ESRI, které nejvíce vyhovovalo požadavkům na GIS. Významné důvody pro výběr jsou shrnuty v následujících bodech:

- ESRI je významným výrobcem GIS produktů a v současné době patří k vedoucím producentům GIS ve světě.
- V ČR existuje silná podpora produktů fy ESRI.
- ESRI je jedním z členů OGC a postupně zavádí do svých produktů nástroje pro podporu interoperability.
- Technologické řešení *ArcGIS* (viz. např. [GIS04]) splňuje požadavky technologického řešení GIS (viz. obr. 5.3)

---

[1] *Identifikace zdrojových dat*, jako součást plánu implementace, byla již provedena v návrhu konceptu systémů viz. tab. 5.1.

[2] Např. SŘBD *PostgreSQL* s nadstavbou *PostGIS*, internetový mapový server *MapServer*, software pro práci s geodaty *GRASS*.

- V *ArcGIS* je implementováno mnoho funkcí pro práci s geodaty, které byly stanoveny v požadavcích na GIS (nástroje pro dotazování, vyhledávání a analyzování).
- *ArcGIS* je otevřený systém a je ho možné pomocí standardních programovacích technik doplňovat a funkčně rozšiřovat.
- V *ArcGIS* lze implementovat libovolný datový model geodatabáze (lze implementovat třídy geoprvků, relace a chování prvků stanovených např. v normě [ČSN06]).

Systém *ArcGIS* má ale i některé nedostatky, se kterými je nutno počítat:

- V *ArcGSI* nejsou standardně implementovány funkce pro vytváření a analyzování geologického podloží ložiska a v současnosti není k dispozici geologická nadstavba systému. K dispozici jsou rozhraní pro výměnu dat mezi jinými software vytvářejícími geologické podloží ložiska.
- V současnosti existuje nástroj pro import dat ISKN do geodatabáze formátu *ArcGIS*, ale neexistují kvalitní nástroje (uživatelské menu programu pro dotazování a vyhledávání) pro práci s těmito daty.
- Kompletní technologické řešení je cenově nákladné.

Ve fázi výběru vhodného HW pro GIS nemohla být tato analýza plně provedena. Důvodem byl nedostatek informací o HW vybavení organizace a opět skutečnost, že návrh GIS je proveden především pro tvorbu pilotního projektu. V návaznosti na vybrané technologické řešení GIS je nutné dodržet parametry HW a SŘBD doporučované výrobcem systému *ArcGIS*. Aktuální parametry lze dohledat na internetové stránce [SUP04].

Specifikace omezení systému a způsob integrace s jinými systémy

Specifikace omezení systému se provádí vzhledem k existujícímu HW a SW vybavení organizace, které má být při implementaci GIS zachováno (viz. kap. 3.2.2). Podrobnou specifikaci je v současné době zbytečné provádět a nejsou k tomu známy ani kompletní informace o stávajícím SW a HW vybavení organizace.

Rámcovou specifikaci omezení systému z pohledu SW vybavení můžeme provést, pokud budeme uvažovat dnes převládající SW vybavení osobních počítačů, které je většinou založeno na produktech společnosti Microsoft Corp. (dále jen Microsoft). I ArcGIS je na produkty firmy Microsoft orientován a lze ho instalovat na většinu operačních systémů vytvořených Windows (jak pro servery, tak pro osobní počítače). Podpora kancelářských aplikací společnosti Microsoft instalovaných na osobních počítačích je následující:

- Silný klient *ArcGIS*[1] umožňuje prohlížet a editovat tabulky databáze *Microsoft Access*.
- Silný klient *ArcGIS* umožňuje prohlížet a editovat tabulky *Microsoft Excell*.

[1] *ArcView, ArcEditor* nebo *ArcInfo*.

- Nelze přistupovat do ostatních aplikací (*Microsoft Word, Microsoft FrontPage* apod.), ale je možné jejich dokumenty vkládat do reportů vytvářených v *ArcGIS* (grafy, texty, obrázky apod.)

Integrace s jinými IS organizace již byla zmíněna a týká se jich požadavek *e)* na GIS viz. kap. 5.2.2. Jedná se o propojení GIS se stávajícím podnikovým IS organizace SAP. Propojení *ArcGIS* se SAP je možné, ovšem pracnost vytvoření aplikačního rozhraní je v současnosti těžko odhadnutelná. Vývoj aplikačního rozhraní je nutné vytvářet oboustranně, tzn. musí dojít ke koordinaci ve vývoji na straně SAP i GIS. Při konzultacích v organizaci byla potvrzena schopnost pracovníků IT organizace vytvořit aplikační rozhraní na straně SAP. Otevřenost systému *ArcGIS* také umožňuje vytvořit aplikačního rozhraní do SAP. Z časových a technických důvodů však prakticky tento problém nebyl doposud řešen.

5.4.1 Funkční analýza (Finální návrh funkčních požadavků)

Po výběru konkrétního balíkového řešení můžeme provést podrobnější funkční analýzu GIS. V rámci funkční analýzy není přesně popsán způsob realizace jednotlivých funkcí v GIS, ale je určeno, zda je možné danou funkci v GIS realizovat a přibližně jakým způsobem. Způsob realizace jednotlivých funkčních požadavků v *ArcGIS* definovaných v kap. 5.2.2 je následující:

Kompletně spravovat důlně měřickou dokumentaci - *požadavek b)*

Požadavek se týká především správy grafické části důlně měřické dokumentace, která obsahuje náčrty, základní důlní mapu, profily a řezy, mapu povrchu a účelové (provozní) důlní mapy. Z tohoto pohledu se požadavek týká především návrhu geodatabáze, která musí zajišťovat vhodné rozdělení geoprvků tak, aby z nich bylo možné snadno vytvořit (složit) obsah jednotlivých uvedených map.

Z pohledu funkcí GIS je nutné zajistit různé tématické ohodnocování geodat a editaci geodat. Obě tyto činnosti jsou podporovány standardními funkcemi v silných klientech *ArcGIS*.

Umožnit tisk mapových kompozic - *požadavek c)*

Požadavek se týká tisku map nebo výřezů map převážně důlně měřické dokumentace. Tiskové nástroje *ArcGIS* umožňují vytvářet kvalitní výstupy. Hlavním problémem před tiskem mapových kompozic je správné nastavení tématického vzhledu map (kreslení a značek), o kterém pojednává další odstavec.

Dodržet pravidla pro tvorbu map důlně měřické dokumentace - *požadavek d)*

Tématický vzhled map důlně měřické dokumentace (kreslení a značky) v GIS musí být v souladu s vyhláškou [FIL97]. Bohužel značkový klíč popsaný ve vyhlášce o důlně měřické dokumentaci [FIL97] není doposud k dispozici v digitální podobě (neexistuje v podobě fontů některého operačního systému).

Požadavek správného tématického ohodnocování lze v *ArcGIS* řešit pomocí silných klientů, kteří mají pokročilé nástroje pro tvorbu symbolů a značek. Některé bodové značky uvedené ve vyhlášce lze však s těmito nástroji jen stěží vytvořit, a proto je nutné

použít jiný software, který dovede vytvářet mapové značky jako písmo (např. TrueType) konkrétního operačního systému a které pak bude možné v *ArcGIS* využít. Pro vytvoření různých typů čar a výplní ploch jsou prostředky silných klientů *ArcGIS* dostačující.

Propojit GIS se stávajícím IS - Správa nemovitostí *- požadavek e)*

Propojení GIS se SAP již bylo zmíněno. Pro správu nemovitostí je nutné v GIS geometrickou část geodat nemovitého majetku organizace evidovat v GIS.

Poskytovat nástroje pro řešení majetkoprávních vztahů *- požadavek f)*

V silných i tenkých[1] klientech *ArcGIS* musejí být k dispozici nástroje pro dotazování a vyhledávání údajů o majetkoprávních vztazích (informace KN). Data budou získávána od katastrálních úřadů ve výměnném formátu ISKN. Protože datový model databáze ISKN je značně komplikovaný, nelze v klientech *ArcGIS* využívat standardní vyhledávací a dotazovací nástroje, a to především z důvodu efektivnosti vyhledávání informací. Proto je nutné vytvořit vlastní funkce, resp. menu pro práci s daty KN.

V silných klientech *ArcGIS* je vytvoření vlastních funkcí poměrně jednoduché. I když je nutné funkce programovat[2], je možné využít některé implementované vyhledávací nástroje programu a usnadnit si jejich vývoj.

V případě tenkých klientů je v současné době situace o něco složitější. Reálným předpokladem ale je, že GIS bude v organizaci zaveden nejdříve až po vydání nové verze *ArcGIS 9*. *ArcGIS 9* bude obsahovat nový produkt *ArcGIS Server*, který nebyl ve starých verzích k dispozici. *ArcGIS Server* umožní vytvářet na straně serveru podobné funkce[3], jež budou k dispozici v silných klientech. Funkčnost tenkých klientů se tak podstatně rozšíří a bude mnohem snazší je doplnit o stejné nástroje pro práci s daty KN, které budou k dispozici v silných klientech.

