

# Digitální modely terénu (5)

## Metody vizualizace a využití, software

**Ing. Martin KLIMÁNEK, Ph.D.**

411 Ústav geoinformačních technologií

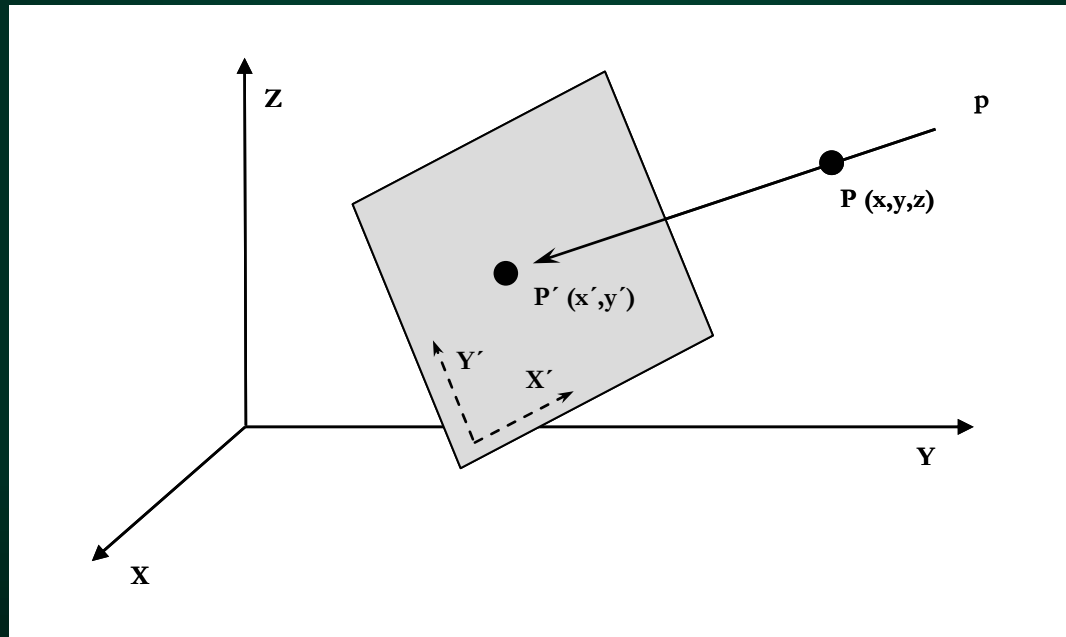
Lesnická a dřevařská fakulta,

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně



## Vizualizace – promítání

Základním problémem při zobrazování prostorových objektů je převod jejich prostorového popisu (geometrie) do roviny (převod 3D na 2D), tedy promítání. Pro řešení této úlohy se používá jako promítací aparát jednak soustava promítacích paprsků a potom průmětna (nemusí být vždy rovina).



Obr. 1: Princip promítání (Mayer 1995)

## Vizualizace – promítání

Existují dva základní druhy projekce (Urban 1991):

- paralelní (rovnoběžné, axonometrické) promítání – zdroj promítacích paprsků je v nekonečnu a paprsky jsou vzájemně rovnoběžné,
- středové (perspektivní) promítání – paprsky vycházejí z jednoho bodu, často blízkého k předmětu.

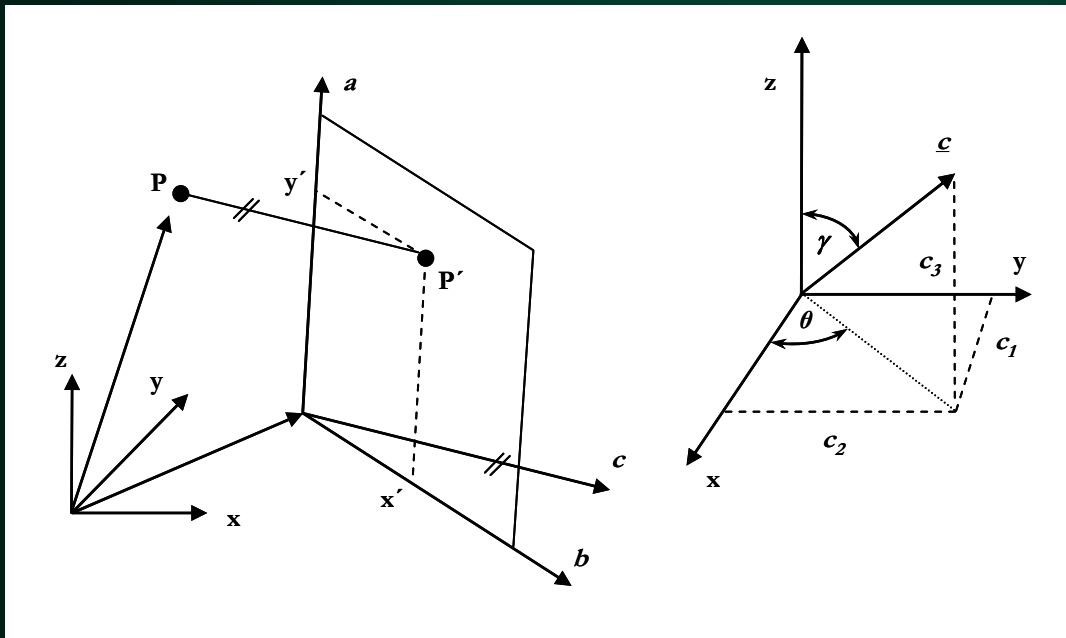
Při výpočtech zobrazení se řeší především tyto dvě otázky:

- přiřazení rovinných  $x'$ ,  $y'$  souřadnic k  $x$ ,  $y$ ,  $z$  souřadnicím prostorovým (původním), to znamená zobrazení bodu prostoru na průmětnu,
- vzdálenost promítnutého bodu v průmětně od jeho prostorového obrazu (používá se pro další zobrazovací nástroje, jako je stínování, řešení viditelnosti, atd.).

## Axonometrie

Podstatou axonometrie je rovnoběžné promítání, kdy paprsky promítání mají stejný směr. Směr promítání určuje vektor  $c$ . Ten je dán dvojicí úhlů – azimutu  $\theta$  a zenitové vzdálenosti  $\gamma$ . Pokud vezmeme jednotkovou velikost vektoru  $c$ , pak jeho osově složky se budou rovnat:

$$\begin{aligned} c_1 &= \sin \gamma \cdot \cos \theta \\ c_2 &= \sin \gamma \cdot \sin \theta \\ c_3 &= \cos \gamma \end{aligned} \quad (1)$$



Obr. 2: Princip axonometrie (Mayer 1995)

## Axonometrie

Podle obrázku 2 jsou hledané axonometrické souřadnice  $x'$  a  $y'$  v průmětně chápány jako souřadnice v nové souřadnicové soustavě, určené bodem  $O'$  a bázovými jednotkovými vektory  $a$ ,  $b$ ,  $c$ . Vektory  $a$  a  $b$  jsou vzájemně kolmé i na vektor  $c$ . Pro jejich složky platí:

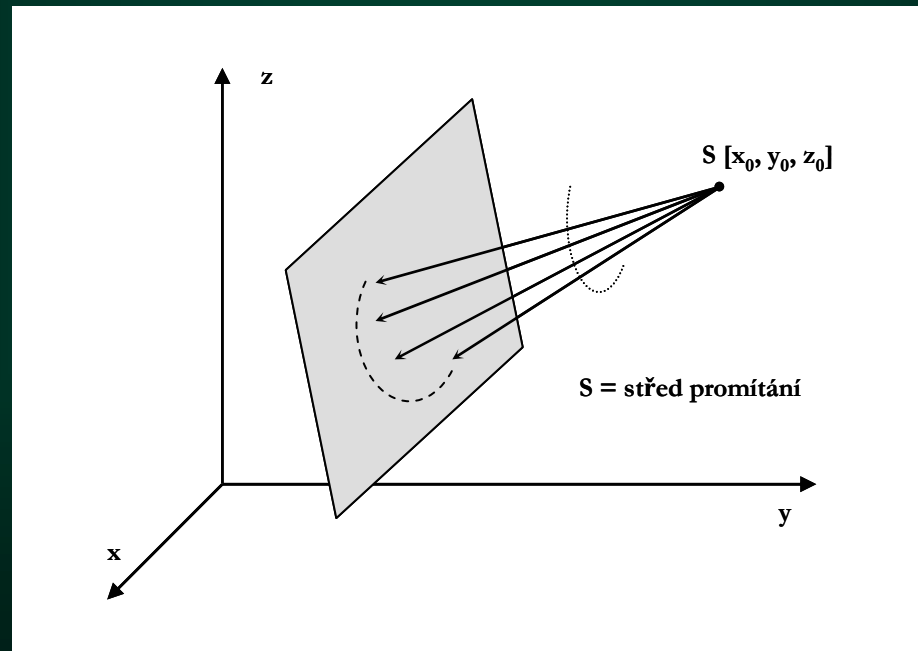
$$\begin{aligned} a_1 &= \sin \theta \\ a_2 &= -\cos \theta \\ a_3 &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} b_1 &= -\cos \theta \cdot \cos \gamma \\ b_2 &= -\sin \theta \cdot \cos \gamma \\ b_3 &= \sin \gamma \end{aligned} \quad (3)$$

Výše uvedenou volbou bázových vektorů získáme levotočivou souřadnou soustavu, tedy soustavu s opačnou orientací než měl původní prostor.

## Lineární perspektiva

Pro zobrazování velkých objektů je vhodné středové promítání, které je blízké lidskému vidění. Promítací paprsky procházejí společným bodem  $S$  (střed promítání). Lineární perspektiva má za průmětnu rovinu. Zobrazovaná část se vymezuje zorným jehlanem (viz obr. 3). Oproti axonometrii je při výpočtech nutné znát ještě pozici středu promítání  $S$ , tedy jeho souřadnice  $x_0, y_0, z_0$ .



Obr. 3: Lineární perspektiva (Mayer 1995)

## Metody vizualizace – vrstevnice

Vrstevnice (contours) doplněné výškovými kótami jsou doposud nejčastější metodou znázorňování reliéfu terénu.

Rozhodující charakteristikou je interval vrstevnic, který vychází z teoretického požadavku, aby bylo možno znázornit svah o sklonu  $45^\circ$ , aniž by se vrstevnice slily.

Současná grafická a reprodukční technika dovoluje tisknout čáry o síle 0,1 mm s minimální mezerou 0,1 mm. Budeme-li tedy uvažovat vzdálenost mezi osami dvou sousedních vrstevnic 0,2 mm, pak minimální výška vrstvy je dána součinem této vzdálenosti a měřítko mapy (pro mapy v měřítku 1 : 10 000 je to 2 m, 1 : 25 000 5 m atd.).

Pro mnohá území s úhlem sklonu do  $15^\circ$  je účelné použít kromě základních vrstevnic i vrstevnice doplňující s polovičním intervalem, jejichž zákres je ovlivněn nadmořskou výškou a horizontální i vertikální členitostí reliéfu.

## Metody vizualizace – vrstevnice

Volba výškových vrstev vychází z rozboru hypsografické křivky, která vyjadřuje výškové poměry zkoumaného území tak, že v pravoúhlém souřadnicovém systému jsou na osách úseček vyneseny plochy výškových vrstev a v jejich koncových bodech hodnoty výškových stupňů.

Pro výškové kóty je především nutný jejich správný výběr a hustota se řídí členitostí reliéfu (v topografických mapách se pohybuje v rozmezí 5-20 bodů na 1 dm<sup>2</sup>).

Pro vizualizaci (doplňující způsoby zobrazení) se potom mohou použít různé barevné škály ploch mezi jednotlivými vrstevnicemi (hypsometrie) nebo metoda šrafování (matematicky propracováno Lehmannem, 1765-1811).

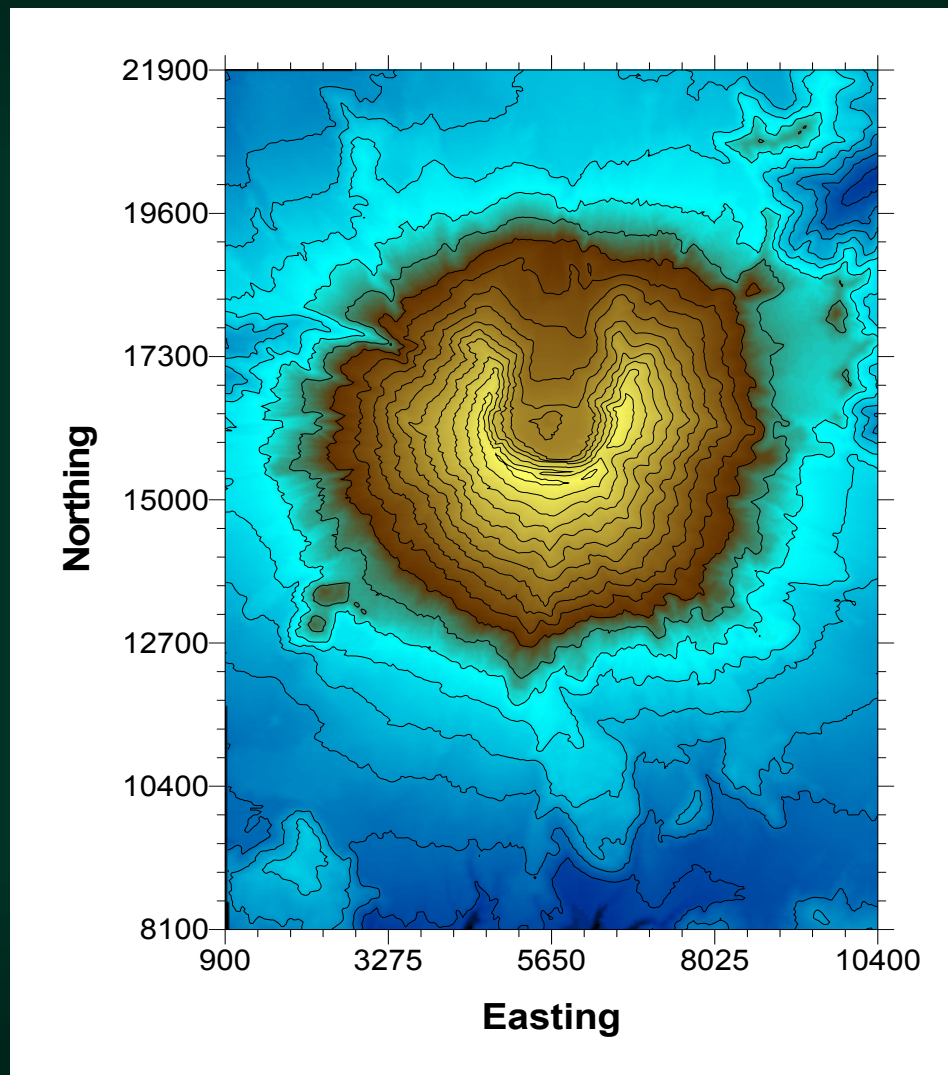


## Metody vizualizace – vrstevnice



Obr. 4: Výřez mapy II. vojenského mapování – Františkova (1809-1869), list O-II-9 (UJEP 2004)

# Metody vizualizace – vrstevnice



Obr. 5: Hypsometrie (Surfer 2005)

## Metody vizualizace – stínování

Analytické stínování (hill shading) je technologie zvýraznění reliéfu terénu zobrazením ploch osvětlených a zastíněných uvažovaným zdrojem světla (někdy označováno jako Slunce).

Definuje se azimut (úhel odkud je terén nasvětlen v rozmezí 0-360°) a výška nad obzorem (elevace v rozmezí 0-90°).

Pro tento účel se standardně v kartografii uvažuje azimut 315° a elevace 30° (Monmonier 1982).

