

Doc. Dr. Ing. Zdeněk Neustupa - VŠB TU Ostrava, HGF, Institut ekonomiky a systémů řízení, Ostrava - Poruba

Řízení obnovy krajiny postižené těžbou s použitím informačních technologií a vizualizace

Přijato: 20. 8. 2007, recenzováno: 7. 9. 2007

Článek popisuje využití informačních technologií pro shromáždění, zpracování a následné použití informací při obnově krajiny postižené těžbou. Na základě rozboru nutných informací je navržena struktura informačního systému, vstupních a výstupních dat včetně formátů.

V další části popisuje možnosti průmětu navržených alternativ do modelů strategie péče a využití krajiny. Problémy modelování krajiny řešíme kromě užití obecných matematických postupů především užitím technologií geografického informačního systému. GIS umožní orientaci ve shromažďovaných údajích o stavu krajiny, přemísťování a ukládání materiálu, hydrogeologických a ekologických vztazích.

Propojením s modely těchto procesů je umožněna analýza shromážděných výsledků modelování, vytvoření digitálních modelů terénu a jejich prezentace v třírozměrném prostoru včetně tvorby virtuální scény.

Management der Wiederherstellung der Bergbaufolgelandschaft unter der Nutzung von Informationstechnologien und der Visualisierung

Der Artikel beschreibt die Nutzung von Informationstechnologien für die Zusammenfassung, Verarbeitung und anschließende Nutzung von Informationen bei der Wiederherstellung der Bergbaufolgelandschaft. Auf der Grundlage der Analyse notwendiger Informationen wird Struktur des Informationssystems, Input- und Outputdaten einschl. des Formats entworfen.

Im weiteren Teil werden Möglichkeiten der Projektion der vorgeschlagenen Alternativen in Modelle der Strategie für die Landschaftspflege und -nutzung beschrieben. Fragen der Modellierung der Landschaft werden neben der Nutzung allgemeiner mathematischer Verfahren vorzugsweise durch Nutzung von Verfahren des geographischen Informationssystems gelöst. GIS ermöglicht die Orientierung in den zusammengefassten Daten von dem Landschaftszustand, der Bewegung und Verkipfung des Materials, den hydrogeologischen und ökologischen Beziehungen.

Durch die Verbindung mit Modellen dieser Prozesse wird Analyse der zusammengefassten Ergebnisse der Modellierung, Bildung der digitalen Modelle des Terrains und ihre Darstellung im dreidimensionalen Raum ermöglicht, einschl. der Bildung einer virtuellen Szene.

Regeneration Management of Landscape Affected with Mining Using Information Technologies and Visualization

The article describes the use of information technologies to collect, process and consecutive use of information in the regeneration of landscape affected with mining. Based on the analysis of necessary information a structure of the information system, input and output data including formats have been designed.

The following part describes the possibilities of a projection into the landscape care and use strategy models. The issues of landscape modelling are solved apart from general mathematic procedures mostly using technologies of geographic information system. GIS enables the orientation in the collected data about the landscape status, material dislocation and deposition, hydrogeological and ecological relations.

An interface with the models of these processes enables the analysis of the collected results of modelling, creating digital models of land and their presentation in three dimensional formats including the creation of a virtual scene.

Úvod

Využití informačních a modelovacích technologií pro tvorbu krajiny při a po hornické činnosti je dlouhodobě součástí výzkumných aktivit Institutu ekonomiky a systémů řízení,

HGF, VŠB-TU Ostrava. Problematika byla postupně řešena v jednotlivých projektech. V článku jsem se zaměřil na návrh koncepce informačního systému určeného pro řízení

obnovy krajiny postižené povrchovou těžbou uhlí.

Cílem popisovaných projektů, byl návrh grafického informačního systému pro podporu tvorby krajiny při a po hornické činnosti. Úkolem takového systému je řešení následující problematiky:

- struktura krajiny, její modifikace během hornické činnosti a po ní;
- účelné využití prostorů, které zůstanou po hornické činnosti;
- využití materiálů a surovin deponovaných na výsypkách a odvalech;
- řízení přemísťování velkých objemů materiálů a technologií;
- sledování a modelování biologické rekultivace;
- modelování ekologických hledisek;
- modelování krajiny;
- vizualizace výsledných řešení.

Na základě podrobné analýzy obnovy krajiny a rozboru jednotlivých využívaných postupů je proveden návrh koncepce sběru dat včetně potřebných atributů, uchování a údržby potřebných dat a hlavně metodiky jejich využití pro řešení dané problematiky [1]. Dalším krokem byl výběr a tvorba metod pro řešení výše uvedených problémů a začlenění postupů do jednotného systému.

Vzhledem ke zvyšujícím se požadavkům a potřebám člověka, souvisejícími s technickým rozvojem v minulém století, zasahujícím do všech oblastí lidského zájmu, narůstaly a narůstají nároky na těžbu nerostného bohatství, jejichž vedlejším účinkem jsou negativní dopady na krajinu, přírodu a veškerý život v ní. Vlivem povrchového dobývání nerostných surovin dochází k částečné nebo úplné změně reliéfu krajiny a všech jejích složek, tím se zcela mění i krajinné funkce a hodnoty.

V návrhu metodik a postupů jsem se zaměřil obecně na problematiku uhelného lomu v severočeské hnědouhelné pánvi, jako reprezentanta největších zásahů do krajiny.

Podle zákona 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) v platném znění: „...organizace je povinna zajistit sanaci, která obsahuje i rekultivace podle zvláštních zákonů, všech pozemků dotčených těžbou. Sanace pozemků uvolněných v průběhu dobývání se provádí podle plánu otvírky,

přípravy a dobývání. Za sanaci se považuje odstranění škod na krajině komplexní úpravou území a územních struktur“.

