

3D MODELOVANIE A VIZUALIZÁCIA V PROGRAME ATLAS DMT

Filip PENČEV

ATLAS spol. s r.o., Na Křivce 50, 101 00, Praha, Česká republika
f.pencev@atlasltd.cz

Abstrakt

Program ATLAS DMT bol vytvorený ako nástroj pre tvorbu a využitie digitálneho modelu terénu (DMT). DMT vytvárame na základe účelového merania polohopisu a výškopisu. Spracovaním výsledkov meraní, dokážeme v programe ATLAS zhotoviť 3D model terénnej plochy. Vernosť modelu je závislá na presnosti vstupných dát a rozmiestnení bodov terénnej kostry. Priestorové zobrazenie dát nám ponúka bohaté grafické možnosti prezentácie - máme možnosť dopĺňať stenové objekty, bodové objekty, ortofotomapy či textúry. Výsledkom môže byť doplnková analýza terénnej plochy alebo vizualizácia vo forme grafického zobrazenia či video výstupu. Program pracuje s TIN v ktorej je možné definovať 5 typov lomových hrán. Výsledná hladká plocha prechádza všetkými zadanými bodmi, rešpektuje zadané lomové hrany a veľmi presne vystihuje tvar terénu. Podporuje viacero rôznych súradnicových systémov vrátane S JTSK a Gauss Krüger. Funkcia pre výškovú generalizáciu plochy vynechaním nadbytočných bodov môže výrazne zredukovať veľkosť modelu a tým urýchliť prácu. Atlas DMT predstavuje programový systém pre interaktívne spracovanie plôch. Je zameraný na prácu s terénmi, predovšetkým z hľadiska aplikačných výstupov. Umožňuje riešiť celú škálu úloh od vizualizácie terénu (vrstevnice, rezy, pohľady), výpočty kubatúr a profilov, projektovanie až po špecializované analýzy plôch. Nástroje pre tvorbu GIS a ich efektívne využitie patrí k základným požiadavkám informačnej spoločnosti. Dáta ktoré sa využívajú pre budovanie databáz sú priebežne doplňované o grafické časti. Grafické výstupy, ktoré ATLAS DMT poskytuje, potom využívame ako samostatné súčasti GIS. Výsledky analýz dopĺňajú súbory údajov o zvolenom jave. Takéto priestorové zobrazenie nám ponúka ďalšie možnosti prezentácie výsledkov a pomoc pri rozhodovaní v krajinných projektoch.

Klíčová slova: digitální model terénu, vizualizace, 3D modely, výškopis, zpracování výškopisných dat

Keywords: digital terrain model, visualization, 3D models, processing elevation data, land shaping

1. DIGITÁLNE MODELY

Vhodnú metódu na vytvorenie digitálneho modelu vyberáme na základe vstupných dát. Všeobecne sa v praxi vyskytujú rôzne zdroje a typy dát. Štruktúru digitálneho modelu tvoríme automatizovaným algoritmom ktorý by mal z pôvodných údajov vytvoriť čo najrealistickejšiu plochu. Táto plocha nám v digitálnom prostredí reprezentuje skutočný priebeh terénu. Digitálne modely môžeme rozdeliť do niekoľkých kategórií podľa spôsobu tvorby modelovanej plochy.

- Polyedrický model terénu
- Rastrový model terénu
- Plátový model terénu

Polyedrický model je zložený z malých rovinných plôšok. Obvykle sa jedná o trojuholníkové či štvoruholníkové plôšky ktoré sa čo najviac primykajú pôvodnému terénu. Plocha terénu je teda reprezentovaná mnohostenom s trojuholníkovými alebo štvoruholníkovými stenami.

Rastrový model je definovaný maticou výškových kót ktoré sú rozmiestnené v pravidelnom rozstupe (raster). Vstupné údaje pre takýto model sú málokedy dostupné z priamych meraní. Odvodzujú sa preto dodatočnou interpoláciou.