Poskytovat nástroje pro územní plánování *- požadavek g)*

Při územním plánování budou využívány atributové a prostorové dotazovací nástroje. Společné zobrazování vrstev geodat a provádění jednoduchých prostorových analýz (např. najdi pozemky, přes které vede plynovod) budou v GIS využívány. Uvedené funkční požadavky jsou v *ArcGIS* implementovány jako standardní funkce silných klientů.

---

[1] Tencí klienti *ArcGIS* jsou např. *ArcExplorer, HTML Viewer* nebo *Java Viewer.*

[2] Pomocí VBA nebo jiného vývojového prostředí podporující technologii COM (*Delphi, Microsoft Visual Basic, Microsoft Visual C++* atd.)

[3] Funkci bude poskytována serverem a po dotazu bude vracet klientovi informace. Při programování funkcí bude možné využít knihovnu funkcí *ArcObjects*, která byla u nižších verzí *ArcGIS* k dispozici pouze v silných klientech.

***Umožnit automatickou tvorbu tématických map** - požadavek h)*

Tématické ohodnocování geodat podle různých charakteristik je v *ArcGIS* podporováno a požadavku plně vyhovuje. O tvorbě tématických map byla již zmínka při popisu funkčních požadavků pro správu důlně měřické dokumentace.

***Společné zobrazování různých vrstev geodat** - požadavek i)*

O společném zobrazování geodat již byla zmínka a v ArcGIS je podporováno.

***Poskytování údajů o geologických poměrech ložiska** - požadavek j)*

V GIS budou k dispozici především údaje o geologickém průzkumu (vrty, sondy, profily apod.). K jednotlivým vrtům, sondám nebo profilům bude připojen hypertextový odkaz, pomocí kterého bude možné prohlížet naskenované výkresy zobrazující jejich geologickou strukturu. Hypertextové odkazy jsou v *ArcGIS* podporovány.

***Provádět výpočet kubatur** - požadavek k)*

Ve funkcích silných klientů ArcGIS není standardně k dispozici nástroj k výpočtům kubatur a provádění 3D analýz. K těmto účelům je nutné pořídit nadstavbu *ArcGIS 3D Analyst*.

***Umožnit vytváření reportů a zpráv s mapovými okny** - požadavek l)*

V prostředí silných klientů *ArcGIS* jsou k dispozici pokročilé nástroje pro vytváření reportů a zpráv obsahující okna s mapami. Tencí klienti pokročilé nástroje neposkytují.

***GIS musí podporovat souřadnicové systémy a kartografická zobrazení používaná v ČR** - požadavek q)*

V *ArcGIS* jsou implementovány souřadnicové systémy a kartografická zobrazení standardně používané pro mapy v ČR[1].

5.4.2 Finální návrh geodatabáze

Samostatná kapitola bude věnována úplnému návrhu geodatabáze. Návrh geodatabáze je jednou z hlavních částí návrhu GIS a tvoří i stěžejní část této diplomové práce. Z toho důvodu se mu budeme věnovat podrobněji.

Jednoduchý konceptuální datový model

Další postup návrhu geodatabáze vychází z rámcové datové analýzy, ve které byly přibližně definovány kolekce geoprvků. Pak bylo provedeno schématické zobrazení objektů a vazeb mezi nimi (viz. kap. 3.2.3), které je stále na vybraném GIS *ArcGIS* nezávislé a je mezikrokem mezi rámcovou datovou analýzou a logickým datovým modelem. Schéma má charakter jednoduchého konceptuálního datového modelu a je

[1] S-JTSK, S-42, WGS 84.

i tak označováno. Pro tvorbu schématu byl použit program *Microsoft Visio Professional 2002* a je vykresleno v příloze č.1.

Z jednoduchého konceptuálního datového modelu je zřejmé, že vazby jsou v geodatabázi vytvářeny především z důvodu propojení se SAP. Ve skutečnosti se nejedná o fyzicky nastavené vazby (relace) v databázi, ale o aplikační rozhraní mezi různými SŘBD. Aplikační rozhraní musí zajišťovat oboustranné vyhledávání geodat (SAP→*ArcGIS*, *ArcGIS*→SAP).

Logický datový model

Z jednoduchého konceptuálního datového modelu vychází logický datový model geodatabáze, který je navržen v závislosti na vybraném systému *ArcGIS*. Avšak při další strukturaci bylo nutné vyhovět především požadavku *p)* viz. kap. 5.2.2, který vyžaduje dodržení standardních prostorových datových typů tříd geoprvků. Také vazby mezi třídami geoprvků odpovídají standardům databázových systémů. Z těchto důvodů můžeme závislost logického datového modelu na systému *ArcGIS* označit za velmi slabou a lze ho tedy implementovat v téměř libovolném jiném GIS, který splňuje mezinárodní normy popisující prostorové datové typy geografických informací.

Vrátíme-li se k mezinárodním normám, musíme upozornit na skutečnost, že datový model byl navržen především s ohledem na normy CEN a OGC (viz. kap. 4). Normy ISO popisující prostorové datové typy bohužel nebyly k dispozici. Dá se ale předpokládat, že především při dodržení norem OGC budou dodrženy i normy ISO, na jejichž vzniku se členové OGC[1] významně podílí.

Navržený logický datový model je k dispozici v příloze č.2. Popis jednotlivých objektů je na CD-R (příloha č.3) viz. soubor *Dokumentace LM.htm*[2]. Dále jsou zde uvedena pouze některá důležitá vysvětlení, zkušenosti a myšlenky pro jeho snadnější pochopení.

a) Tabulka INVENTAR

Protože byl logický datový model navrhován především pro pilotní projekt a ne pro finální použití v organizaci, bylo nutné vhodným způsobem simulovat propojení do SAP. Vytvářet aplikačního rozhraní z GIS do SAP bylo předčasné a pro ukázku v pilotním projektu postačovalo vytvořit tabulku *INVENTAR*, která obsahuje údaje SAP o nemovitém majetku. V pilotním projektu pak mohou být k dispozici ukázkové funkce pro správu nemovitého majetku a vyhledávání údajů.

b) Relace geoprvků do SAP

Propojení jednotlivých kolekcí geoprvků (resp. tříd geoprvků) do SAP je v logickém datovém modelu realizováno dvěma různými způsoby. Pro jednoduchost budeme uvažovat vždy propojení s dočasnou tabulkou *INVENTAR*.

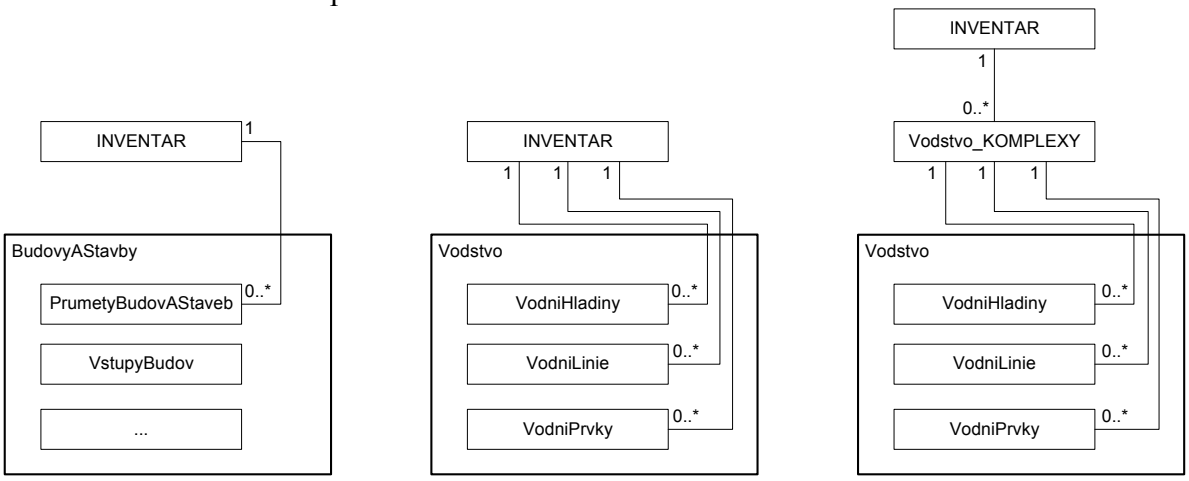
První typ propojení se týká např. budov, umístěných v kolekci geoprvků *BudovyAStavby*. V kolekci je významným geoprvkem průmět budovy nebo stavby a prostorově musí tvořit i hlavní část objektu, ostatní třídy geoprvků (schodiště, rampy apod.) tvoří příslušenství budovy, resp. průmětu budovy. Vazba je v tomto případě provedena z průmětu budovy nebo stavby rovnou do tabulky *INVENTAR*

[1] Členem OGC je také společnost ESRI Inc.

[2] Místo jeho uložení na CD-R je popsáno v souboru *main.htm*.

(viz. obr. č.5.3.a). Při vyhledání prvku na mapě podle inventárního čísla se provede zvětšení (zoom) na průmět, a tím je objekt vyhledán. Související příslušenství je pak zobrazené kolem průmětu a není ho potřeba s tabulkou *INVENTAR* svazovat.