K tomu je nutné dle zákona 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu v platném znění: „...po ukončení povolení nezemědělské činnosti neprodleně provést takovou terénní úpravu, aby dotčená půda mohla být rekultivována a byla způsobilá k plnění dalších funkcí v krajině podle schváleného plánu rekultivace“, a zajistit dle zákona 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny v platném znění: „...obnovou a vytvářením nových přírodně hodnotných ekosystémů, například při rekultivacích a jiných velkých změnách ve struktuře a využívání krajiny“.

Zákonné povinnosti po ukončení těžební činnosti jsou naplněny uvedením krajiny do stavu funkčně využitelného. Tento stav má odpovídat dnešním požadavkům na funkční využití krajiny, včetně segmentů, zabezpečujících stabilitu krajiny, na návratové trendy, kterými bude proces obnovy krajiny směřovat do ustáleného režimu - klimaxu, spočívajícím v dynamické rovnováze všech složek živých i neživých tak, aby byl zachován princip trvale udržitelného rozvoje.

Vytváření systému modelování krajiny musí odpovídat trendu nasazení informačních systémů v organizacích, do jejichž kompetence spadají i problémy správy území, územního plánování, ekologie, těžby a zpracování nerostných surovin (vč. např. průzkumné či projektové činnosti). Východiskem pro navrhování systému je pak důkladná analýza stávajících informačních systémů v uvedených organizacích, rozsah a způsob nasazení výpočetní techniky a především datové modely a databázové implementace v těchto organizacích. Vycházím přitom z faktu, že data jsou nejcennější a současně nejstabilnější složkou každého informačního systému. V případě geografických informačních systémů cena dat tvoří až 90 % ceny GIS, a přitom životnost dat je možné podle jejich charakteru odhadnout na léta a desítky let, na rozdíl od životnosti hardwaru (morální zastarání cca 2 roky), a především životnosti softwaru a vytvořeného softwarového řešení.

Funkce systému a jeho výstupy musí splňovat základní požadavky dané platnými zákony a dalšími legislativními opatřeními. Řada požadavků vyplývá také z potřeb organizací při sanaci krajiny po těžbě.

Problematika požadavků je shrnuta v technickém projektu likvidace lomu. Komplexní systém by pak měl být vlastně systémem expertním, který by realizoval všechny požadavky a nabízel řešení.

Nejdříve jsem na základě analýzy metod a postupů při obnově krajiny vymezil podmínky a stanovil metodiku vytváření systému a získávání dat. Dále je proveden rozbor a výběr programových prostředků. Na základě výběru prostředků je proveden návrh vlastního systému a struktury dat výstupních sestav. V závěru popisují provedení zpracování povrchu, úpravy krajiny a zpracování modelu včetně vizualizace.

Postup vytvoření systému

Systém v mém pojetí je aplikace informační technologie, která slouží k ukládání, správě, analýze a prezentaci prostorových dat a informací a souvisejících popisných dat. Součástí této technologie jsou základní komponenty:

- data (prostorová a popisná);
- programové prostředky (pro vstup, uložení, analýzu, prezentaci dat);
- technické prostředky (počítače, periferní zařízení, komunikační prostředky).

Postup při návrhu systému je možno shrnout do následujících bodů:

- stanovení požadavků na funkci systému;
- analýza procesu obnovy krajiny;
- stanovení výstupů systému;
- rozbor vstupních dat a stanovení metodiky jejich získání;
- nalezení programového prostředku;
- návrh datové struktury systému a využití dat;
- realizace systému;
- ověření funkce.

Výsledkem je ověřený postup vytváření systémů pro řízení obnovy krajiny.

Při zpracování projektové dokumentace plánu rekultivace řešeného území je vhodné vytvořit digitální model terénu a vytvořit virtuální návrh modelu využití území s následnou vizualizací. Modelováním lze vytvořit několik variant virtuálních řešení. Na virtuálních řešeních se dají odhalit případné problémy a nesrovnalosti ještě před vznikem konečné podoby projektu pro vlastní realizaci navržené rekultivace, a tím předejít k nepředvídaným

finančním nákladům spojeným s časovým posunem ukončení rekultivace.

Pro řešení problému návrhu rekultivace a jejího posouzení na výpočetní technice jsou dnes již vytvořeny takové podmínky, že tento problém je řešitelný v kolektivu odborných pracovníků vybavených cenově dostupným výkonným hardwarem a softwarem zaměřeným na oblast zpracování dat a jejich zobrazení. Týká se to především softwaru zaměřeného na digitalizaci terénu, modelování a vizualizaci v 3D prostorové počítačové grafice. Pro zpracování digitálního modelu terénu se dají využít geodetická data naměřených bodů zpracovaná digitálně a získaná různými postupy. Dají se tedy použít i data vytvořená pro potřeby geografických informačních systémů (GIS), mající rozsáhlou informační strukturu, která se může skládat i z několika vrstev. Jsme v nich schopni zaznamenat velké množství informací různého charakteru. Tyto programy však neumožňují vytvářet modely k co nejvěrnějšímu zobrazení. Jejich úkolem je poskytovat co největší množství přesných informací. Většina z nich sice dokáže své informace prezentovat i graficky, ale většinou jen ve 2D grafice formou různých map a ty, které jsou schopné vytvořit i 3D modely krajiny, mají pro toto zobrazování jen velmi omezené nástroje, takže výsledná vizualizace se ke skutečné krajině jen blíží. Například, máme-li v terénu umístěnu budovu, její zobrazení je jen schématické a ne příliš realistické, ale jsme schopni o této stavbě zjistit řadu různých informací, jako komu budova patří, kdy byla postavena apod.

Návrh systému

V pracích [1] [2] jsem provedl podrobný rozbor a popsal jednotlivé metody a východiska pro vytvoření informačního zabezpečení uzavření lomu a následné obnovy krajiny. Stanovil jsem nutnou dokumentaci, informace potřebné pro realizaci, včetně zdrojů a dat a jejich způsobu získání. Dále jsem provedl průzkum možných programových prostředků a popsal lokalitu, kterou jsem využil pro ověření řešení projektu informačního systému a modelování krajiny.