Plátový model odstraňuje hlavné nedostatky predchádzajúcich modelov. Je zložený z malých plôšok trojuholníkového alebo štvoruholníkového tvaru. Tieto však nemusia byť iba rovinné. Cieľom je plynulé nadpojenie susedných plôšok a hladký priebeh celého reliéfu. Táto podmienka sa realizuje vložением plátov hladších plôch do prechodných oblastí kde by inak došlo k ostrému zlomu. Obvykle sa používajú plochy popísané polynomickými funkciami ktoré na seba naväzujú tak, aby bola zaručená spojitosť derivácií vopred stanoveného rádu.

1.1 Základné definície a pojmy

V súčasnej geoinformatike a príbuzných oboroch existuje množstvo pojmov ktoré sa využívajú pre označenie digitálneho modelu. Nie vždy sa význam zhoduje s typom označenej dátovej štruktúry. Pre účely tohto príspevku uvediem základné definície podľa terminologického slovníku VÚGTK.

Digitální data - data vyjádřená číslicemi, popř. zvláštními znaky a znakem mezery

Digitální model reliéfu (DMR) - digitální reprezentace zemského povrchu v paměti počítače, složená z dat a interpolačního algoritmu, který umožňuje mj. odvozovat výšky mezilehlých bodů.

Digitální model povrchu - zvláštní případ digitálního modelu reliéfu konstruovaného zpravidla s využitím automatických prostředků (např.obrazové korelace ve fotogrametrii) tak, že zobrazuje povrch terénu a vrchní plochy všech objektů na něm (střechy, koruny stromů a pod.)

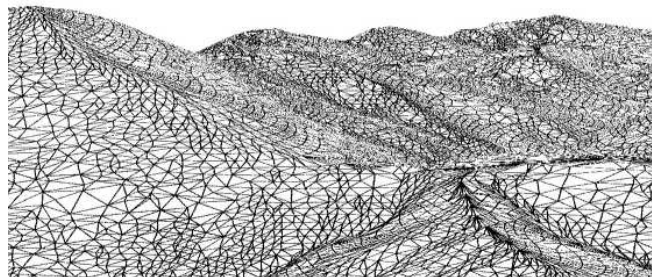
Digitální model terénu (DMT) - má zpravidla formu nepravidelně rozmístěných výškových bodů, které optimálně vystihují terénní tvary včetně hran a výškových extrémů

Digitální výškový model - 1: digitální model reliéfu pracující výhradně s nadmořskými výškami bodů
2: datová sada výškových hodnot, které jsou algoritmicky přiřazeny k 2rozměrným souřadnicím
3: v USA soubor nadmořských výšek ve vrcholech mříže vytvořené v pravidelných intervalech souřadnic x a y národního referenčního souřadnicového systému

Program v ktorom budeme tvoriť dátovú štruktúru modelu je ATLAS DMT. Skratka v názve produktu je zvolená podľa predpokladaného typu vstupných dát pre tvorbu digitálneho modelu terénu.

1.2 Digitálny model ATLAS DMT

Silnou stránkou systému ATLAS DMT je možnosť spracovania veľmi rozsiahlych dátových súborov v krátkom čase. Program nemá špecifické požiadavky na hardware ani iné programové vybavenie. Špeciálne vyvinuté algoritmy pracujú priamo s hladkou plochou - nedochádza teda k dodatočnému vyhladzovaniu a k nepresnostiam z neho vyplývajúcich. Pre bežného užívateľa nie je potrebná znalosť matematického pozadia tvorby DMT. Systém ATLAS DMT umožňuje prácu s nepravidelnou trojuholníkovou sieťou (TIN), v ktorej je možné definovať 5 rôznych typov lomových hrán. Výsledná hladká plocha prechádza všetkými zadanými bodmi, rešpektuje zadané lomové hrany a veľmi presne vystihuje tvar terénu.



Obr. 1. Hladký digitálny model

Program ATLAS DMT využíva pri generácii digitálneho modelu polyedrický model. Všetky body ktoré definujeme ako vstupné sa stávajú „radiaciami“ bodmi siete. Pre nepravidelné rozloženie vstupných bodov je

výhodné použiť štruktúru nepravidelnej trojuholníkovej siete (TIN). Pri vektorovom popise takéhoto modelu zavádzame topologické vzťahy medzi jednotlivými trojuholníkmi.