Jiná situace nastává v případě průmyslových zařízení nebo vodních objektů. Např. v kolekci geoprvků *Vodstvo* může být hlavní částí vodního objektu vodní hladina (polygon) nebo osa vodního toku (linie), případně vodní zdroj (studna zobrazená bodem). V každém případě může nastat požadavek na evidenci vodního objektu v tabulce *INVENTAR* (resp. v SAP). V tom případě by bylo nutné vytvořit relaci z každého prostorového datového typu (polygonů, linií nebo bodů) do tabulky *INVENTAR* (viz. obr. 5.3.b). Z důvodu přehlednější strukturace geodatabáze byla navíc vytvořena tabulka, která slučuje logicky související třídy geoprvků, a vytváří tak větší komplexy (viz. obr. 5.3.c). Např. u kolekce geoprvků *Vodstvo* může být pomocí tabulky *Vodstvo_KOMPLEXY* seskupen dohromady průběh vodního toku (linie), splav (zobrazený polygonem) a vodočet (zobrazený bodem), které mohou dohromady vytvářet jeden vodní objekt v tabulce *INVENTAR*. Při vyhledání na mapě pak dojde k zaostření (zoom) na všechny objekty, a tím ke správnému zobrazení celého komplexu na monitoru.



a) b) c)

Obrázek 5.3: Způsoby vazeb tříd geoprvků do SAP

c) Katastr nemovitostí a ostatní kolekce geoprvků

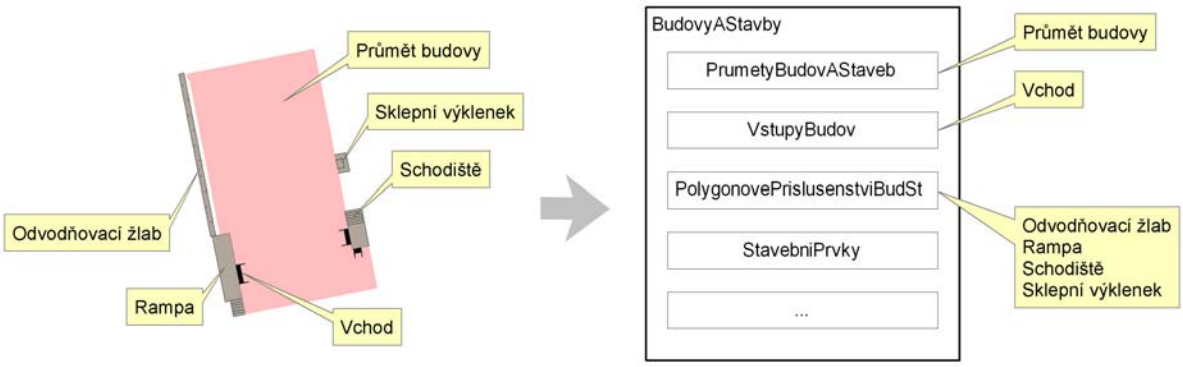
Jednou ze změn bylo zrušení relační vazby mezi inventárním majetkem a parcelami KN (třídou geoprvků *OP_POLY*). Zrušena byla i vazba mezi inventárním majetkem a budovami KN (třídou geoprvků *OB_POLY*). Kvůli této vazbě byl logický datový model schématicky zobrazen společně s částečným logickým datovým modelem ISKN. Odstraněné vazby lze nahradit prostorovými dotazy nebo společnou vizualizací s daty KN. Avšak při této činnosti musí být uživatel obeznámen s přesností katastrální mapy a přesností ostatních geodat, které se mohou výrazně lišit. Je běžné, že i v případě digitální katastrální mapy se mohou lomové body identických objektů mapy závodu a katastrální mapy lišit o několik málo centimetrů a výsledky prostorových dotazů nemusejí být správné.

Logický datový model geodatabáze je proto možné rozdělit na dva modely. Prvním z nich je logický datový model KN a druhým je logický datový model všech ostatních geodat. Nutno podotknout, že část odpovídající KN byla rekonstruována

z [ISK03]. Schématické zobrazení vybraných datových bloků ISKN je provedeno především z důvodu programování dalších rozšiřujících funkcí *ArcGIS* pro práci s KN, při kterém je velice účelné mít k dispozici schéma datového modelu.

d) Strukturace geoprvků

GIS bude spravovat geodata v rozlišení, které odpovídá odpovídající mapám velkých měřítek, proto bude v geodatabázi uloženo velké množství geoprvků souvisejících s jedním objektem. Mapy sloužící jako zdroj dat pro geodatabázi jsou vytvářeny v měřítkách 1:500, 1:1000, 1:2000 a je na nich zobrazeno velké množství geoprvků polohopisu. Je běžné, že např. budova zobrazená obvodem, má mnoho příslušenství v podobě schodišť, výklenků, ramp, vchodů, které jsou na mapě zobrazeny a musejí být vizualizovány i v GIS. Kolekce geoprvků proto byly navrhovány s ohledem na tuto skutečnost. V logickém modelu nalezneme v kolekcích geoprvků třídy geoprvků, které spolu souvisejí a ze kterých lze sestavit objekty, např. budovu s veškerým příslušenstvím (viz. obr. 5.4).



Obrázek 5.4: Strukturování geoprvků budovy.

e) Domény

Při návrhu logického datového modelu bylo využíváno převážně domén, které je možné podle potřeb doplňovat novými hodnotami na úkor číselníků[1].

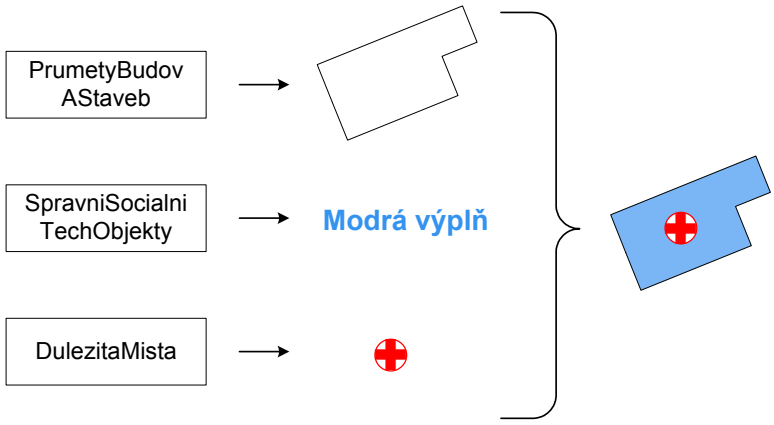
f) Abstraktní objekty pro vytváření tématických vrstev

Jedná se o abstraktní datové třídy *SpravniSocialniTechObjekty*, *DulezitaMista*, *Vodstvo_HYDROGEOLOGIE* a *Geologie_MORFOLOGIE*. Abstraktní datové třídy jsou vytvořeny z důvodu požadavku dodržení tématického vzhledu důlně měřické dokumentace definované ve vyhlášce [FIL97]. Dalším důvodem byla potřeba vyhledávání skupin geoprvků, např. správních, sociálních a technologických objektů (dále jen správních objektů), do kterých vyhláška zařazuje tématicky různé objekty (komunikace, budovy, průmyslová zařízení).

Pro snadnější pochopení při modelování s abstraktními třídami uvedeme příklad. Podle vyhlášky [FIL97] může stejná budova patřit do skupiny objektů a míst zvláštní důležitosti (dále jen důležitých objektů) a do správních objektů. Jedná se o plechovou budovu, která se podle tématického vzhledu správních objektů

[1] Pomocná tabulka s vazbou na jiné tabulky , ve kterých chceme využívat její hodnoty. Využívá se v případech, kdy je v doméně příliš velký počet hodnot nebo se hodnoty často mění.

vybarvuje modrou výplní a která má charakter pomocné záchranné stanice, do které se podle tématického klíče důležitých míst kreslí značka červeného kulatého kříže viz. obr. 5.5. Každá skupina má pro budovu tedy vlastní značku nebo výplň a navíc se mohou zobrazovat ve stejné mapové kompozici (např. v Základní důlní mapě). Správné tématické vykreslení je pak schématicky zobrazeno na obr. 5.5. Provede se vykreslení obrysu budovy, poté se vyplní modrou barvou, aby vyhovovala tématickému vzhledu správních objektů, a doplní se značkou, aby vyhovovala tématickému vzhledu důležitých objektů.



Obrázek 5.5: Tématické zobrazení budovy.

Fyzický datový model

Fyzický datový model je obrazem logického datového modelu v cílovém databázovém systému. Implementace fyzického a testování logického datového modelu proto bylo provedeno v rámci pilotního projektu, při kterém byla geodatabáze realizována v *ArcGIS* formou jednouživatelské (personální) geodatabáze. Fyzický datový model byl vytvořen v databázovém systému Microsoft Jet (resp. Microsoft Access).