Na základě takto získaných poznatků jsem provedl popis vlastního řešení v následujících krocích:

- výběr programového zabezpečení;
- návrh datové struktury;
- příklady praktického řešení;
- vytvoření modelu krajiny.

Řešení podstatných bodů popisují v následujících částech článku.

Vyhodnocení programových systémů

Na základě podrobné analýzy a možností byly vybrány dva přístupy pro realizaci projektu systému, využití „hornických plánovacích systémů“ a aplikace programových systémů GIS.

Z provedených rozborů programových prostředků byly pro projekt vyhodnoceny jako nejvhodnější hornické plánovací systémy Minescape, SMIG a SURPAC. Ostatní systémy nevyhovovaly svou uzavřeností a především nemají možnost propojení na databáze.

Z programových systémů pro GIS nejlépe vyhověly produkty firmy ESRI ARCGIS Desktop a ARCVIEW GIS. Tyto systémy nemají přímo vybavení pro hornické plánování, ale spolu s nadstavbami pro práci s 3D strukturami 3D Analyst a Spatial Analyst poskytují možnost výstavby systému v plném rozsahu. Hlavní výhodou je pak možnost vytvoření distribuované databáze a geodatabáze (ARCGIS).

Datová struktura

Systém zahrnuje řadu činností zaměřených na projektování a modelování postiženého území s využitím informací o jednotlivých složkách krajiny, geologie, hydrogeologie, biologie a životního prostředí. Vzhledem k velkému množství typů sledovaných veličin a jejich vztahů je pro dobrou činnost systému nutné provést kvalitní informační přípravu [1], [2]. Jejím úkolem je výběr vhodného robustního datového modelu. Datový model zabezpečuje základní požadavky na kvalitní a efektivní správu dat potřebných a především využívaných při realizaci obnovy krajiny. K těmto základním požadavkům patří:

- ochrana dat;
- zabezpečení přístupu k datům pro jednotlivé pracovníky, řešící dílčí úkoly včetně víceuživatelského současného přístupu;

- omezení redundance dat;
- zajištění integrity dat;
- zabezpečení konzistence dat;
- transparentnost způsobu uložení dat.

Většina dat má prostorový charakter, proto je třeba předpokládat použití vhodného informačního systému. Datový model pokrývá obě základní složky popisu dat, tj. tematickou (atributovou) i grafickou. Navržený datový model je navržen s uložením grafických dat vně databázový systém. Spojujícím prvkem jsou vazby ID geografických objektů k záznamům v databázi.

Skutečné provedení databáze integrované nebo distribuované je pro systém modelování krajiny pak závislé na použitém prostředí.

Z vytvořeného datového modelu vychází výstavba databáze, ať již integrované, nebo vhodným způsobem distribuované. Společně s připravenou funkční koncepcí nebo funkčním modelem zabezpečí vznik informačního systému o sledovaném území.

Systém se skládá ze základních skupin v jednom projektu, které zajišťují provedení dílčích funkcí systému. Jednotlivé skupiny jsou vymezeny pro získání celkového přehledu, jednotlivé vrstvy ale v řadě případů mohou být řazeny k více skupinám. Při popisu vycházím z prací [4], [5], kde jsme problematiku návrhu datových struktur podrobně zpracovali.

Datový model je navržen jako vrstvý s ohledem na snadnost jeho používání a pravděpodobné zdroje dat.

Hlavním cílem tohoto modelu je vymezit potřebné skupiny dat, omezit duplicity pořizování dat a zajistit logickou konzistenci dat sjednocením datových zdrojů a jejich aspektů kvality - především polohové přesnosti a aktuálnosti. Následně k tomu přistupuje i optimalizace datových struktur z hlediska jejich ukládání a především zpracování.

Jednotlivé vrstvy umožňují propojení atributů objektů na základě ID (identifikačního čísla) objektů a spolupráci nad společnou částí báze dat. Další interakce je možná na základě provázání jednotlivých tematicky orientovaných částí databáze jednotným systémem identifikátorů, tím je dána možnost předávání informací jednotlivých vrstev v skupinách jednoho projektu.

Skupiny, vrstvy a atributy jsou navrženy na základě rozboru metod a postupů uzavření lomu, informacemi pro stanovení vlastností