Štruktúra TIN:

- Zoznam súradníc všetkých vrcholov trojuholníkov
- Zoznam vrcholov každého trojuholníka
- Informácie o susedných trojuholníkoch

TIN teda umožní jednoduchý výber trojuholníkov susediacich s vybraným trojuholníkom. Takéto funkcie značne urýchľujú geometrické aj topologické operácie nad polyedrickým modelom. (Bayer 2010)

1.3 Grafická reprezentácia modelu

Vstupné dáta sú po vygenerovaní dátovej štruktúry modelu prevedené na zoznamy informácií o trojuholníkovej sieti a vzájomných vzťahoch vrcholov trojuholníkov. Táto séria súborov tvorí digitálny model terénu. Takáto štruktúra je výhodná pre nastavenie či zvýraznenie požadovaných vlastností modelovej plochy. K dispozícii je zobrazenie vrstevníc, oslnenia, sklonových alebo výškových intervalov, expozície či povodia.

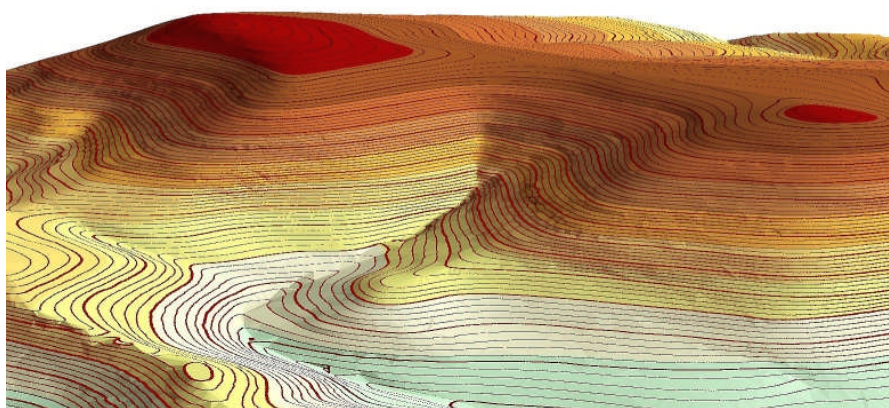
Vrstevnice sú línie ktoré spájajú body z rovnakou nadmorskou výškou. Podľa ich priebehu, tvaru a hustoty je možné zistiť nezvyklý útvar, získať predstavu o sklonitosti terénu a pod.

Oslnenie slúži na výpočet dopadu svetelných lúčov pri ktorom sa uplatňuje zakrivenie zemského povrchu a refrakcia. Výpočet vychádza z podmienky, že spojnica so svetelným zdrojom a spracovávaným bodom je prekrytá terénnou plochou.

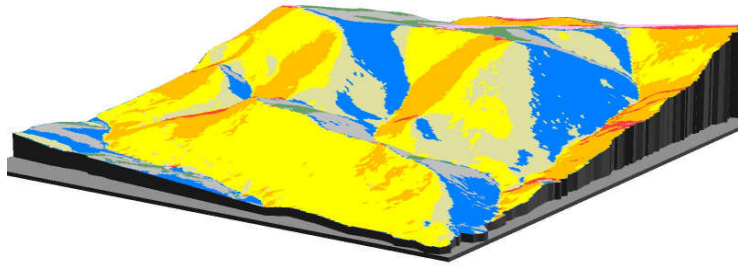
Sklonové pomery, výškové intervaly umožňujú vykreslenie terénu v určených farebných odtieňoch. Tieto intervaly sú určené výškou alebo sklonom. Pod sklonom sa rozumie uhol ktorý zvierá rovina konkrétneho trojuholníka s rovinou X,Y.

Expozícia vykreslí farebné znázornenie orientácie svahov voči svetovým stranám. Zobrazenie expozície je možné potlačiť v oblastiach, ktorých sklon je menší než užívateľom zadaná hodnota.