5.4.3 Specifikace používání systému

V současné fázi, kdy je cílem především pilotní projekt sloužící jako ukázka GIS v důlním průmyslu, je předčasné vytvářet postupy pro používání systému. Tato činnost bude provedena v pozdější době, pokud se organizace rozhodne systém zavést.

5.5 Pilotní projekt

Důležitou součástí návrhu GIS je jeho testování. Při vývoji software jsem se zmínil o vytváření tzv. softwarového prototypu (viz. kap. 2.2), který je částečně funkčním modelem cílového řešení. V případě GIS hovoříme o pilotním projektu (viz. kap. 3.2.4). Ten má otestovat navržené řešení a odhalit nedostatky. I v případě návrhu GIS pro důlní průmysl je zapotřebí řešení otestovat a k tomuto účelu byl vytvořen pilotní projekt.

Lokalita, na které byl pilotní projekt vypracován, se týká kaolinového lomu v oblasti severního Plzeňska u města Kaznějov[1].

5.5.1 Fyzický datový model v ArcGIS

Geodatabáze pilotního projektu byla vytvořena podle logického datového modelu pomocí software *ArcCatalog* formou personální geodatabáze (*Personal Geodatabase*). Obecný postup její tvorby v *ArcCatalog* je popsán např. v [DON]. Geodatabáze je běžně používána jedním uživatelem a bývá většinou nainstalována na jeho osobním počítači (desktop PC). Může k ní ale současně přistupovat více uživatelů, kteří mají právo data číst (resp. prohlížet). Pokud dojde k editaci dat některým uživatelem, ostatní uživatelé stále mají právo na čtení dat, ale editace jim je znemožněna.

Fyzický datový model je zdokumentován ve dvou souborech na CD-R (viz. příloha č.3). V prvním souboru je model popsán formou HTML dokumentu a slouží uživatelům k nahlížení (soubor *Struktura_FDM.htm*[2]). Ve druhém souboru je model popsán pomocí XML dokumentu a slouží pro automatické vygenerování prázdné geodatabáze fyzického datového modelu v SŘBD (soubor *Struktura_FDM.xml*[1]).

Oba soubory byly vytvořeny pomocí freeware[3] nadstavby *Geodatabase Designer 2* [GD2] software *ArcCatalog*.

5.5.2 Příprava dat a naplnění geodatabáze

Dalším krokem tvorby pilotního projektu byla příprava dat a jejich import do geodatabáze. Data byla získána z několika zdrojů popsaných v tab. 5.1.

Základní mapa závodu

Pro přípravu dat byla k dispozici digitální základní mapa závodu ve formátu DWG (*AutoCAD*), kterou pro účely diplomové práce poskytl vlastník lomu. Mapa je vedena v souřadnicovém systému S-JTSK. Z obsahu mapy byly naplněny následující kolekce geoprvků fyzického datového modelu:

- *BudovyAStavby*
- *Vodstvo*
- *DopravniSiteAZarizeni*
- *Vyskopis*
- *PrumyslovaZarizeni*
- *KladyMapAOrientacniPopisy*
- *InzenyrskeSite*
- *BodyAKoty*
- *PozemkyAPrirodniPrvky*

[1] Důlní prostory Kaznějov a Lomnička I.

[2] Místo jeho uložení na CD-R naleznete pomocí souboru *main.htm* a odkazem na soubor *pilotni projekt.htm*.

[3] Forma distribuce software, která ponechává autorovi autorská práva, ale volně zpřístupňuje plně funkční software ostatním bez poplatků.

Způsob vyhotovení digitální mapy závodu, ze které bylo možné geodata importovat do geodatabáze, už byl diskutován v kap. 5.1.1. Musím jen připomenout, že i když digitální mapa závodu vyhovuje patřičným normám [ČSN11] a [ČSN10], z pohledu GIS je její strukturace a způsob vyhotovení velice nevhodný a mapa slouží především pouze pro prohlížení a tiskové výstupy. Hlavní nedostatky mapy závodu (z pohledu její implementace do GIS), které musely být odstraněny před importem dat do geodatabáze, byly následující:

a) Liniová kresba

Všechny objekty mapy byly kresleny pomocí linií. V mapě nebyly uplatněny polygonové objekty pro některé geoprvky, jako např. budovy, komunikace, apod. Z toho důvodu musela být provedena editace linií a ručně polygony vytvořeny.

b) Nevhodné rozvrstvení objektů

Vytvoření různých tématických vrstev objektů bylo v mapě závodu provedeno v některých případech vhodně, jindy však velice nešetrně.

V případě různých inženýrských sítí (elektriky, plynu, kanalizace apod.) se vždy vedení konkrétního typu ukládalo do samostatné vrstvy, což usnadňovalo přípravu geodat. Naopak prvky polohopisu byly vedeny v jedné vrstvě (budovy, komunikace, hranice pozemků apod.). Ty musely být nejprve identifikovány a ručně zařazeny do samostatných vrstev, kde se mohly dále zpracovávat.

c) Nevhodné kreslení liniových značek

Typickým příkladem, kdy je mapa vytvářena za účelem tisku, je kreslení liniových značek (např. znaku vysokého napětí na ose elektrického vedení) tím způsobem, že linie je přerušena a je do ní vložena značka. Pro tisk mapy je tento způsob vyhovující, bohužel pro další zpracování dat nevhodný. Line je uměle přerušena a rozdělena na dvě části. Pokud chceme konkrétní vedení importovat do geodatabáze, musíme rozdělené linie opět spojit a vytvořit lomené čáry bez přerušení. Ty pak můžeme v GIS vykreslovat takovým způsobem, aby značka ležela na ose vedení, ale linie vedení nebyla fyzicky přerušena.

Celá příprava, resp. přepracování digitální mapy závodu bylo velice pracné a časově náročné. Z toho důvodu byl definován požadavek *n)*, který se více týká struktury geodat pořizovaných organizací než samotného GIS.

Data katastru nemovitostí

Do geodatabáze bylo nutné doplnit geodata z katastrálních území Kaznějov a Lomnička u Plas. Protože v každém území je katastrální mapa vedena v odlišných formách a souřadnicových systémech, bylo vhodné mapy přepracovat a v GIS systému je zobrazovat v jednotném souřadnicovém systému.

k.ú.Kaznějov

Katastrální mapa je vedena v grafické podobě v S-JTSK. Před importem do geodatabáze byla provedena vektorizace části grafické kresby katastrální mapy a převod do digitální podoby. K dispozici byly souřadnice některých lomových bodů (z polních měření většinou s kódem kvality 3), které byly při digitalizaci

využity. Vektorizovány byly vlastnické hranice a vnitřní kresba parcel. Nebyly vektorizovány další prvky katastrální mapy, jako např. linie elektrických vedení, linie železnic apod.

k.ú.Lomnička u Plas

Katastrální mapa je vedena ve formě katastrální mapy digitalizované (KMD) v systému stabilního katastru (S-SK). K dispozici byla digitální kresba mapy ve formátu DGN (*Microstation*). Nejprve byla provedena transformace KMD z S-SK do S-JTSK a TPS[1] dotransformace na identické body. Následně musel být odstraněn nesoulad katastrální hranice s identickou hranicí v k.ú. Kaznějov. Při odstraňování nesouladu byla dána přednost hranici z mapy k.ú. Kaznějov, která má lepší polohovou přesnost.

Transformacemi a odstraněním nesouladu katastrální hranice samozřejmě vznikly rozdíly mezi výměrami parcel evidovanými v popisných informacích (vypočtené z KMD) a skutečnou výměrou parcely na mapě. S tím musí být uživatel GIS obeznámen.

Po přepracování obou katastrálních map tak ve skutečnosti vznikla jedna digitální katastrální mapa. Pro snadnější import geodat do GIS (můžeme napsat do libovolného GIS) by bylo velice vhodné, kdyby byla stanovena jednotná forma katastrálních map, v jednom souřadnicovém systému, s jedním mapovým zobrazením a s odstraněnými nesoulady na katastrálních hranicích. Těmito problémy se např. zabývá [ČAD99].

Data důlně měřické dokumentace

Data poskytla pro účely diplomové práce soukromá společnost, která vytváří důlně měřickou dokumentaci ve vybrané lokalitě. Byly k dispozici digitální výkresy ve formátu DGN (*Microstation*) s geodaty, pomocí kterých lze vytvořit mapy důlně měřické dokumentace. Z obsahu map byly naplněny nebo doplněny následující kolekce geoprvků fyzického datového modelu:

- *Lom*
- *Geologie (třídy geoprvků PruzkumnaDila a RezyAProfily)*
- *BudovyAStavby*
- *InzenyrskeSite*
- *PrumyslovaZarizeni*
- *Vyskopis*
- *PozemkyAPrirodniPrvky*
- *Vodstvo*
- *DopravniSiteAZarizeni*

Doplněny byly i souborově uložená geodata:

- *CharakteristickeAGeologickeRezy* (ve formátu PDF)

[1] Nereziduální transformace *Thin Plate Spline* viz. např. [ČADA].