Základní technologickou komponentou pro zobrazování pomocí analytického stínování jsou výpočty reflektance (odrazivosti) povrchu.

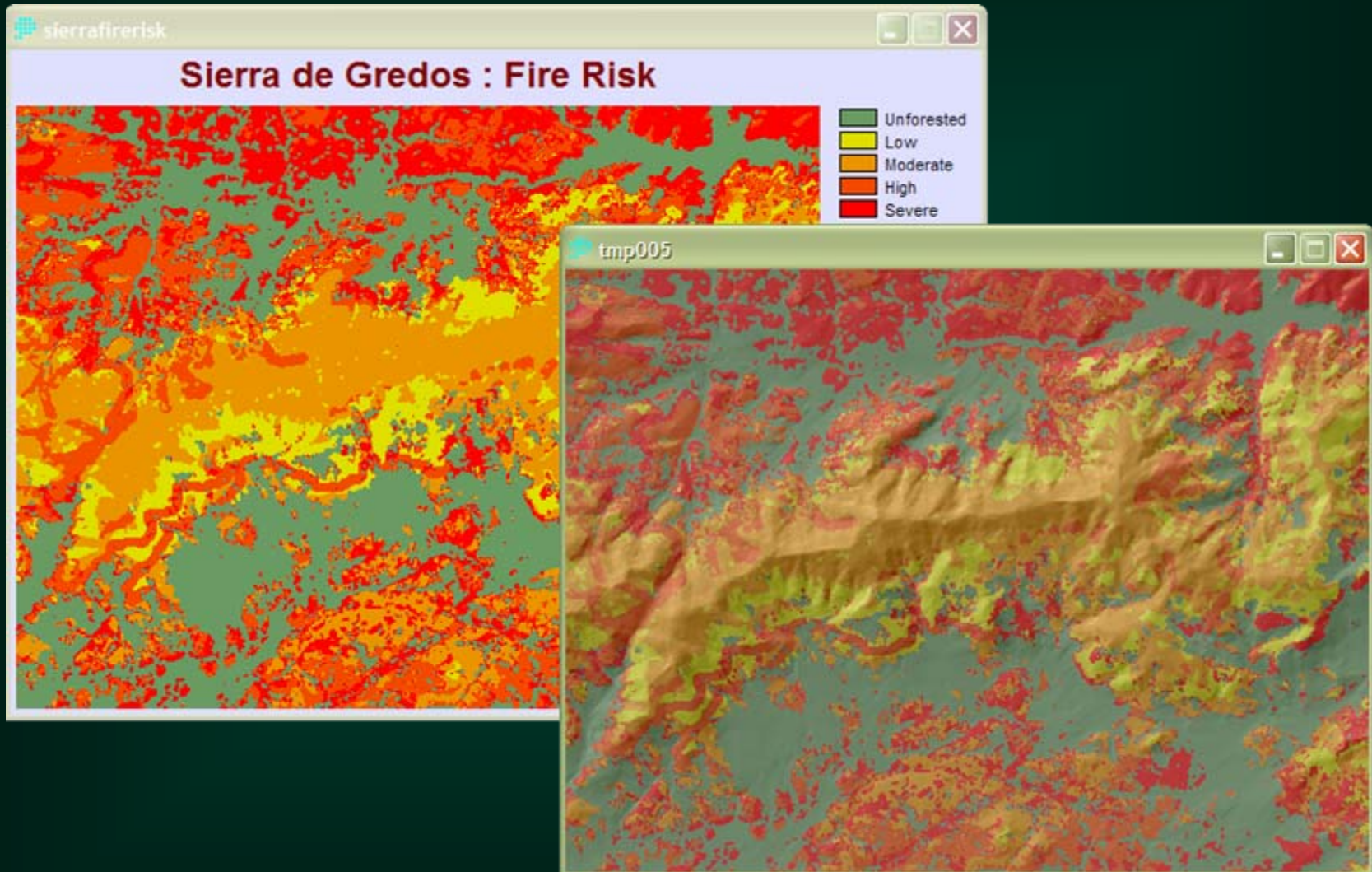
## Metody vizualizace – stínování

Stínování umožňuje rovněž zvýraznit obrazovou interpretaci rastrových dat. Princip spočívá v přímém zakomponování analytického stínování do obrazů, ke kterým máme k dispozici odpovídající DMT (Eastman 2003).

V prvním kroku se z DMT vytvoří obraz analytického stínování, který je následně převeden do bitové binární podoby (hodnoty 0-255). Vstupní obraz (rastr) je rozložen do jednotlivých komponent aditivního RGB systému, red – červené, green – zelené a blue – modré složky (v závislosti na použité paletě rastru) a následně jsou tyto komponenty transformovány do odpovídajících složek HLS systému, hue – odstín (barva), lightness – jas (hodnota podílu bílé) a saturation – nasycení.

Dalším krokem je reverzní transformace složek HLS systému zpět na RGB, kde je ale složka jasu nahrazena obrazem analytického stínování (v bitové binární podobě). Závěrem je z jednotlivých složek RGB systému opět složen výsledný (24-bitový) obraz, ve kterém je vizuálně patrný reliéf terénu.

## Metody vizualizace – stínování



Obr. 6: Zvýraznění vizuální interpretace rastrových dat pomocí analytického stínování (modul ILLUMINATE v Idrisi)

## Metody vizualizace – stínování

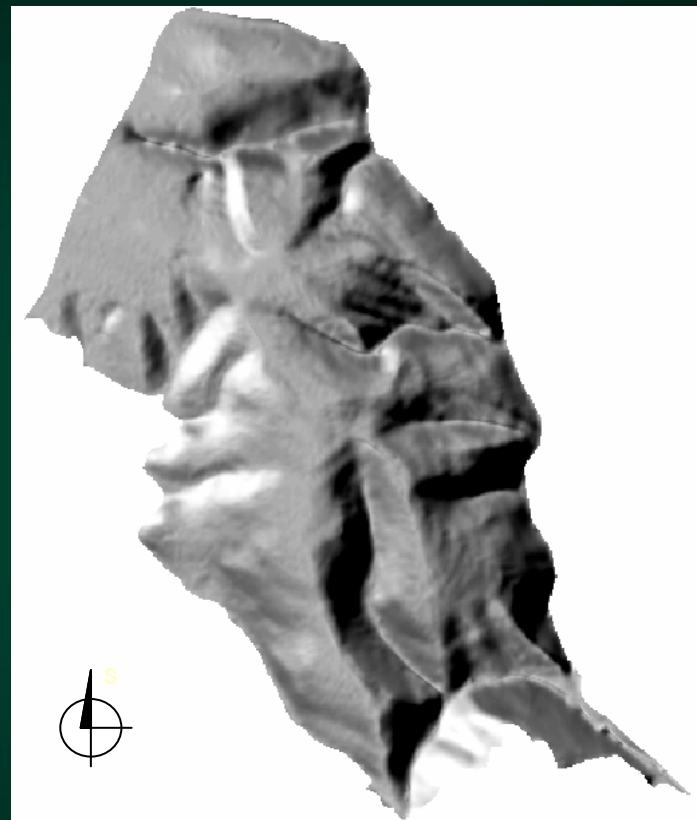
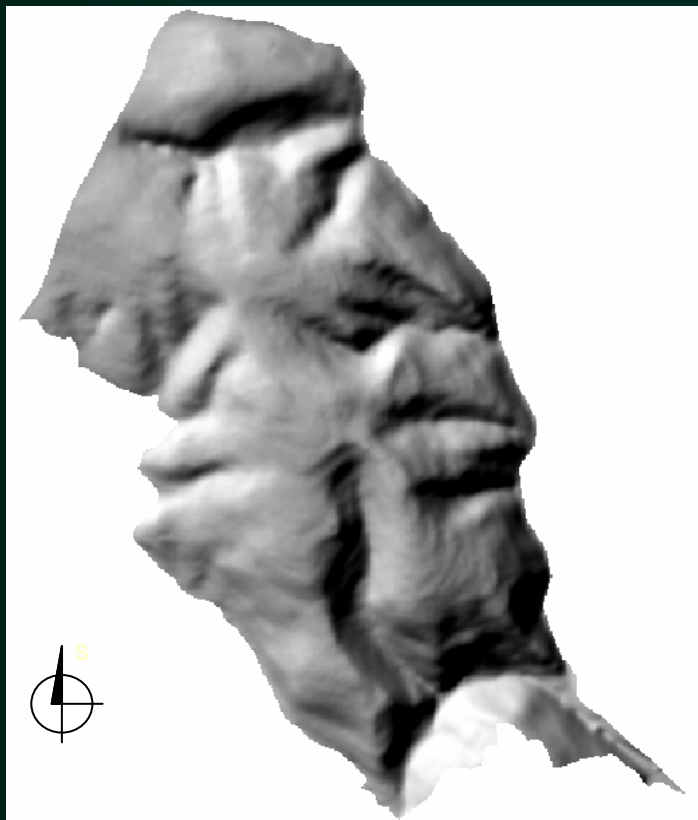
Velmi výrazných efektů stínování reliéfu je možno dosáhnout kombinací více zdrojů osvětlení terénu, kterým jsou přiděleny jednotlivé váhové hodnoty (Mark 1992). V tomto algoritmu je z DMT vytvořen stínovaný reliéf  $HS$  při azimutech  $225^\circ$ ,  $270^\circ$ ,  $315^\circ$  a  $360^\circ$ , vždy při elevaci  $30^\circ$  a dále rastr expozice  $E$  ke světovým stranám. Jednotlivé váhy  $W$  jsou počítány dle vztahů:

$$\begin{aligned}W_{225^\circ} &= \sin^2(E - 225^\circ) \\W_{270^\circ} &= \sin^2(E - 270^\circ) \\W_{315^\circ} &= \sin^2(E - 315^\circ) \\W_{360^\circ} &= \sin^2(E - 360^\circ)\end{aligned}\tag{4}$$

Výsledný stínovaný reliéf  $HS_W$  je potom roven polovině součtů součinu jednotlivých vah a stínovaných reliéfů při daných azimutech dle vzorce:

$$HS_W = \frac{W_{225^\circ} \cdot HS_{225^\circ} + W_{270^\circ} \cdot HS_{270^\circ} + W_{315^\circ} \cdot HS_{315^\circ} + W_{360^\circ} \cdot HS_{360^\circ}}{2}\tag{5}$$

## Metody vizualizace – stínování



Obr. 7: Porovnání technik analytického stínování  
ArcEditor 9,  $A = 315^\circ$ ,  $E = 45^\circ$ , 2x převýšeno,  
vlevo Lambertův model, vpravo Markův model (Mark 1992)

## Metody vizualizace – 3D vizualizace

Současná výkonná výpočetní technika a stále dostupnější programové vybavení umožňuje poměrně jednoduchou, rychlou a finančně nenáročnou tvorbu 3D modelů s prostorovým vnímáním výšky.

Nejjednodušším postupem je v tomto směru příprava modelu pomocí jazyka **VRML** (*Virtual Modeling Language*), který je standardizován obdobně jako například jazyky HTML nebo XML.

Uživateli potom stačí pouze textový editor, který patří ke standardnímu softwarovému vybavení a samozřejmě znalost programových skriptů jazyka. VRML umožňuje, kromě vytvoření modelu pro vizualizaci, také interakční komunikaci s uživatelem (vykonávání předdefinovaných akcí po uživatelském zásahu) a dovoluje vkládat i multimediální prvky (video, zvuk).

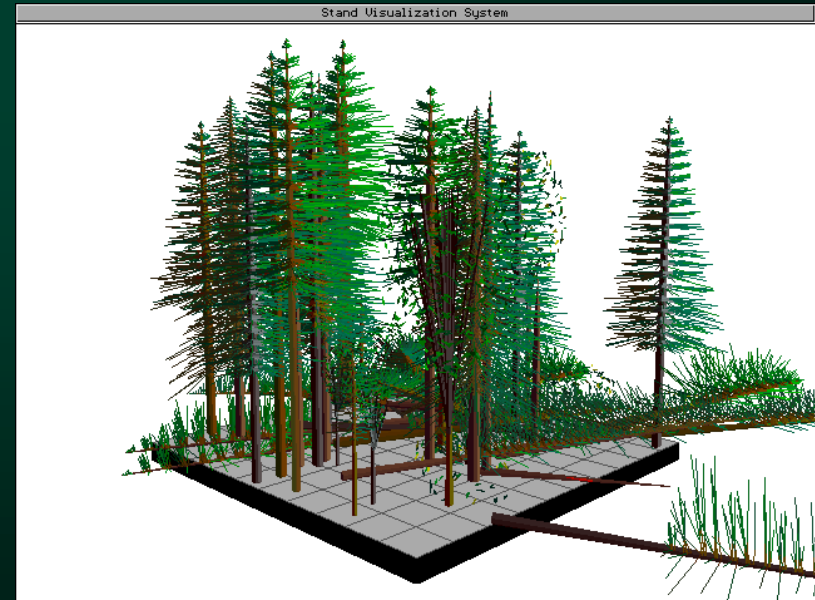
Nezbytnou složkou této technologie jsou uživatelské programy pro následné prohlížení a manipulaci s modelem. K nejpoužívanějším patří **Cortona** (Cortona 2005) a **GLView** (GLView 2002). Oba programy jsou distribuovány jako freeware a umožňují simulovaný průlet a pohyb modelem (Šimkovič 2005).



## Metody vizualizace – 3D vizualizace

Z hlediska lesnického využití přichází v úvahu i simulace vzhledu porostu na DMT. K tomuto účelu se dá použít například program **SVS – Stand Visualization System** (SVS 1999), který je stejně jako program **EnVision – Environmental Visualization System** (EnVision 1999) šířen jako freeware, nebo **Field-Map** (FieldMap 2005), jehož autorem je firma IFER (to už je profesionální komerční software pro terénní výzkum).

V těchto programech je možné vytvořit celkový vzhled jednotlivých stromů (výška stromu, tvar a výška nasazení koruny, typ olistění, barva kmene), FieldMap umožňuje dokonce i práci s odumřelou dřevní hmotou ležící na povrchu terénu. Běžně zde bývá integrován i modul simulace hospodářských opatření, či vývoje porostu.



Obr. 8: SVS (SVS 1999)

## Metody vizualizace – 3D vizualizace



Obr. 9: Environmental Visualization System (EnVision 1999)

## Využití DMT

Využití DMT je v současné době velmi rozsáhlé, protože nástroje pro jejich tvorbu a analýzy jsou téměř běžnou součástí softwaru pro GIS.

Z hlavních oblastí aplikace DMT je možno vylišit tyto:

- **Geoinformační technologie** – v oborech jako je geodézie, GIS a DPZ je základním požadavkem přesnost DMT, protože jsou na něm založeny další operace s obrazovými daty.
- **Stavební inženýrství** – je typickým uživatelem DMT, jak v oblasti plánovací (směrová a výšková vedení tras, kalkulace přesunu hmot, těžební činnost, šíření radiového signálu apod.), tak v oblasti vizualizace výsledků této činnosti v krajině.

## Využití DMT

- **Hospodaření s přírodními zdroji** – jedná se o značně širokou oblast v oborech jako jsou: zemědělství, lesnictví, meteorologie, logistika atd. Tyto obory kladou důraz zejména na analytické možnosti DMT (odhad potenciální půdní eroze, modelování klimatických veličin, pěstební a těžební strategie, optimalizace tras) a samozřejmě také na vizualizaci.
- **Přírodní vědy** – tato oblast se týká zejména oborů jako jsou: geologie, pedologie, geomorfologie, hydrologie a ekologie. Zabývá se především modelováním přírodních procesů a jejich interpretací (půdní charakteristiky, modelování odtoku v souvislosti se záplavami, šíření znečištění, geomorfologické simulace a klasifikace apod.).
- **Vojenské účely** – terén je prakticky nejdůležitější charakteristikou ve vojenství a je tedy v této oblasti kladen důraz jak na pořizování vstupních dat (v globálním i lokálním měřítku), tak na jeho analýzy (logistická podpora, fotorealistická vizualizace bojiště, analýzy dostupnosti a dohlednosti, optimalizace tras, letové simulátory apod.).