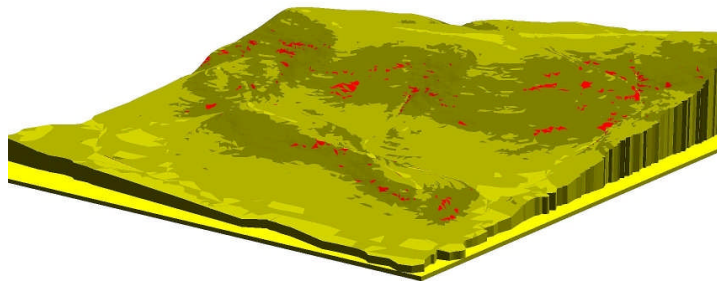
Povodie, rozvodie, odtokové pomery sú špecifické funkcie pre oblasť hydrológie, ktoré slúžia ako pomocný nástroj pri posudzovaní vplyvu morfológie terénu na odtok vody a sním súvisiacu problematiku, ako je napríklad erózna ohrozenosť pozemkov či predikcia záplav v záujmovou území.



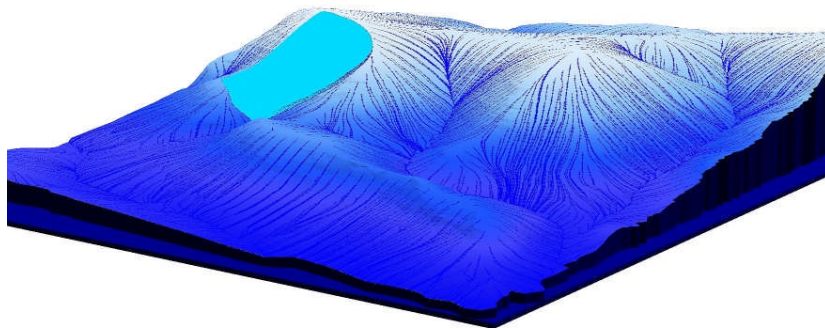
Obr. 2. Vrstevnice a výškové intervaly na digitálnom modeli



Obr. 3. Expozícia na digitálnom modeli



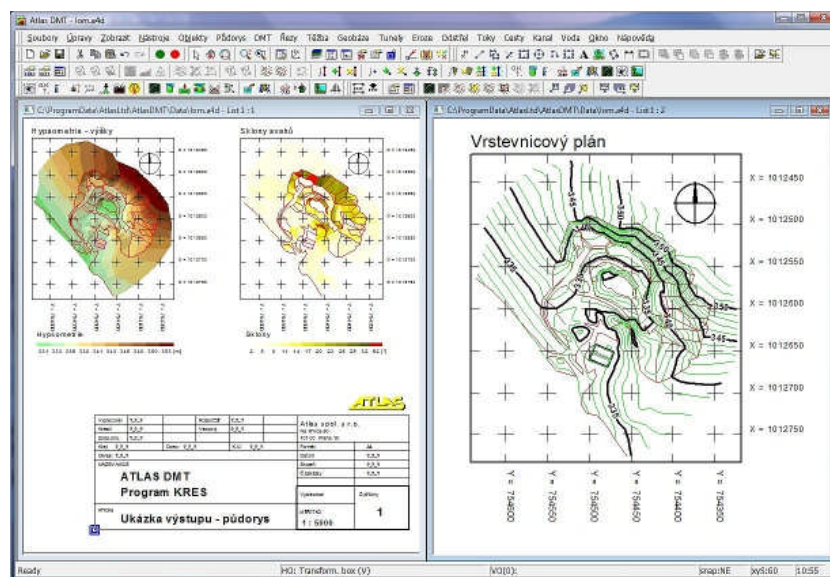
Obr. 4. Sklovitosť na ploche



Obr. 5. Znáznornenie hydrologických analýz

2. PROGRAMOVÉ PROSTREDIE ATLAS DMT

Hlavným cieľom programu Atlas DMT je tvorba, úprava digitálnych modelov terénu (DMT) a vytváranie grafických výstupov nad nimi. Jeho použitie je však širšie. Program pracuje s grafickými dokumentmi (výkresy) obsahujúcimi vektorovú aj rastrovú kresbu. Základným stavebným prvkom dokumentu je objekt, ktorý nesie grafickú informáciu. Niektoré typy objektov môžu obsahovať aj negrafické informácie. Objekty možno pritom v jednom dokumente rozmiestňovať na niekoľko listov. (Volný 2004) S výhodou je v tomto prostredí využitá stromová štruktúra pomocou ktorej je možné meniť vlastnosti „podriadených“ objektov. Takéto usporiadanie užívateľského prostredia umožňuje rýchle vyhľadávanie a triedenie objektov podľa vybraných parametrov.