Obecně byl problém s přepracováním digitálních výkresů stejný jako u mapy závodu a příprava geodat téměř stejně náročná. V mapách důlně měřické dokumentace bylo o něco lépe řešeno rozdělení objektů do různých tématických skupin (do samostatných vrstev).

Ortofotomapa

Ortofotomapa byla vytvořena zpracovatelem důlně měřické dokumentace a poskytnuta pro účely diplomové práce. Ortofotomapa je referencována v S-JTSK a je v geodatabázi doplněna v adresáři *Ortofotomapa* ve formátu JPG.

Data inventárního majetku

Data poskytl pro účely diplomové práce vlastník lomu. Jednalo se o tabulky ve formátu XLS (*Microsoft Excel*) vygenerované z podnikového informačního systému SAP. Tabulky byly použity pro naplnění geodatabázové tabulky *INVENTAR*.

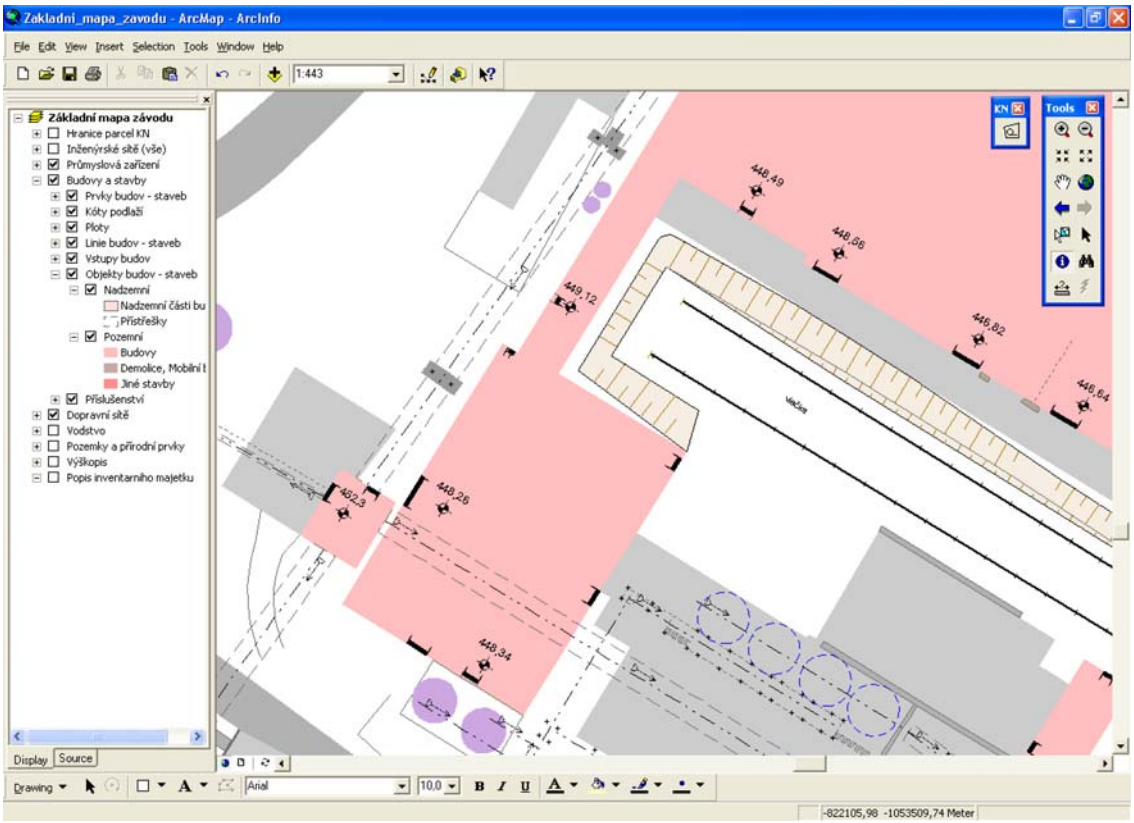
5.5.3 Tvorba mapových kompozic

Součástí pilotního projektu bylo vytvoření mapových kompozic pomocí tématicky ohodnocených mapových vrstev[1] (dále jen ohodnocené vrstvy). V případě mapových kompozic se jedná o projekty v *ArcGIS* (resp. v *ArcView, ArcEditor* nebo *ArcInfo*). V projektech je nastavena relativní cesta ke zdroji dat (geodatabázi). Z toho důvodu je nutné, při kopírování projektů a geodatabáze pro jejich správnou funkčnost zachovat adresářovou strukturu na CD-R (příloha č.3) od adresáře ...*pilotni projekt*\... níže.

Byly vytvořeny čtyři základní projekty.

Zakladni_mapa_zavodu.mxd

Mapová kompozice s vrstvami, které se zobrazují v základní mapě závodu. Značky a typy čar odpovídají normě ČSN 01 3411, výplně ploch byly navrženy s ohledem na celkový vzhled mapy. Ukázka je zobrazena na obr. 5.6.

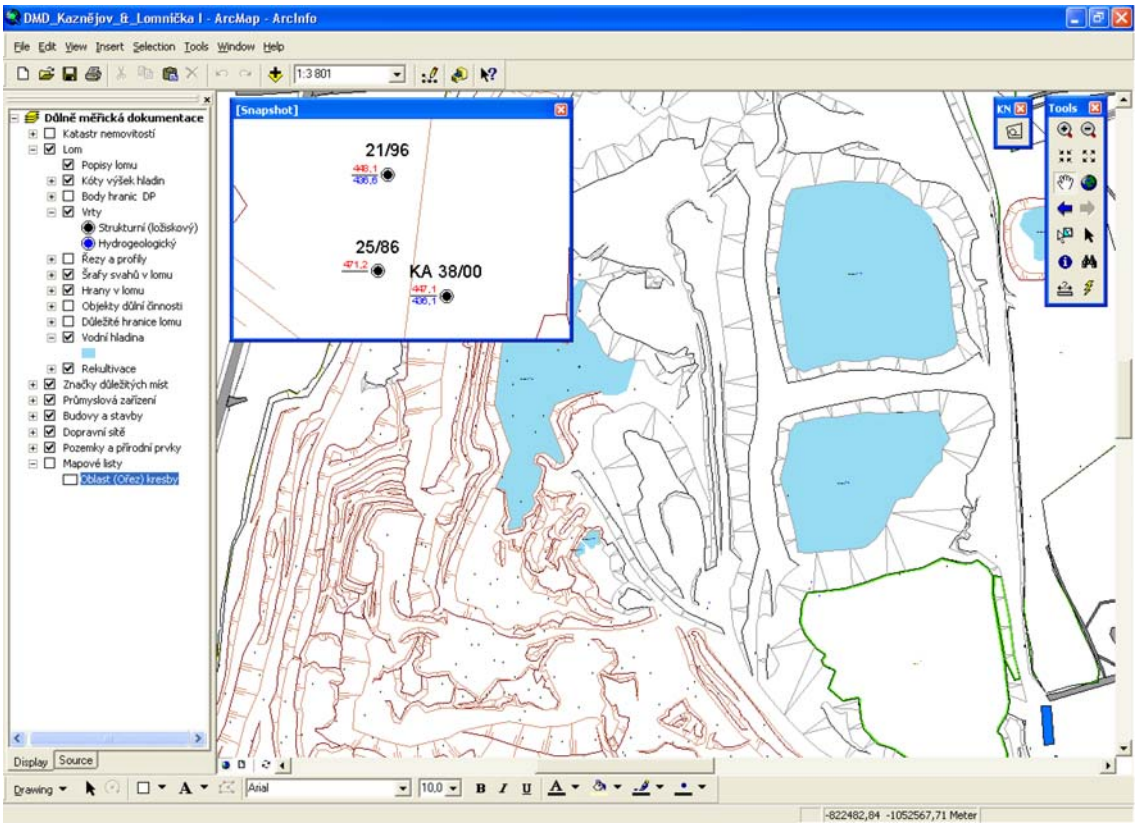


Obrázek 5.6: Pilotní projekt - Základní mapa závodu.

[1] Logicky související geoprvky vizualizované podle zvoleného tématického značkového klíče.