## Využití DMT – Lesnictví

Lesnictví patří k oborům, které se zabývají hospodařením s obnovitelnými přírodními zdroji a terénní charakteristiky výrazně ovlivňují jednotlivé složky lesních ekosystémů.

DMT mohou najít uplatnění jednak v obecně profilovaných disciplínách s lesnickým zaměřením (lesnická pedologie, typologie, stavby, meliorace atd.) a potom také v samotném hospodářsko-úpravnickém plánování.

Na základě DMT je tedy možné modelovat půdní charakteristiky (například půdní vlhkost a transport sedimentů), hydrologické charakteristiky (například odtokové poměry, hranice povodí, erozní ohrožení) a klimatické charakteristiky (například teplotní poměry a insolaci).

## Využití DMT – Lesnictví

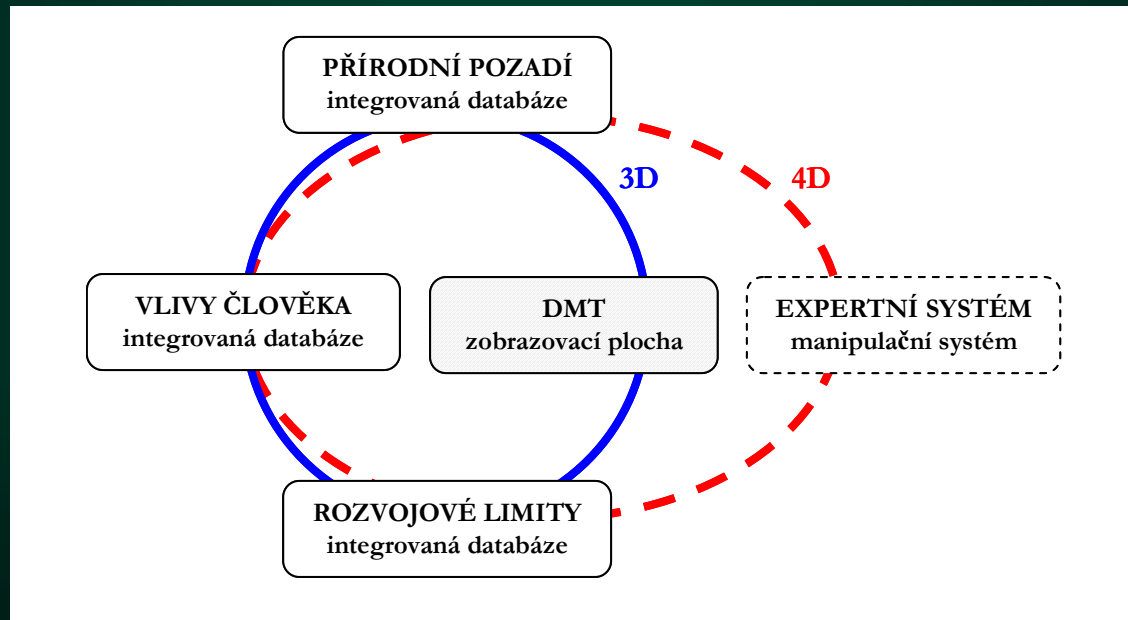
**V oblasti hospodářsko-úpravnického plánování se nabízí řada úloh pro zefektivnění a zpřesnění práce. Například:**

- měření výšky porostů na základě podrobného DMT a leteckých stereofotogrammetrických podkladů (snímků),
- ortorektifikace leteckých a družicových snímků pro obnovu LHP (LHO),
- optimalizace lesní dopravní sítě a následné hmotové výpočty ve stavební činnosti,
- podklady pro výpočty rizikových faktorů erozního ohrožení lesních půd,
- podklady pro terénní klasifikace v těžebních technologiích,
- modelování klimatických parametrů korelujících s nadmořskou výškou a tvarem terénu (mrazové kotliny, anemo-orografické systémy, atd.),
- podklady pro modelování šíření abiotických a biotických škodlivých činitelů (požáry, imise, živočišní škůdci, atd.).

## Využití DMT – Digitální model krajiny

Digitálním modelem krajiny je minimálně čtyřrozměrné, počítačem generované schéma vybraného segmentu krajinné sféry Země zachycující ve zjednodušené podobě jeho strukturní a dynamické rysy (Pelikánová a Kolečka 2000).

První tři rozměry modelu (prostorové souřadnice) popisují strukturní aspekt modelu, zatímco čtvrtý rozměr zachycuje aspekt časový jako produkt modelovaného procesu nebo jako sekvenci stavů procesu.



Obr. 10: Schéma digitálního modelu krajiny (Pelikánová a Kolečka 2000)

## Využití DMT – Digitální model krajiny

Standardní databáze DMK je z prostorového pohledu tvořena třemi základními vrstvami dat (Pelikánová a Kolečka 2000):

- **nadpovrchová data** – reprezentují vzájemně integrované údaje o složkách přírodního geosystému a jeho antropogenní nadstavbě: klima (energie), vodstvo (vlhkostní poměry), vegetace, aktuální či historické využití ploch,
- **povrchová data** – představují informace o reliéfu (v podstatě DMT) umožňující nejrůznější morfometrické operace,
- **podpovrchová data** – zastoupená informací o půdním pokryvu, zvětralinovém a sedimentárním plášti (o zeminách) a o geologické struktuře (o horninách), případně o parametrech podpovrchové vody.

Všechna tato data jsou navzájem integrována, jak ve vrstvách, tak i mezi vrstvami navzájem, obdobně jak je tomu v reálné krajině, nikoliv tedy jen na sobě mechanicky naskládána. Vlastní stránka modelování je zabezpečována použitím expertní poznatkové základny, pomocí které jsou simulovány jednotlivé stavy krajiny.



## Software – TopoL

Původní český GIS, vyvíjený od 90. let firmou Help Service Mapping. Od r. 1999 přešla veškerá práva k užívání a šíření technologie na firmu TopoL Software, s.r.o.

První verze byly určeny pro platformu DOS, poté nastoupila řada 16-bitových aplikací TopoL pro Windows, ukončená verzí 6.8. Přejít na 32-bitové verze je reprezentován také ukončeným vývojem produktu TopoL 2001.

V současnosti je poslední verzí **TopoL xT 8.0**, jehož distribuce byla zahájena na začátku roku 2006 a došlo k sjednocení číslování z předchozích verzí (TopoL 2005).

TopoL existuje v několika funkčních variantách. Tyto varianty se od sebe navzájem liší pouze jinou množinou funkcí, přičemž vzhled a chování je naprosto stejné. Varianty existují od jednoduché prohlížečky dat, přes varianty, které umožňují rozdílnou úroveň editace grafických vektorových objektů a analýzu dat, až po varianty, které v sobě obsahují podporu pro zpracování dat DPZ a tvorbu DMT, vytváření ortofotosnímků a stereo editaci vektorových objektů.