Obr. 6. Programové prostredia ATLAS DMT

2.1 ATLAS DMT v GIS

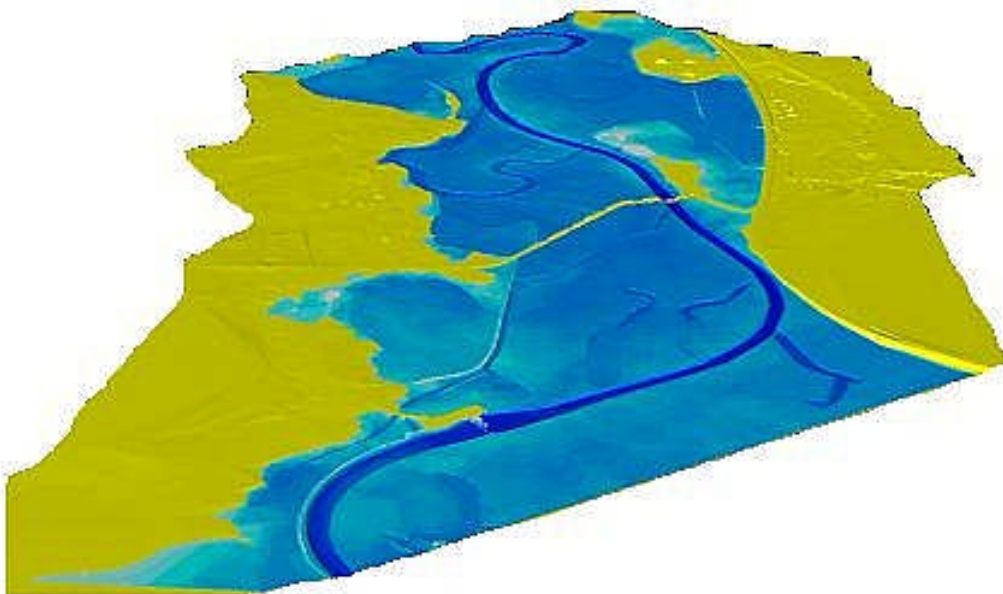
Geografické informačné systémy (GIS) môžeme chápať ako informačné systémy, ktoré slúžia na spravovanie, aktualizáciu a prezentáciu geograficky orientovaných dát. Medzi tieto dáta patria georeferencované mapy v rastrovom alebo vektorovom tvare, značky ktoré reprezentujú skutočné objekty a sú vzťahované k presnej polohe v určenom súradnicovom systéme. O vybraných objektoch je potrebné evidovať i ďalšie, doplnujúce informácie. Tieto údaje nazývame *metadáta*. GIS sú dnes stále častejšie dopĺňované o digitálne modely terénu kvôli potrebe rýchlej analýzy priestorového vzťahu medzi objektmi.

Program ATLAS DMT poskytuje niekoľko druhov výstupov. Prvý typ exportu sa týka priamo štruktúry DMT. Z programu je možné získať TIN alebo GRID sieť vo formáte DXF. Hustotu siete je možné ovplyvniť doplnením bodov v ťažisku každého trojuholníka, krok rastrovej siete je možné nastaviť. Body sa dopočítavajú na hladkú plochu. Výsledné 3D DXF obsahuje plochu typu 3D face s ktorou dokážu GIS programy pracovať. Ďalej sa využívajú exporty „výkresového“ zobrazenia. Laicky povedané, všetko čo nakreslíme alebo zobrazíme na výkrese, vrátane podkladových máp, vložených DXF výkresov či nakreslených polygónov, je možné exportovať ako DXF alebo BMP formát. Využitie georeferencovaných výstupov z programu je teda rozsiahle. Vzhľadom na to, že ATLAS DMT je desktopová aplikácia, postupne vznikali špecializované moduly podľa profesných požiadaviek v geodézii, stavebníctve, geológii, vodohospodárstve alebo pre obranné účely armády. Modulárnosť systému umožnila včlenenie jeho častí do systémov iných spoločností. Jedná sa napr. o MISYS od spoločnosti Gepro, PhoTopol od spoločnosti Topol, prípadne aplikácie vyvíjané „na mieru“ pre Severočeské doly, a.s.