DMD_Kaznějov_&_Lomnička I.mxd

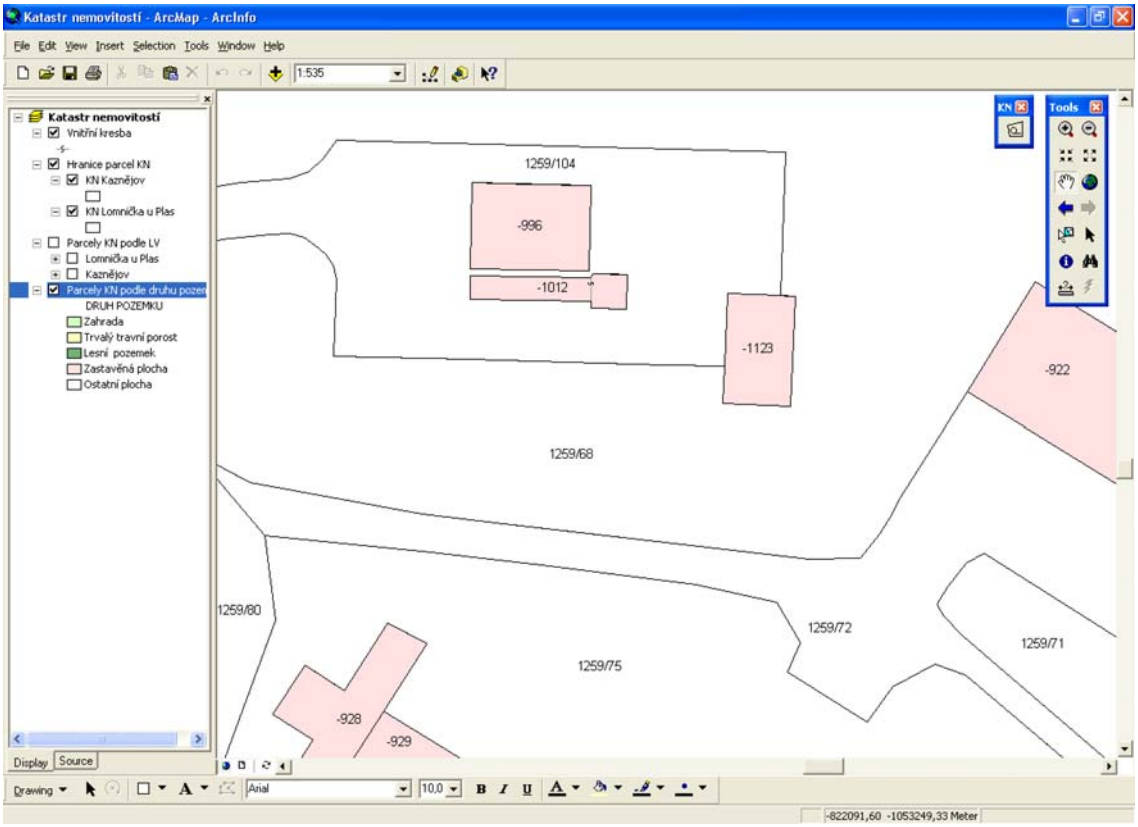
Mapová kompozice základní důlní mapy, která je jednou z nejdůležitějších částí důlně měřické dokumentace. Kompozice je vytvořena podle požadavků vyhlášky [FIL97]. Ukázka je zobrazena na obr. 5.7.



Obrázek 5.7: Pilotní projekt - Základní důlní mapa.

Katastr nemovitostí.mxd

Mapa katastru nemovitostí (viz. obr. 5.8). V projektu je vrstva parcel katastru nemovitostí tématicky zobrazena třemi různými způsoby. Nejprve jsou zobrazeny pouze hranice parcel s parcelními čísly. V další vrstvě jsou parcely tématicky zobrazeny (vybarveny) podle druhů pozemků. Třetí vrstva tématicky odpovídá listům vlastnictví, na kterých jsou parcely zapsány.



Obrázek 5.8: Pilotní projekt – Mapa katastru nemovitostí.

Mapa povrchu.mxd

Ukázka mapové kompozice mapy povrchu, která je další součástí důlně měřické dokumentace. Kompozice je vytvořena podle požadavků vyhlášky [FIL97].

S ohodnocenými vrstvami, ze kterých byly vytvořeny mapové kompozice, mohou uživatelé pracovat samostatně. Pomocí nich lze poskládat různé druhy map. Ohodnocené vrstvy jsou umístěny na CD-R[1] (příloha č.3). Vytvořené konkrétní mapové vrstvy zde nebudeme uvádět. Jejich popis je proveden formou metadat k jednotlivým ohodnoceným vrstvám, které je možné prohlížet např. pomocí *ArcCatalog*.

Ohodnocené mapové vrstvy mají nastavené relativní cesty ke zdrojovým datům (geodatabázi), a proto je nutné zachovat adresářovou strukturu vytvořenou na CD-R jako v případě projektů mapových kompozic viz. výše.

[1] Místo jejich uložení na CD-R naleznete pomocí souboru *main.htm* a odkazem na soubor *pilotni projekt.htm*.

Před vytvářením ohodnocených vrstev a mapových kompozic bylo nutné do *ArcGIS* doplnit potřebné mapové značky, typy čar a výplně ploch. Pro tvorbu jednoduchých mapových značek byly využity stávající mapové značky *ArcGIS*. Některé mapové značky byly z důvodu kvality při zobrazování na monitoru vytvořeny jako písma operačního systému Windows (písma TrueType) pomocí programu *Font Creator Program 4.1* [FCP4]. Před prvním použitím pilotního projektu je proto nutné nainstalovat písmo do operačního systému Windows (viz. CD-R soubor *main.htm* a dále *pilotni projekt.htm*). Pro tvorbu různých typů čar a výplní ploch byly využity standardní knihovny v ArcGIS.

5.5.4 Metadata

Aplikace *ArcCatalog* umožňuje vytvářet metadata k datům podle normy ISO. Jejich přesné vyplnění je u fyzického datového modelu časově velice náročné a ve fázi pilotního projektu, který má sloužit jako ukázka, to není zapotřebí důkladně provádět. Nicméně některá data mohou být využita v budoucnosti a je vhodné je popsat. Proto byla vytvořena metadata k jednotlivým ohodnoceným vrstvám, která vždy představují určitou tématickou část geodat[1] v geodatabázi. Metadata ke konkrétním geodatům (geoprvků a datům v tabulkách) jsou pak stejná jako metadata k dané mapové vrstvě ve které jsou obsažena[2]. Metadata byla vyplněna i u projektů mapových kompozic.

5.5.5 Úprava uživatelského prostředí klienta GIS

Ve vytvořených projektech GIS je možné pro práci s geodaty využívat standardní implementované funkce silných klientů *ArcGIS*. Jejich používání je tedy otázkou, do jaké míry uživatel prostředí zná a ovládá. Usnadnit práci může instalace české lokalizace programu, která je k dispozici na internetových stránkách [URB04].

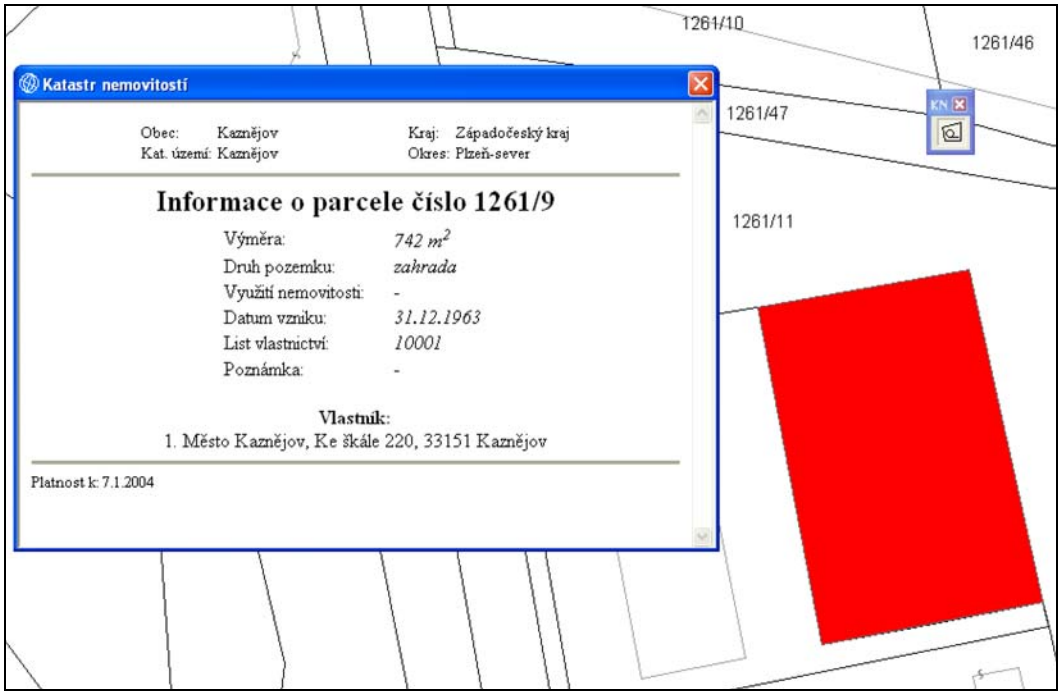
Při vyhledávání informací o objektech, které jsou v geodatabázi v relacích (vazbách), je nutné využívat standardní identifikační nástroj. Ve výpisech ovšem nemusejí být informace přehledné. Proto je nutné pro dotazy, které se budou provádět častěji, vytvořit samostatné dotazovací nástroje s přehledným výpisem informací.

Z časových důvodů se doposud podařilo vytvořit jeden dotazovací nástroj, který po interaktivním dotazu (kliknutím myši) na konkrétní parcelu katastru nemovitostí vypisuje údaje o parcele (viz. obr. 5.9). Nástroj (komponenta) byl naprogramován ve vývojovém prostředí *Microsoft Visual Basic 6.0*[3] a je umístěn na CD-R společně se zdrojovými kódy (viz. soubor *pilotni projekt.htm*). Používání komponenty v prostředí *ArcGIS* je stejné jako používání standardního identifikačního nástroje. Při programování komponenty byla využívána knihovna *ArcObjects* (viz. např. [ESCH01]).