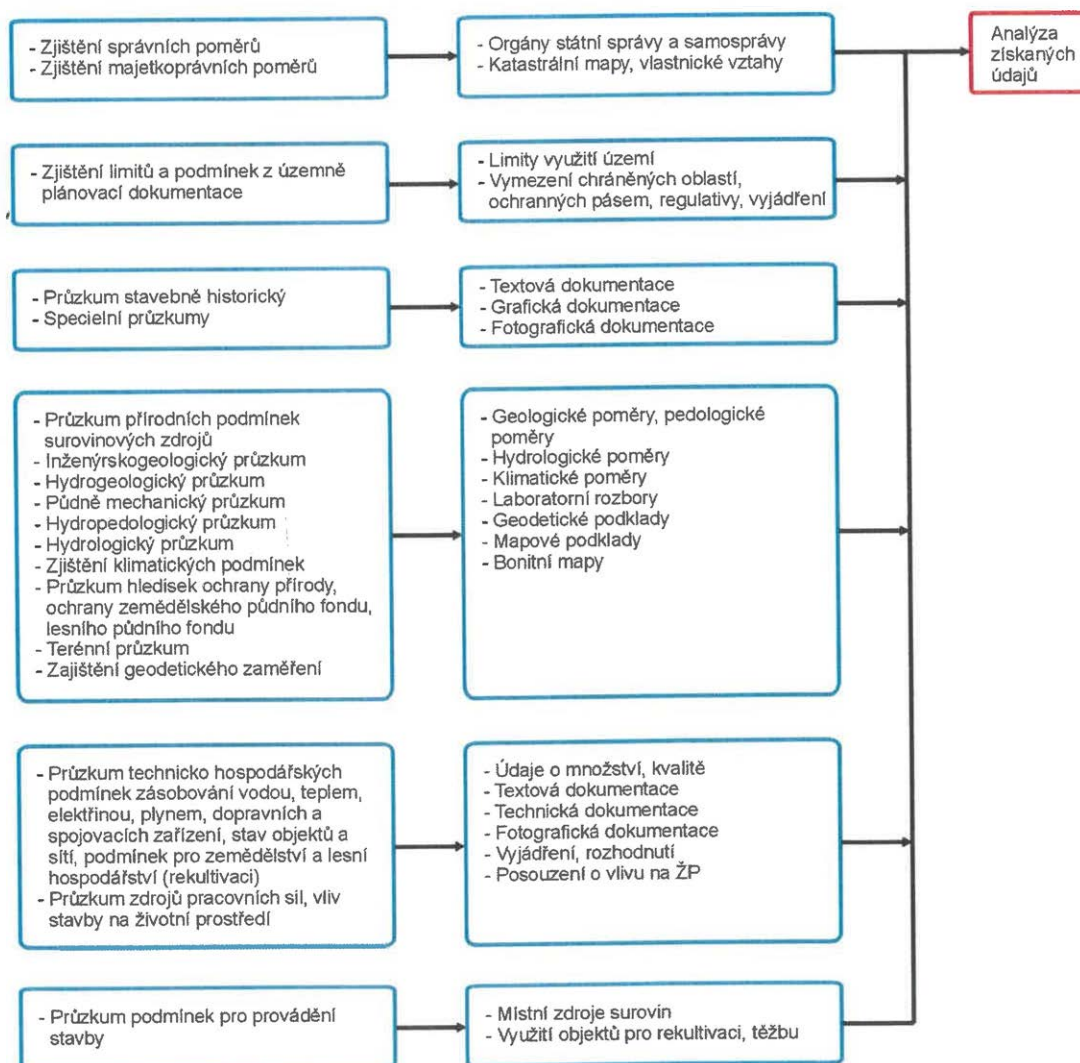
přemístěných materiálů na výsypce a z toho vyplývajících vlastností, informacemi nutnými k jednotlivým fázím rekultivace, předepsanou dokumentací a modelu konečného stavu. Navrženy byly následující skupiny:

- topografický podklad;
- katastrální informace;
- povrchy;
- digitální modely terénu;
- geologický podklad;
- geologie;
- hydrogeologie a hydrologie;
- technické rekultivace;
- biologická rekultivace;
- ekologie;
- technické zabezpečení;
- dálkový průzkum Země;
- využití území;

Navržená datová struktura odpovídá situaci při řešení zájmové oblasti, lze ji podle potřeb doplnit o vrstvy nebo prvky tak, jak vyplývá z dalších kroků řešení problematiky, nebo při změně projektu obnovy. Podrobný popis je uveden v [1],[3].

Realizace systému

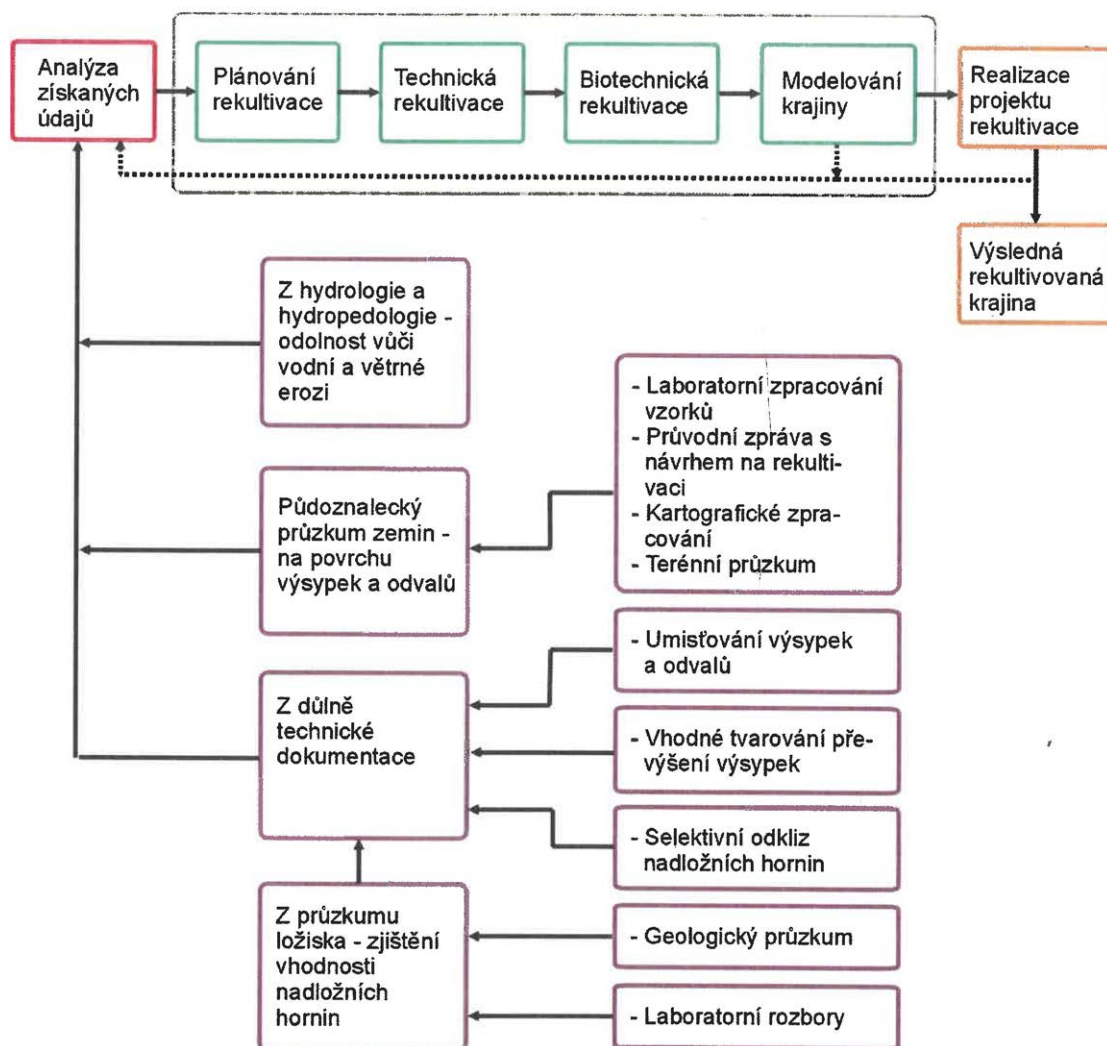
Vzhledem k rozšířenosti a možnostem využití existujících dat byl systém realizován v prostředí ESRI. Pro první přiblížení jsem realizoval systém v produktu ARCVIEW GIS. Pro budoucí použití je vhodnější systém ARCGIS Desktop, především pro možnost využití geodatabáze. Kompletní popis systému je uveden v [4].