2.2 Praktické využitie digitálnych modelov

Každý prírodný jav ktorý vzťahujeme ku konkrétnemu miestu a u ktorého predpokladáme dynamické zmeny, môžeme namodelovať pomocou matematických vzťahov. Tu sa nám otvára priestor pre využitie digitálneho modelovania. Napríklad v prípade, že máme rozmiestnené meracie stanice v okolí rušnej komunikácie a vykonávame cyklický zber dát o znečistení, vytvárame v každom cykle podklad pre model. Vidíme, že sa nemusí jednať vždy len o model reliéfu, terénu či model výškopisný.

Akýkoľvek údaj vzťahnutý ku konkrétnemu miestu a času je možné reprezentovať uvedeným spôsobom. V digitálnej forme potom študujeme zmeny, porovnávame a vyhodnocujeme tieto údaje celkom automatizovane. Porovnaním dvoch existujúcich modelov získame tretí „porovnávací model“ ktorý miesto výškovej súradnice obsahuje rozdiely výšok. V prípade, že takto porovnáme vodnú hladinu s pôvodným terénom, výsledkom je hĺbkový model. Podobné využitie existujúcich dát umožňujú práve geoinformačné systémy s kompletnými tematickými databázami z ktorých je možné dáta filtrovať a následne ich spracovať do požadovaného výstupu.



Obr. 7. Povodňový model

3. VIZUALIZÁCIA V PROGRAME ATLAS DMT

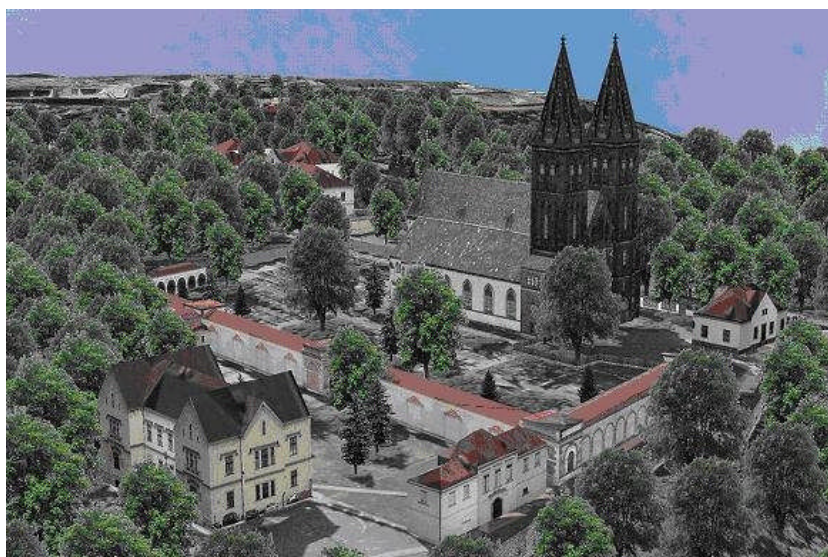
Vzhľadom na dostupné technológie je v dnešnej dobe často požadovaná priestorová štúdia a zobrazenie navrhovaných objektov alebo úprav priamo na terénnej ploche tak, aby bolo možné posúdiť ich vplyv na okolitú krajinu. Pod pojmom vizualizácia rozumieme metódy zobrazenia skutočnosti, ktorých výsledky vnímame zrakom. Objekty zobrazené metódou vizualizácie je teda možné analyzovať z hľadiska ich vzájomnej polohy v priestore.

Špecializovaný modul programu ATLAS DMT využíva hladkú plochu a pomocou technológie OpenGL ju zobrazí, umožní užívateľovi plochu nasvietiť, pokryť textúrou, doplniť pozadie, hmlu a ďalšie náležitosti. Krajinu je možné obohatiť stromami alebo inou zeleňou či krajinotvornými prvkami. Následne nastavíme správny smer a uhol pohľadu, vzdialenosť od plochy, určiť rozlíšenie a vygenerujeme obrázok do rastrového formátu.