[1] Budovy, komunikace, inženýrská vedení apod.

[2] Stejná jsou: práva k datům, možnosti použití dat a datum vytvoření nebo publikování dat.

[3] Jedná se o dynamickou knihovnu naprogramovanou komponentní technologií COM.



Obrázek 5.9: Pilotní projekt – výpis údajů katastru nemovitostí.

5.5.6 Testování

Testování pilotního projektu má odhalit nedostatky v návrhu GIS. Už při samotném vytváření pilotního projektu, především při naplňování geodatabáze, docházelo ke změnám v návrhu logického datového modelu. Změny se týkaly převážně doplňování dalších atributových sloupců ve třídách geoprvků nebo v tabulkách[1].

Po naplnění geodatabáze, vytvoření mapových vrstev a jednoduché úpravě uživatelského prostředí může být pilotní projekt předveden u uživatelů. To bude jedna z dalších navazujících fází projektu, která v současné době není realizována. První poznatky z pilotního projektu, které byly získány při vytváření mapových kompozic a vrstev, mohu konstatovat už nyní.

I když se v dokumentaci k použitému prostředku *ArcGIS* uvádějí dnes již celkem běžné konfigurace HW pro jeho správnou funkčnost[2], nebyla práce s vektorovými daty v *ArcMap* na dobře vybaveném počítači[3] nikterak rychlá. Pokud je v *ArcMap* otevřeno málo mapových vrstev s malým počtem geoprvků v řádu desítek, program pracuje rychle a práce je příjemná. Jestliže otevřeme v programu větší počet mapových vrstev s více geoprvky, kterých je např. v mapové kompozici *Základní mapa závodu.mxd* přibližně 12 000, odezva ArcMap je podstatně delší a občas se stane, že program „spadne“. Tento nedostatek je pravděpodobně způsoben samotným systémem *ArcGIS*.

[1] Např. sloupců s textem, který se má vypisovat na geoprvku v mapě, nebo u geoprvků reprezentovaných bodem sloupců s číselnou hodnotou, která představovala natočení mapové značky.

[2] Např. pro úroveň *ArcView 8.3* na platformě Windows XP Professional se doporučuje procesor Pentium 800 MHz a operační paměť 256 MB RAM (viz. [VIE03]).

[3] Počítač s procesorem procesor AMD Athlon 2000+ XP a operační pamětí 512 MB RAM.

Na druhou stranu je odezva *ArcMap* při práci s rastrovými daty, která jsou náročná na paměť počítače, skoro stejná jako při práci s větším množstvím vektorových geodat. To je způsobeno kvalitním algoritmem systému *ArcGIS* pro kompresi rastrových dat, který omezuje velikost dat, a zároveň vytváří pohledovou pyramidu, která urychluje prohlížení rastrových dat [VOK03].

Jedním z vylepšení celého systému je bezesporu doplnění silných klientů dalšími uživatelskými nástroji pro práci s geodaty. Naprogramovaná komponenta pro získávání informací o parcelách katastru nemovitostí je jednou z možných rozšíření systému. Nelze předpokládat, že uživatelé silných klientů budou velice dobře program ovládat a navíc budou znát datový model geodatabáze tak, aby mohli získávat informace pomocí všech relací v datovém modelu.

5.5.7 Další možné činnosti v rámci pilotního projektu

Dalším možným rozšířením této diplomové práce může být testování pilotního projektu v organizaci, které bude probíhat ve dvou různých odděleních. Tato oddělení se zabývají správou nemovitého majetku a správou důlně měřické dokumentace. Jejich poznatky, zkušenosti a návrhy na zlepšení pak budou velice důležité pro další eventuální využití této práce v praxi.

6 Závěr

Rekapitulace dosažených výsledků diplomové práce:

- *Byl vytvořen popis obecného postupu při implementaci GIS v důlním průmyslu.*
- *Na základě teoretických poznatků byl rámcově proveden návrh GIS v organizaci zabývající se povrchovým dobýváním nerostů.*
- *Při návrhu GIS byl vytvořen logický datový model geodatabáze, který odpovídá standardům na poli GIS.*
- *Na základě výsledků z teoretické fáze a rámcového návrhu GIS byl vytvořen pilotní projekt GIS pro organizaci zabývající se povrchovým dobýváním nerostů.*

Při návrhu a tvorbě pilotního projektu GIS byly získány některé praktické zkušenosti a osobní poznatky. Nejdůležitější z nich jsou shrnuty a stručně popsány v následujících bodech.

- *Problémy s odhadem časové náročnosti úkolů*

  Časová náročnost některých činností byla odhadována příliš optimisticky, než se ukázalo při jejich provádění. Jednalo se především o přípravu geodat a návrh geodatabáze.

- *Kvalita geodat*

  Při přípravě geodat pro pilotní projekt se často projevovala jejich nevhodná strukturace. To velice ztěžovalo přípravu geodat pro GIS a obecně to může činit i problém s jejich další využitelností. Z toho pohledu je pro GIS nutné strukturu vstupních geodat jasně definovat a vyžadovat ji od dodavatelů.

- *Vytváření relací v geodatabázi*

  V pilotním projektu se osvědčila myšlenka nevytvářet databázové vazby mezi třídami geoprvků, které nebudou uživateli často využívány. Ty bývají náročné na údržbu, jejich užitek je minimální a ve většině případů je lze „nahradit“ prostorovými dotazy.

- *Údržba logického datového modelu*

  V průběhu návrhu GIS a při tvorbě pilotního projektu se ukázalo jako velice užitečné neustále promítat všechny změny ve způsobu uložení geodat[1] do logického datového modelu geodatabáze. Není vhodné brát jeho údržbu na lehkou váhu. Modelování reality se tak stalo mnohem přehlednější a jednodušší.

- *Platforma ArcGIS*

  Překvapením byla poměrně dlouhá odezva vybraného software *ArcGIS (resp. ArcMap)* při práci s mapou, která obsahovala velké množství vektorových geodat. Na druhou stranu bylo snadné *ArcMap* doplnit o nový uživatelský

[1] Především změny prováděné ve fyzickém datovém modelu, který se vytvářel při pilotním projektu.

nástroj[1], který bylo nutné naprogramovat a k jehož tvorbě bylo využito všech výhod dobře vytvořené knihovny *ArcObjects*.

Návrh GIS není jednoduchou činností. K jeho vytvoření je zapotřebí znalostí z mnoha oborů, počínaje technickými a konče socioekonomickými. Při návrhu a samotné implementaci GIS je v současné době stále více zapotřebí tým lidí, kteří se specializují na konkrétní oblast. Je téměř nemožné, aby jeden, byť velice vzdělaný člověk, znal a uměl provádět všechny činnosti, které jsou při implementaci GIS zapotřebí. Na druhou stranu při řízení projektu GIS je nutné mít rámcový přehled o dění v mnoha oborech a člověk musí být schopen problémy spíše rámcově analyzovat, nežli je přímo konkrétně technicky řešit.

Při návrhu celého GIS a nebo jeho jednotlivých částí je nutné využívat princip analogie. V dostupných zdrojích se mi nepodařilo najít univerzální návod pro návrh GIS, ovšem téměř všechny dílčí kroky návrhu jsou podobné (analogické) jiným činnostem převážně z technických oborů.

Jedním z obecných poznatků mojí práce je potvrzení trendu vývoje uplatnění GIS ve společnosti. Od dřívějších uplatnění systémů jako nástroje pro tvorbu map, analýzu problémů nebo databázového systému začíná v dnešní době GIS sloužit i jako integrující prostředek pro více systémů. Musí také být ale zároveň schopen integrace do stávajícího systému organizace. Volba konkrétní platformy (resp. její otevřenost) musí tyto požadavky nutně podporovat.

Největším problémem pro mě byl samotný počátek návrhu GIS, kdy nebylo jasné, kterou činností začít. Až nastudováním postupu návrhu IS a uplatněním principu analogie bylo zřejmé, že na úplném počátku stojí především *jasná definice cílů*, ze kterých jsou pak odvozeny další činnosti.

Po prvních praktických zkušenostech je zcela zřejmé, že úspěch implementace GIS nejvíce závisí na koncových uživatelích. Jejich zaškolení, motivace a přesvědčování o účelnosti zavádění GIS je nesmírně důležitou součástí návrhu systému. I z praxe je potvrzována skutečnost, že neúspěch např. při zavádění IS většinou není způsoben technickými překážkami, ale především chybně stanovenými cíli, které nejvíce ovlivňují uživatelé. Lidský faktor proto bude hrát vždy důležitou roli i při implementaci GIS.

[1] Nástroj pro identifikaci parcel KN.

Literatura

[ARC03] ARCTUR, David. ZEILER, Michael. *Geodatabase Case Studies: Geodatabase design concepts*. Redlands (California): ESRI, c2003, 31s.