Obr. 1 - Blokové schéma informačního zabezpečení vstup

Na základě zjištění a analýzy rozhodujících vstupních dat můžeme vhodně volit způsob a časový postup rekultivace tak, aby bylo dosaženo vyváženosti jednotlivých struktur a funkcí ekosystémů v rekultivované

krajině. Pro potřeby návrhu informačního zabezpečení jsem na základě datového modelu vytvořil schéma informačního zabezpečení (obr. 1 a 2).



Obr. 2 - Blokové schéma informačního zabezpečení

Datová struktura

Datová struktura systému kopíruje navržený datový model. Nejvyšší úrovní je projekt, ve kterém se vytváří jednotlivé skupiny, jako zobrazení, vrstvy jsou reprezentovány jednotlivými rastrovými, vektorovými nebo 3D soubory (TIN - interpretace triangulací a GRID - interpretace mřížkou). Atributy jsou připojovány k jednotlivým objektům v DBF souboru pro každou vrstvu. Vzhledem k tomu, že obecně nejsou souřadnice součástí atributové tabulky, je nutné je vygenerovat nadstavbou ARCVIEW GIS Mila Utilites.

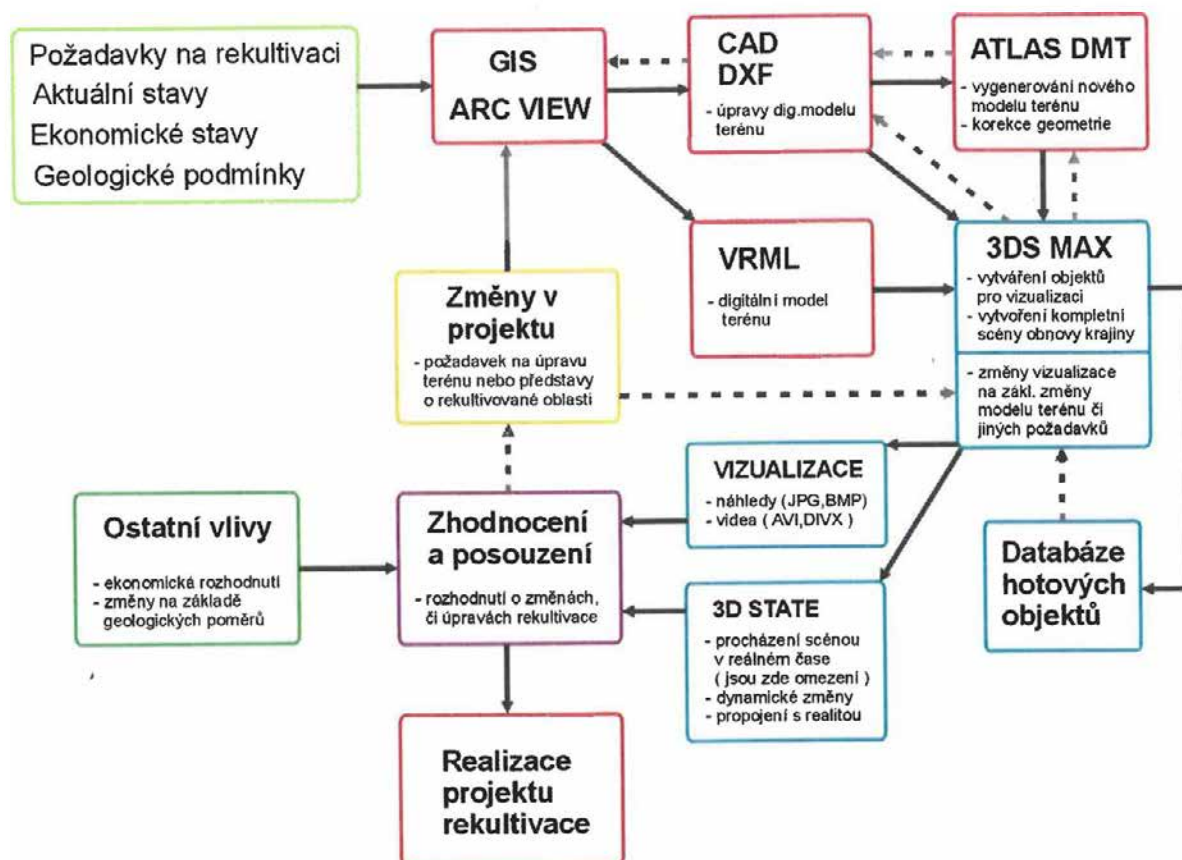
Struktura systému

Programový komplet sestává z vlastního ARCVIEW GIS a nástaveb 3D Analyst, Spatial Analyst a Mila Utilites. Pro kompletní řešení problematiky je navržen systém, který dává potřebné informace a grafické výstupy pro návrh využití krajiny a její obnovu po hornické činnosti. Informace a podklady jsou pak vodítkem při rozhodování o postupech. Návrh a systém je otevřený, je ho možné doplňovat o další skupiny a vrstvy podle potřeb