## Software – TopoL

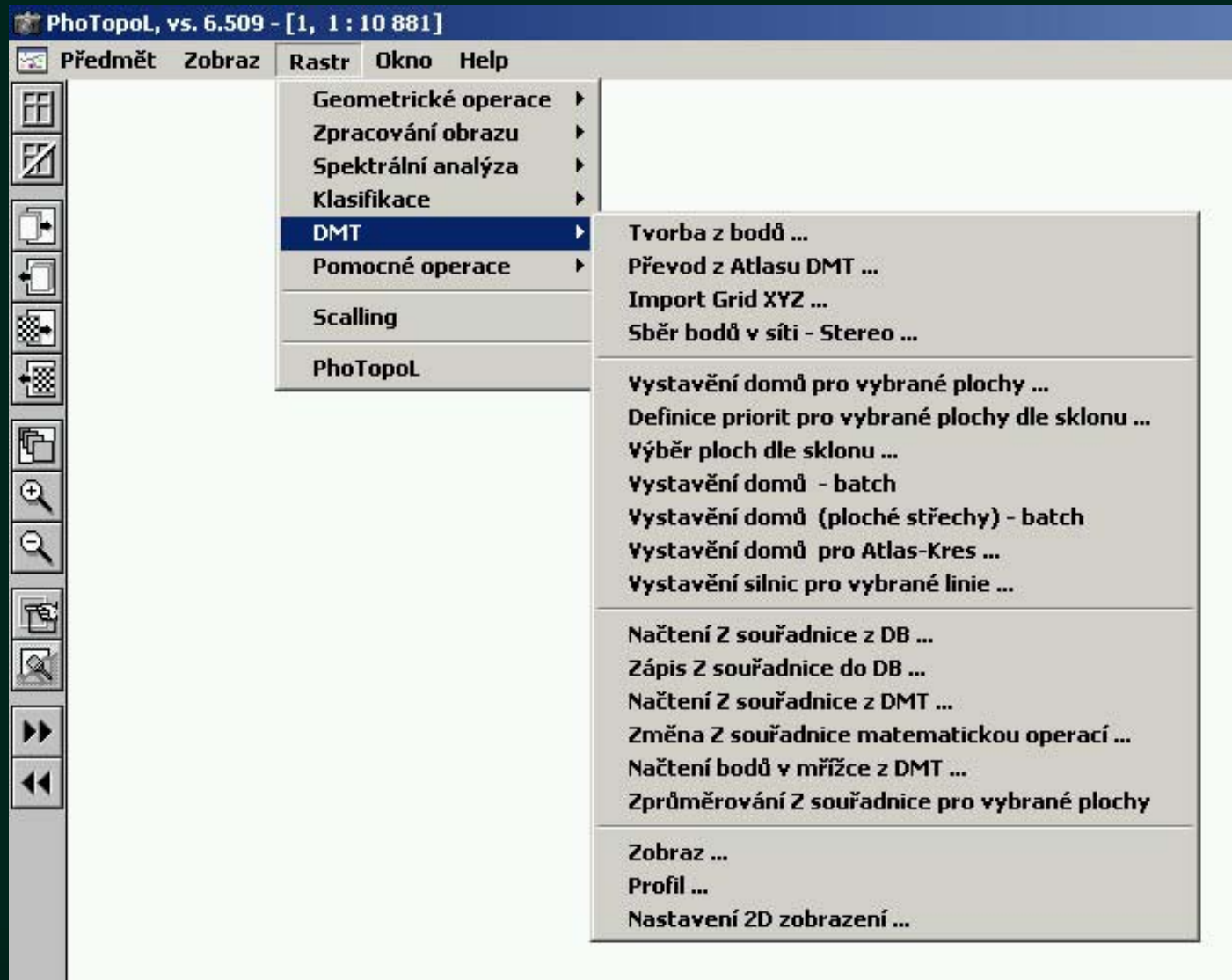
Jednotlivé varianty se liší podle konkrétní verze TopoLu a detailní informace ke každé verzi a variantě je možné získat na webových stránkách firmy.

Je možno vytvářet i jednotlivé programové nadstavby systému TopoL. Tyto aplikace uživatelům umožňují snadné zpracování řešených úloh a poskytují kompletní technologie od vstupu primárních dat přes jejich zpracování po konečnou analýzu a prezentaci výsledků. Příkladem tohoto je již několik vytvořených aplikací a propojení se systémem Atlas a nadstavba pro projektování pozemkových úprav (KPÚ).

Z hlediska digitálního modelování terénu je využitelná pouze varianta DMT V této verzi je přístupné submenu DMT v menu Rastr, které obsahuje 4 nabídky:

- **Tvorba z bodů**
- **Import grid XYZ**
- **Zobraz 3D**
- **Nastavení 2D zobrazení**

# Software – TopoL



Obr. 11: Submenu DMT ve PhoTopoLu 6.509

# Software – TopoL

Parametry pro tvorbu DMT z bodů

Blok: VYS.BLK

Body  
 Pouze vybrané

Druh bodů

B0001
-------

Položka pro výšku

Sloupec	Typ
cislo	Longint
elevation	Numeric 19:3

Povinné hrany  
 Pouze vybrané

1. linie jako body  
 2. linie jako body

Pouze vybrané linie  
 Linie jako povinné hrany

Druh linií

L0001
-------

Sloupec	Typ
cislo	Longint
elevation	Numeric 19:3

L0001
-------

Sloupec	Typ

Blok s hraničními linií: MASK.BLK

L0002
L0027

Hraniční linie  
 Pouze vybrané

Způsob tvorby

Trojúhelníkovou sítí  
 Delaunayho triangulace  
 Export do Atlasu DMT

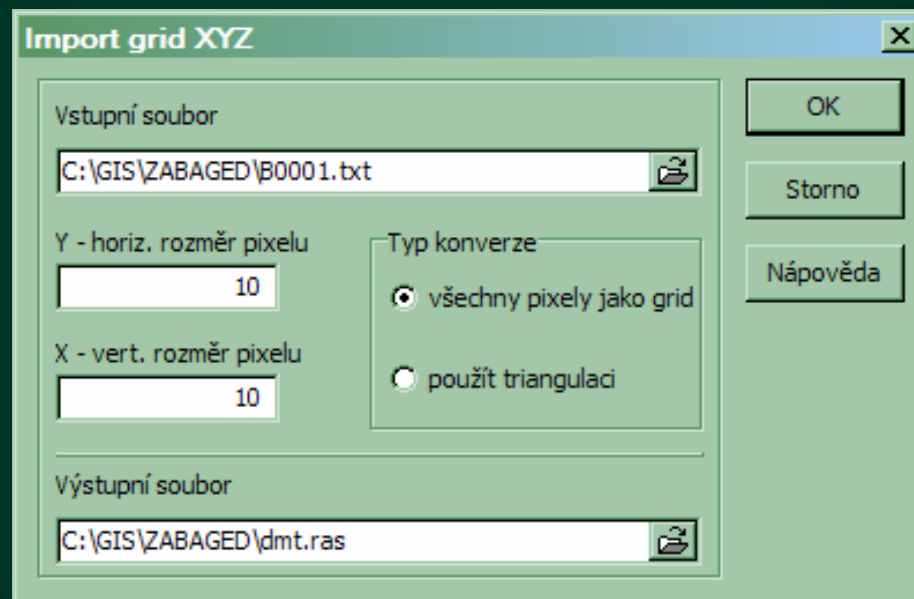
Optimalizace sítě

Rovnostranné tr. v 2D  
 Minimální obvod tr.  
 Min. obvod a plocha  
 Rovnostranné tr. v 3D