[ATL] *Atlas software – TĚŽBA* [online]. c2001-04, [cit. 2004-05-05]. <http://www.atlasltd.cz/softwcz/index.html>.

[BUS03] *Business World: magazín nové ekonomiky*. Č. 10 (říjen 2003). Praha: IDG Czech, 2003. Vychází měsíčně. ISSN 1213-1709.

[CEN] *CEN* [online]. c2004, poslední revize 13.5.2004 [cit. 2004-05-21]. <http://www.cenorm.be/cenorm/index.htm>.

[ČAD99] ČADA, Václav. *Obnova katastrálního operátu v lokalitách souřadnicových systémů stabilního katastru*. Geodetický a kartografický obzor. 1999, 45(87), č. 6, s. 122-135.

[ČSN06] ČSN P ENV 12160 (97 9806). *Geografická informace - Popis dat - prostorové schéma*. 1998.

[ČSN10] ČSN 01 3410. *Mapy velkých měřítek – Základní a účelové mapy*. 1991.

[ČSN11] ČSN 01 3411. *Mapy velkých měřítek – Kreslení a značky*. 1991.

[DON] MacDONALD, Andrew. *Building a Geodatabase*. Redlands (California): Environmental Systems Research Institute, Inc, c1999-2001, 481s.

[ESCH01] Van ESCH, Steve. *Welcome to ArcObjects Online* [online]. Vytvořeno 23.3.2001, [cit. 2004-03-24], <http://arcobjectsonline.esri.com/>.

[FCP4] *Font Creator Program* [počítačový program]. Ver. 4.1. c1997 – 2003 High-Logic, 2003, [cit. 2004-04-01]. Dostupné z URL <http:// www.high-logic.com>. Demo verze na 30 dnů.

[FIL97] FILIPEC, Vladislav. *BÁŇSKÉ PŘEDPISY XII*. 1. vyd. Ostrava: MONTANEX, 1997. 173 s. ISBN 80-85780-88-7. Úplné komentované znění vyhlášky č. 435/1992 Sb. ze dne 13. května 1992 o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem.

[GD2] CARMICHAEL, Richie. *Geodatabase Designer 2* [počítačový program]. Ver. 2.0. ESRI Redlands (California): Applications Prototype Lab, 2004 [cit. 2004-04-01]. Dostupné z URL <http://arcscripts.esri.com/ details.asp?dbid=12732>. Nadstavba ArcGIS 8.3 Desktop.

[GIS04] *ArcGIS* [online]. poslední revize 21.5.2004 [cit. 2004-05-21]., <http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>.

[ISK03] SANDOVAH. *Struktura výměnného formátu informačního systému katastru nemovitostí* [online]. Verze 8.0. 3.11.2003 [cit. 2004-05-05]. <http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?TYPPRAC=CUZK&PRARESKOD=0&MENUID=10283&AKCE=DOC:20-VF_ISKNTEXT>

[ISO] *ISO - International Organization for Standardization* [online]. [cit. 2004-05-21]. <http://www.iso.org/iso/en/ISOOnline.frontpage>.

[JED02] JEDLIČKA, Karel. *Úvod do GIS - přednáškové texty* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2002, [cit. 2004-05-05]. <http://hobbes.fav.zcu.cz/gis/>.

[KRA03] BRADÁČ, J. a spol. *Geografický informační systém krajů: Typová studie* [online]. Hradec Králové: T-MAPY, c2003, [cit. 2004-05-04]. <http://www.kr-plzensky.cz>. 157 s.

[KRA98] KRÁL, Jaroslav. *Informační systémy: Specifikace, realizace, provoz*. 1 vyd. Veletiny: SCIENC, 1998. 360 s. ISBN 80-86083-00-4.

[MAN00] MANDRLA, Vladimír. *DULVRT - geografický informační systém důlních vrtů* [online]. 2000, [cit. 2004-05-05]. <http://gis.vsb.cz/Publikace/Sborniky/GIS_Ova/gis_ova_2000/sbornik/Mandrla/Referat.htm>.

[OGC] *Open GIS Consortium, Inc. (OGC)* [online]. c1994 – 2004, [cit. 2004-05-21]. <http://www.opengis.org/>.

[RAP02] RAPANT, Petr. *Pracovní návrh první části terminologického slovníku ČAGI – Příloha č.1.* 2002. 21 s.

[SLA99] SLABOCH, Václav. *MGID ´99* [online]. poslední revize 11.12.1999 [cit. 2004-1-4]. <http://www.zememeric.cz/csgk/mgid/str_8.htm>.

[SUP04] *Software Gateway - ESRI Support* [online]. c2004, [cit. 2004-05-04]., <http://support.esri.com/index.cfm?fa=software.gateway>.

[TUC98] TUČEK, Ján. *Geografické informační systémy: Principy a praxe*. 1 vyd. Praha: Computer Press, 1998. 424 s. ISBN 80-7226-091-X.

[URB04] URBAN, Petr a spol. *Geografické informační systémy - ARCDATA – Download* [online]. c1992 – 2003, poslední revize 19.5.2004 [cit. 2004-05-21]. <http://www.arcdata.cz/support/download>.

[V104] Vyhláška č. 104/1988 Sb., ze dne 20. května 1988 o hospodárném využívání výhradních ložisek, o povolování a ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem.

[V497] Vyhláška č. 497/1992 Sb., ze dne 2 prosince 1992 o evidenci zásob výhradních ložisek nerostů.

[VIE03] CHRISTENSEN, Kelly. *ArcView* [online]. c2003, poslední revize 10.5.2004 [cit. 2004-05-16]., <http://www.esri.com/software/arcgis/arcview/index.html>.

[VOK03] VOKOUNOVÁ. L. *Návrh struktury datového modelu pro správu elektrických distribučních sítí ZČE v GIS analýzou mezinárodního datového modelu ArcFM*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd. Katedra matematiky, 2003. 152 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Karel Jedlička.

[VRU02] VRUBEL, Martin. *Využití Geografického informačního systému v podmínkách hnědouhelného lomu* [online]. 2002, [cit. 2004-05-05]. <http://gis.vsb.cz/Publikace/Sborniky/GIS_Ova/GIS_Ova_2002/Sbornik/Referaty/vrubel.htm>.

[VUG04] *Terminologický slovník zem. a KN na Internetu* [online]. cVÚGTK 1997 – 2003, [cit. 2004-05-20]. <http://www.vugtk.cz/termkom/termsl.html>.

[Z44] Zákon č. 44/1988 Sb., ze dne 19. dubna 1988 o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon).

[Z66] Zákon č. 66/1988 Sb., ze dne 21. dubna 1988 o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě.

[ZEI99] ZEILER, Michael. *Modelling Our World: The ESRI Guide to Geodatabase Design*. Redlands (California): Environmental Systems Research Institute, Inc, c1999, 199s. ISBN 1-879102-62-5.

Vlastnictví dat a použitý HW a SW

K tvorbě diplomové práce bylo využito zařízení (software a hardware) *Západočeské univerzity v Plzni, Fakulty aplikovaných věd* a se svolením zařízení firmy *Georeal spol. s r.o*.

Vlastnictví dat použitých pro účely této práce

- *Lasselsberger a.s.*
- *Georeal spol. s r.o., Plzeň*
- *Katastrální úřad pro Plzeňský kraj, Katastrální pracoviště Kralovice*

Data geodatabáze pilotního projektu na CD-R, která vznikla úpravou a převodem dat společnosti *Lasselsberger a.s.* a *Katastrálního úřadu pro Plzeňský kraj, Katastrálního pracoviště Kralovice* nesmějí být volně šířena bez jejich souhlasu. Ostatní data mohou sloužit výhradně pro studentské účely.

Při práci bylo využíváno následující SW a HW zařízení:

HW

- počítač s procesorem AMD Athlon 2000+ XP a 512MB RAM
- plotr DesignJet 5000 a tiskárna LaserJetVI (Hewlet Packard) – tiskové výstupy

SW

- *ArcGIS 8.3* (ESRI) – tvorba pilotního projektu
- *MicroStation J* (Bentley) – příprava geodat pro pilotní projekt
- *Kokeš 5.63* – příprava dat katastru nemovitostí
- *Microsoft Visual Basic 6.0* – vývoj dynamické knihovny (COM)
- kancelářský software *Microsoft Office 2002*

Ochranné známky

ESRI a *ArcView* jsou obchodní značky firmy ESRI, registrované ve Spojených státech amerických a některých dalších zemích; registrace v EU je projednávána. *ArcMap, ArcInfo, ArcEditor, ArcGIS, ArcCatalog* a *ArcObjects* jsou obchodní značky firmy ESRI a Geography Network.

Jména ostatních firem a produktů uvedená v publikaci jsou (registrované) obchodní značky příslušných vlastníků.

Seznam příloh

1. **Jednoduchý konceptuální datový model geodatabáze**
2. **Logický datový model geodatabáze**
3. **CD-R se zdrojovými soubory a pilotním projektem**