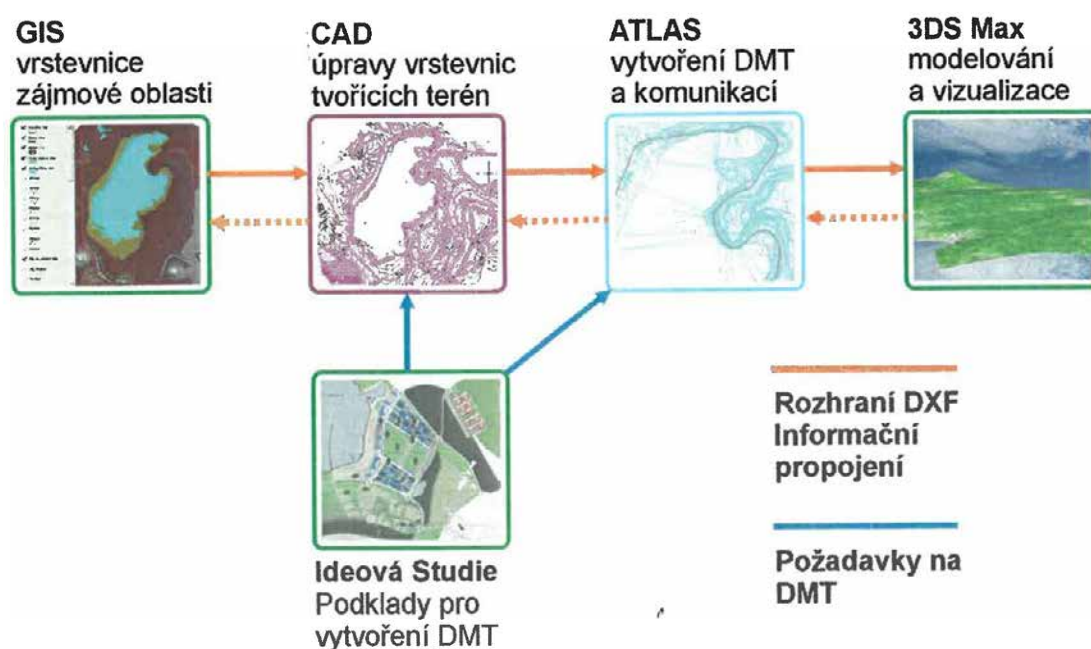
a požadavků uživatele. Pro potřeby modelování, vizualizace a informačního propojení jsem navrhl schéma systému (obr. 3).

Výpočet objemů lze provádět přímo v ARCVIEW GIS, nebo vzhledem k tomu že

součástí systému je i DMT Atlas, který má integrován velmi kvalitní výpočet ploch, objemů, je toto řešení výhodnější.



Obr. 3 - Struktura systému



Obr. 4 - Blokové schéma typu dat

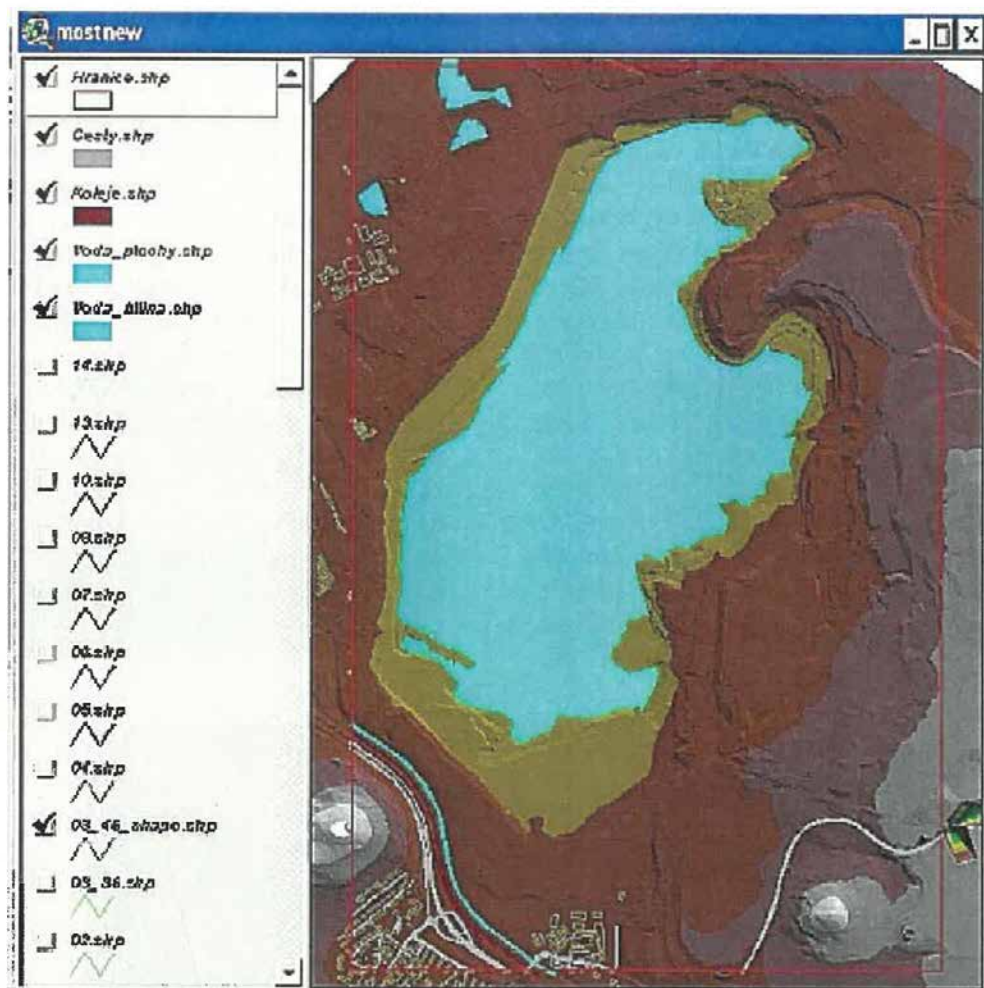
Modely povrchu terénu

Programový systém umožňuje vytvářet 3D modely terénu z prostorových dat. K dispozici jsou dva typy modelů TIN - vytvořený triangulací Grid čtvercová síť.