OK  
 Storno  
 Nápověda

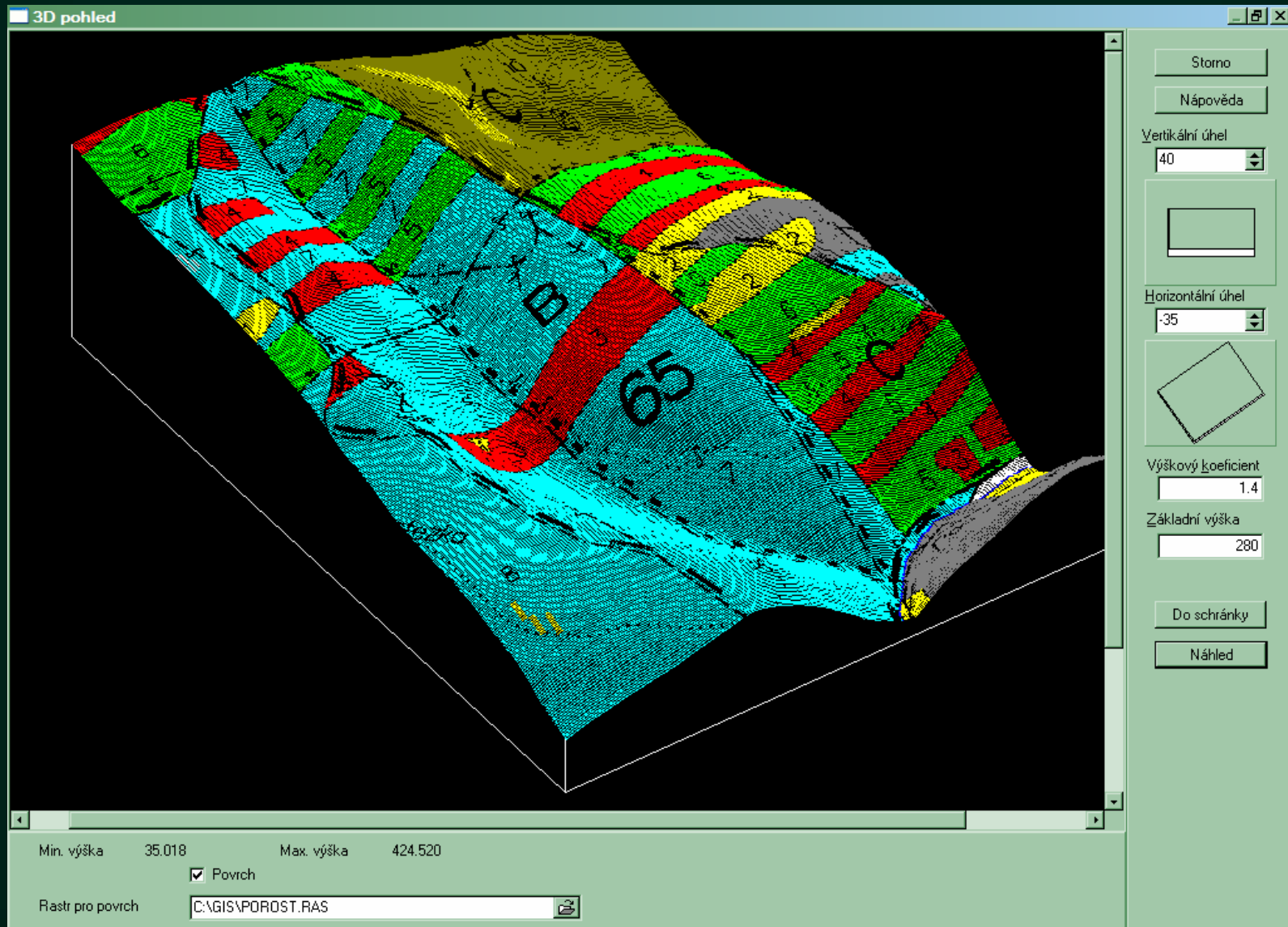
Obr. 12: Tvorba DMT z bodů v TopoLu xT 7.0.9 DMT

# Software – TopoL



Obr. 13: Tvorba DMT importem gridu XYZ v TopoLu xT 7.0.9 DMT

# Software – TopoL



Obr. 14: Zobrazení 3D v TopoLu xT 7.0.9 DMT

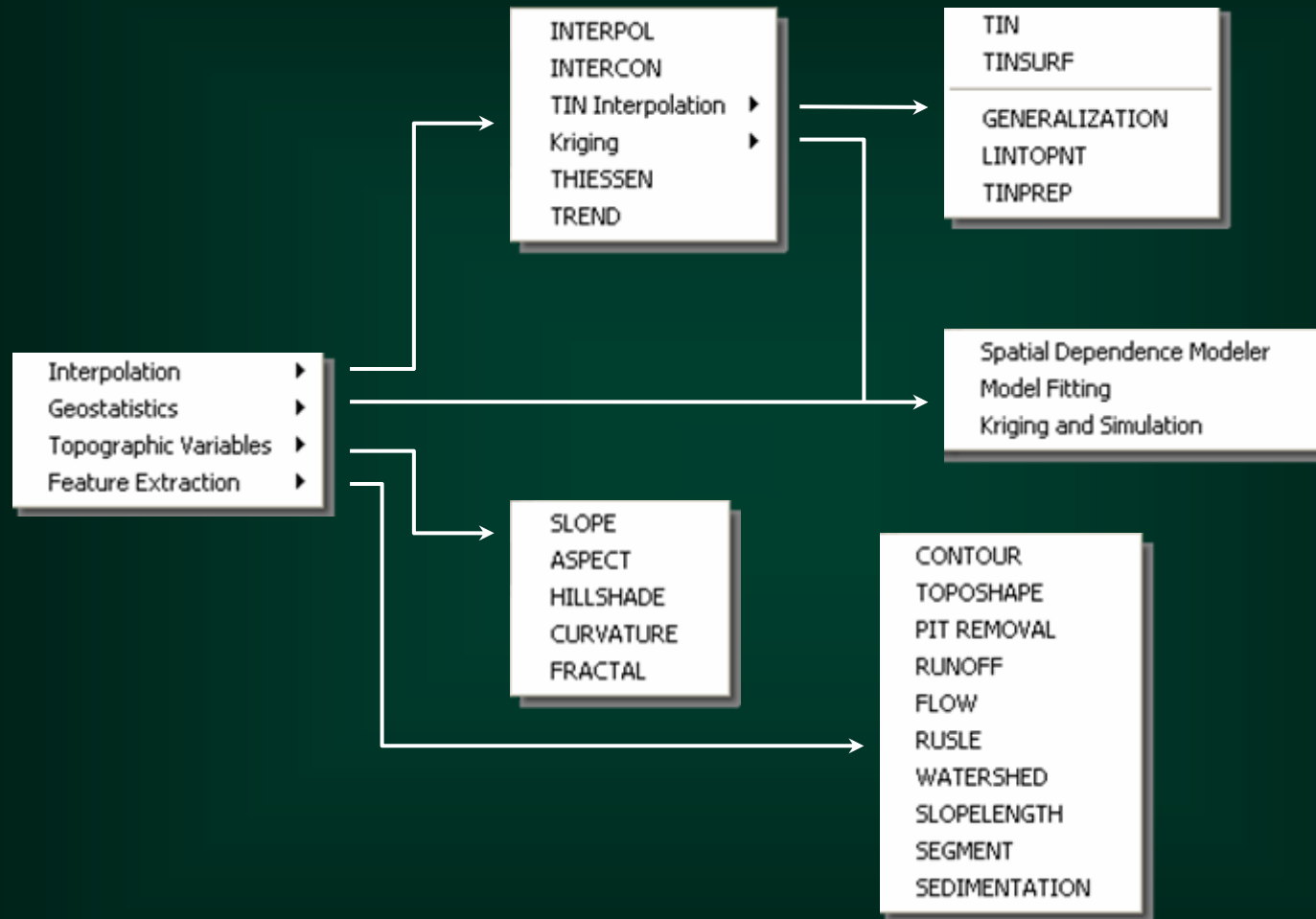
## Software – Idrisi

Typicky rastrově zaměřený GIS s modulární koncepcí, který je vyvíjen od roku 1987 v **Clark Labs** (*Graduate School of Geography, Clark University, Worcester, Massachusetts, USA*) v rámci projektu úzce navázaného na UNITAR OSN a UNEP/GRID.

V současné době je nejvyšší verzí **15.01 Andes**. Tento produkt poskytuje celou škálu základních i rozšířených funkcí, typických pro systémy v oblasti GIS i pro systémy analýzy obrazu v oblasti DPZ. Uživatelské prostředí umožňuje podporu geostatistiky, časových řad, podporu rozhodování a samozřejmě i modelování a analýzu terénu (Idrisi 2006).

Tvorba (interpolace) DMT je v Idrisi lokalizována v menu GIS Analysis – Surface Analysis – Interpolation (a také Geostatistics, kde jsou však stejné moduly jako v Interpolation – Kriging).