Do projektu je možné vložiť i ďalšie objekty ktoré dokresľujú celkový dojem. Prevažne sú to stromy alebo krovinatý porast. Tieto krajinné prvky je možné nahradiť jednoduchými geometrickými telesami napr. ihlan, valec, elipsoid alebo textúrou porastu, ktorá spolu s ortofotomapou dotvára realistický dojem. Jednoduché geometrické telesá je vhodné využívať v prípadoch plošnej zelene na veľkom území. Pri pozorovaní modelu z väčšej vzdialenosti budú tieto telesá navodzovať dojem zalesnenia. Druhou možnosťou je digitálna fotografia (raster, textúra) objektu. Týmto spôsobom sa dá doceliť realistický pohľad na strom, lampu, fontánu, vežu či iný jednoduchý prvok ktorý definujeme jediným bodom. (Peňčev 2009)

3.1 Zobrazenie DMT

Digitálne modely zobrazujeme v samostatnom prostredí. V uvedenom prípade sa jedná o axonometrický 3D pohľad pri ktorom si užívateľ volí nastavenie jednotlivých parametrov. Takéto prostredie nám umožní nahradiť bodové objekty textúrami (fotografiami) napr. stromov, umiestniť na steny realistické fotografie získané priamo v teréne. Celkový dojem zobrazeného územia je vo výsledku veľmi realistický. Doplnenie ďalších analytických funkcií priamo do „3D“ prostredia by nesporne zvýšilo technickú hodnotu a využiteľnosť takéhoto produktu.



Obr. 8. Vizualizácia historickej pamiatky

3.2 Animácia, prelet nad terénom

Animácia je dynamickým znázornením pohľadu na záujmové územie. Výstupom je AVI video súbor. Samotný prelet je možné nastaviť pomocou vedeného polygónu alebo nastavením „pozorovacích miest“. Nastavenie pomocou polygónu sa využíva predovšetkým pri líniových stavbách, turistických trasách alebo pri vopred stanovených požiadavkách na body preletu. Pomocou pozorovacích miest môžeme meniť priblíženie (zoom), natočenie či výšku nad pozorovaným územím.

Tvorba animácie je rozdelená do dvoch krokov. Prvým je zadanie priebehu animácie ktoré prebieha relatívne rýchlo v malom rozlíšení a náhľadovej kvalite bez efektov. Výsledkom je súbor snímok s informáciami o pohybe kamery a polohe modelu. Druhým krokom je samotné generovanie animácie v definovanom rozlíšení a s požadovanými efektmi (textúry, hmla).

ZÁVER

V príspevku som si kládol za cieľ prezentovať využitie programu ATLAS DMT a výstupov z programového prostredia ako prínos pre ucelené GIS systémy. V blízkej budúcnosti predpokladám vývoj ďalších prepojovacích funkcií a širšie využitie programu v geoinformatike.

LITERATURA

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, http://www.vugtk.cz/slovník/obor_GI_geograficka-informace, 28.12.2010

Bayer, T. <http://web.natur.cuni.cz/~bayertom/Adk/adk5.pdf>, 28.12.2010

Volný, M. a kolektív 2004. Digitální model terénu, uživatelská příručka programu ATLAS DMT

Penčev, F. 2009. 3D modelovanie a vizualizácia v programe ATLAS DMT, 18. kartografická konferencia, 30.9-2.10.2009, Olomouc

Penčev, F. 2006. 3D modelovanie priestorových objektov krajiny, DP, STU s.13-18

Blišťan, P. 2005. Priestorové modelovanie geologických objektov a javov v prostredí GIS , Acta Montanistica Slovaca, Ročník 10 (2005), číslo 3, s. 296-299

Ernshaw, V. 1995. Computer graphics, Academic press 1995

Geissé, E. 1995. Pozemkové úpravy - projektovanie. Bratislava, Vydavateľstvo STU, 1995

Horáková, M. 1976. Techniky vizualizace, 6-9 s., 57-59s. ISBN 978-80-87153-65-9

Vaníková, E. 2005. Metódy priestorového modelovania prvkov krajiny, DP, STU