Modely se vytváří podle potřeb pro modelování reliéfu, řešení odtokových poměrů, viditelnosti a výpočtu objemů (obr 5).

Pro potřeby vizualizace bylo však nutné tento model terénu modifikovat (úpravy svahů,

vytvoření nových cest, vytvoření přístavu) a zredukovat množství dat (polygonů) tak, aby bylo možné výslednou vizualizaci vytvořit co nejrealističtěji a přiblížit se co nejvíce reálnému stavu modelované krajiny po dokončení rekultivací. Redukci je vhodné provést i z důvodu uspoření výkonu použitých hardwarových prostředků. Jedná se o redukci, která nemá vliv na tvar terénu, nýbrž jen odstraní přebytečné body v datovém modelu.



Obr. 5 - Data a 3D model v ArcView GIS

Modelování a vizualizace obnovy krajiny

Jedním z hlavních hledisek při začínající těžbě nerostných surovin je, že už od samotného počátku dobývání musíme myslet na důsledky těžby nerostných surovin a nevyhnutelné dopady na krajinu. Proto je nutné hned se začínajícími dobývacími pracemi začít také s plánováním budoucích rekultivací. Podle požadavků na využívání rekultivované krajiny můžeme už

v průběhu těžby našim potřebám přizpůsobit například průběh terénu po dokončení dobývání.

Jelikož chceme mít jasnou představu o tom, jak by mohla krajina po dokončení rekultivačních prací vypadat, provádíme modelování a následnou vizualizaci předpokládaného budoucího vzhledu krajiny. Plánování rekultivací je však otázkou řady let a v průběhu této doby dochází ke změnám výsledného projektu. Abychom nemuseli při každé změně v modelu terénu objekty znovu

modelovat a přizpůsobovat je terénu, snažíme se o co nejjednodušší aktualizaci již vytvořené scény. Navržený systém takové řešení umožňuje.

Pro vytvoření vizualizace popřípadě virtuální reality je v systému využíváno prostředí 3ds MAX, ve kterém je vytvořen konečný model terénu, jsou vytvořeny jednotlivé objekty a ty vsazeny do modelu. Výstupem je realistický 3D model, který je možné prohlížet, udělat průchody nebo průlety v podobě filmů, nebo v konečném důsledku převést do prostředí virtuální reality. Model je, jak již bylo uvedeno díky vytvořeným postupům a prostředí, možné na základě požadavků změnit. A to včetně přímé vazby k datovému modelu. Na obr. 6 až 9 uvádím příklady jednotlivých kroků vizualizace.

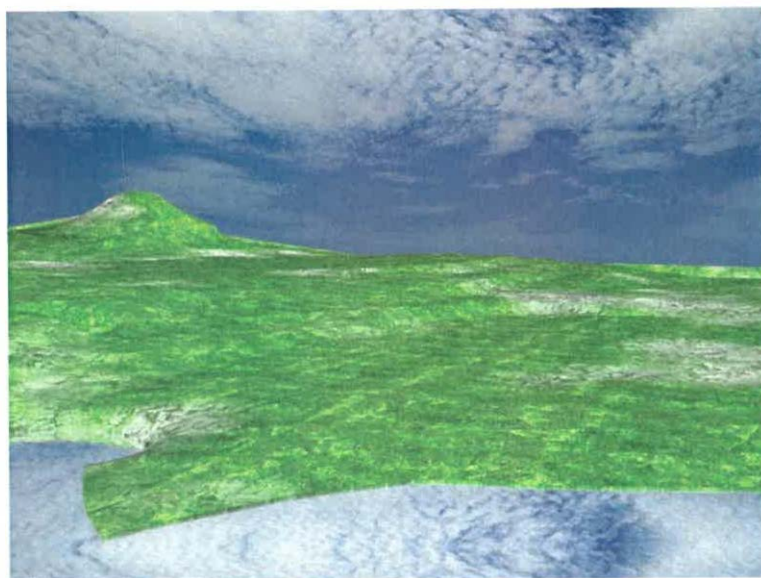
Datový model, jeho jednotlivé vrstvy digitálních modelů terénu, vektorových dat a navržené rozhraní umožňují propojení mezi informačními a vizualizačními systémy, [4] a [5]. Navržené rozhraní přenáší z vrstev informačního systému veškeré potřebné informace pro aktualizaci scény. Prostřednictvím tohoto rozhraní realizují zpětný přenos nově vytvořených vrstev a aktualizované vrstvy do informačních systémů. V průběhu řešení byly navrženy metody a postupy pro vytváření 3D modelů objektů a krajiny, s cílem vytvoření co nejrealističtější scény rekultivované krajiny s důrazem na aktualizaci scény. Pro požadované změny v projektu jsou vytvořeny skripty pro

automatickou aktualizaci scény a metody pro úpravu digitálního modelu terénu.

Význam tvorby 3D modelů a aplikace virtuální reality na krajinu postiženou těžbou nerostných surovin se jeví být přínosným. 3D modely mohou poskytnout rychlé zobrazení vzhledu budoucí krajiny a prostřednictvím virtuální reality je možné se projít touto krajinou. Na základě 3D modelů a aplikací virtuální reality je možné se rozhodnout pro nejvhodnější variantu projektu rekultivace.

Při řešení této problematiky se neobejdeme bez výkonných počítačů a bez kvalitních 3D modelů krajiny, které nám umožní zvolit si z mnoha variant řešení to skutečně nejlepší a nejvhodnější pro obnovení přírodního prostředí a krajiny včetně jejího funkčního využití. Proto by modelovaná krajina měla vypadat pokud možno co nejvěrohodněji, abychom získali co nejjasnější představu. K tomu, aby vytvořené objekty vypadaly realisticky, potřebujeme výkonný grafický software pro 3D modelování.

V rámci projektů [5] a dalších následných prací jsme vytvořili virtuální scénu rekultivované oblasti v prostředí VRML a zkušebně v enginech 3DState a ORGE. Scéna je navržena tak, aby odpovídala stavu po dokončení rekultivačních prací navržených v ideové studii [5] - *Studie prostorové a funkční aktivizace vybraných lokalit Jezera Most*.



Obr. 6 - Základní model terénu



Obr. 7 - Stromy a keře použité ve scéně



Obr. 8 - Vlevo skutečná fotografie , vpravo vymodelovaný kostel



Obr. 9 - Celkový pohled na scénu

Závěr

Článek stručně shrnuje výsledky výzkumu a vývoje v problematice aplikace informačních systémů a modelování obnovy krajiny exploatované povrchovou těžbou uhlí.

V této práci uvedené metody, postupy a řešení jsou výsledkem vědecko-výzkumných grantů a dalších projektů, ve kterých jsem byl hlavním řešitelem, popř. jsem vedl samostatný dílčí úkol. Jedná se především o projekt GAČR 105/94/1121 „Systém pro modelování krajiny po hornické činnosti“ (hlavní řešitel); projekt CEZ:J17/98:273500007 „Problematika nerostných surovin a hornická činnost z pohledu 21. století“, DÚ 7 Zavádění efektivních metod automatického řízení a robotizace v hornictví 21. století (řešitel DÚ); projekt MŽP VaV/640/1/0 „Iniciace přirozených ekosystémů poddolované krajiny pro proces obnovy území Karvinska, DÚ 6: Virtuální model obnovy krajiny (řešitel DÚ) včetně v současnosti řešeného projektu GAČR 105/06/1242 „Sanace a rekultivace zvodnělých poklesových kotlin a sedimentačních nádrží v hornické krajině Horního Slezska“, kde jsem spoluřešitelem.

Teoretická část je vypracována obecně pro území postižená povrchovou těžbou. Toto řešení jsem zvolil především pro sjednocení poznatků získaných kolektivní řešitelů uvedených projektů, zaměřených na řešení problematiky obnovy krajiny, do textu jedné práce a na jednom místě tak, aby byly využitelné nejen pro další výzkumné práce, které budou navazovat, ale především pro praxi v oblasti sanací a rekultivací. Obdobně je řešen i návrh datové struktury informačního zabezpečení.

Po doplnění o problematiku vlivů hlubinného dobývání na povrch (poklesové kotliny, odvaly a hlušinové překryvy) (VaV 640/1/01) je možné navržené postupy použít i pro území ovlivněná hlubinnou těžbou.

V praxi byly dosud poznatky, postupy a metody aplikovány především v oblasti výzkumů a zpracování modelových projektů konkrétních území. Do budoucna ale, vzhledem k ohlasům a zájmu organizací i odborníků, předpokládám, že uváděné postupy se stanou nedílnou součástí řešení problematiky obnovy krajiny exploatované těžbou uhlí, popř. dalších nerostných surovin (šterkovny a pískovny, kamenolomy aj.) především pro uvedenou možnost modifikace projektů podle potřeb a

parametrů konkrétního území. Výhodou metodiky a postupů je možnost rychlé reakce na změny, které vznikají v procesu exploatace a zahlazování - potřeby dobývacích společností, nové požadavky na krajinu, nová legislativní opatření, nové pohledy na využití krajiny a jejich částí. Pro praxi hraje významnou roli také možnost virtuální vizualizace rekultivačních opatření v časových horizontech a pohledech.

Z výsledků práce vyplývá jednoznačná potřeba využití informačních systémů a modelování v oblasti obnovy krajiny a jejich částí. Výzkum a vývoj v oblasti aplikace informačních systémů a modelování při obnově krajiny není zcela určitě ukončen, především ve směru ke komplexnosti systému. Zde se jedná především o problematiku autorizace jednotlivých činností, datové komunikace a vytváření znalostních a objektových databází. Konečným cílem by pak měl být expertní systém.

Literatura

- Neustupa, Z.: *Aplikace informačních technologií pro modelování a tvorbu krajiny po hornické činnosti*, Habilitační práce, VŠB-TUO 2006, 186pp
- Neustupa, Z.; Rapant, P.; Horák, J.; Pichler, E.; Jančík, P. *Systém pro tvorbu krajiny po hornické činnosti. Závěrečná zpráva projektu GAČR 105/94/1121, část 1.* Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1997, 64 s.
- Neustupa, Z., Stalmachová, B. (2002): *Virtuální model obnovy krajiny, Závěrečná zpráva grantu Iniciace přirozených ekosystémů poddolované krajiny pro proces obnovy území Karvinska*, VSB-TU, 2002 108 pp
- NEUSTUPA, Z.; VITULA, J.; HRUŠKA, P. *Informační systém pro obnovu krajiny na produktu ESRI ARC VIEW GIS*, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004, 61 s.
- NEUSTUPA, Z.; KODYM, O.; KALUS, R. *3D modely terénu: Dílčí zpráva řešení DÚ.7 CEZ: J17/98:273500007 Problematika nerostných surovin a hornická činnost z pohledu 21. století.* Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004, 61 s.
- OLŽBUT, A. a kol. *Studie prostorové a funkční aktivizace vybraných lokalit Jezera Most.* Most: VÚHU a.s. Most, 2003, 38 s.