# Software – Idrisi



Obr. 15: Přehled modulů menu Surface Analysis v Idrisi



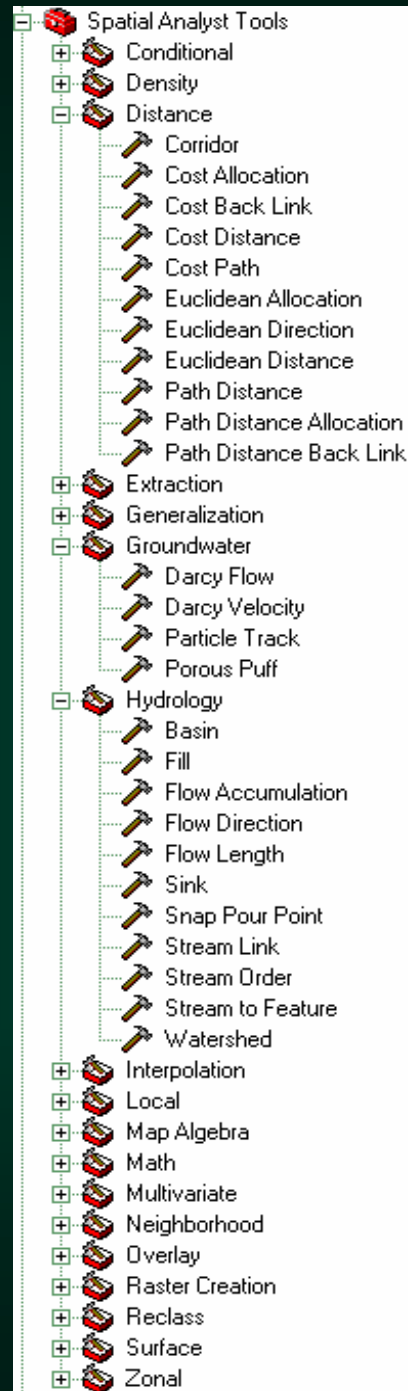
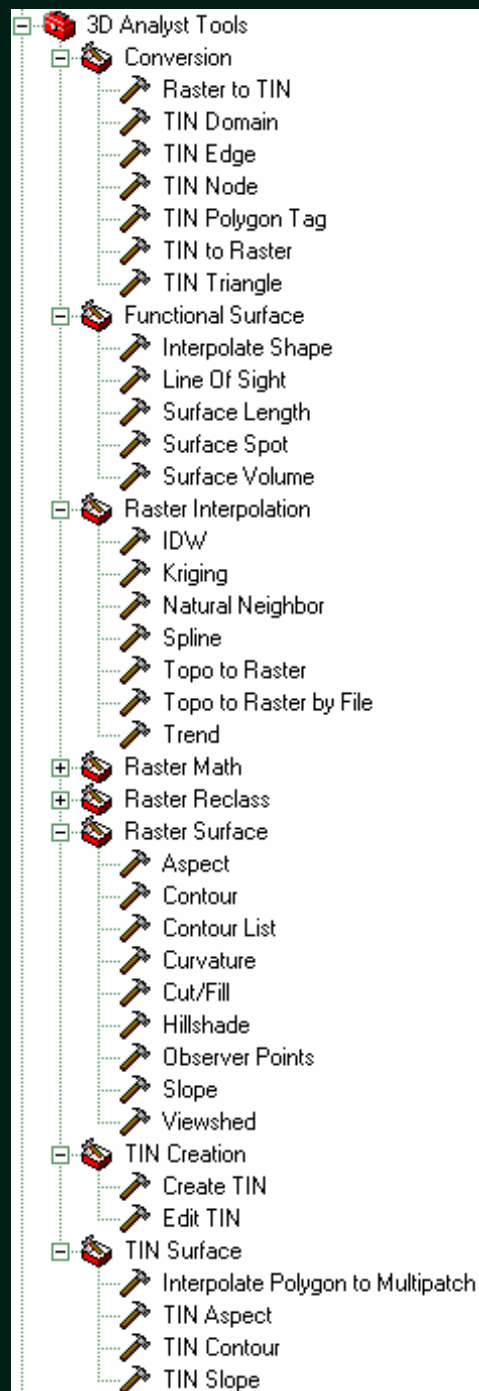
## Software – ArcGIS Desktop

ArcGIS patří k legendárnímu softwaru, který je průkopníkem GIS již od roku 1976, v rámci produktové řady firmy **ESRI** (*Environmental Systems Research Institute, Redlands, USA*).

Současný ArcGIS Desktop je členěn na několik produktových úrovní (**ArcView**, **ArcEditor** a **ArcInfo**), lišících se zejména v možnostech zpracování dat. Základním modulem v každém produktu je **ArcMap**, ve kterém se zobrazují a editují veškerá data. Správcem těchto dat je modul **ArcCatalog** a v modulu **ArcToolbox** jsou k dispozici (dle instalovaných extenzí) příslušné nástroje pro zpracování. K efektním 3D prezentacím slouží moduly **ArcGlobe** a **ArcScene** (interaktivní pohyb v 3D, videozáznam průletu), případně je možné s daty dodávat i **ArcReader**, který poslouží jako prohlížečka (ArcGIS 2005).

Všechny produktové úrovně mohou být dále rozšířeny o **extenze**, kterých je celkem 14 (**3D Analyst**, ArcScan, Data Interoperability, ArcPress, **Geostatistical Analyst**, Military Analyst, Publisher, Maplex, Schematics, **Spatial Analyst**, Survey Analyst, Tracking Analyst, StreetMap, ArcWeb Services).

# Software – ArcGIS Desktop



Obr. 16: Přehled nástrojů ArcToolboxu pro 3D Analyst a Spatial Analyst v ArcEditoru 9.1

## Software – Surfer

Surfer je softwarový produkt určený pro vizualizaci „povrchů“ z diskretních hodnot bodových měření, vyvíjený firmou **Golden Software, Inc.** (Colorado, USA) pro inženýrské a výzkumné aplikace (Surfer 2005).

Import dat umožňuje jednak vstup vektorových a rastrových objektů, kdy software načítá většinu standardních formátů (AutoCAD DXF, ESRI ShapeFile, MapInfo, TIF), ale bez další možnosti pracovat s jejich atributy, a jednak vstup měřených dat, pro jejichž správu je v programu integrován tabulkový procesor.

Principem práce je vytvoření tzv. gridu (matice výškových hodnot) za využití interpolačních metod a volby rozměru gridu. Z interpolačních metod jsou k dispozici: IDW, krigování (včetně nástrojů pro přípravu variogramu), metoda minimální křivosti, Shepardova metoda, metoda nejbližšího a přirozeného souseda, polynomická regrese (bilineární, kvadratická a kubická), metoda radiálních funkcí, triangulace s lineární interpolací, průměrování (pro zadaný počet bodů nebo prohledávací vzdálenost) nebo vytvoření gridu definováním matematické funkce.

## Software – Surfer

V jednotlivých algoritmech je potom možné modifikovat další parametry, jako jsou anisotropie pole, prohledávací vzdálenost a tvar oblasti (parametry elipsy), minimální počty bodů pro interpolaci v sektorech, definovat singularity (zlomy, propady) a další parametry podle typu algoritmu (například hodnotu vyhlazovacího faktoru v metodě radiálních funkcí nebo mocninu vzdálenosti v metodě IDW). K dispozici jsou také možnosti podpory matematických a statistických výpočtů. Program umožňuje zpracování statistického přehledu (popisná statistika, korelace, regrese, kovariance), křížovou validaci pro odhad přesnosti zvoleného algoritmu, a také nastavení filtrů (podmínek) pro vstupní data.

S vytvořeným gridem je možné provádět operace mapové algebry (Grid Math), včetně použití dalších gridů jako proměnných do těchto matematických funkcí, a výpočty odvozených analytických hodnot (Grid Calculus), jako jsou sklony a expozice svahů nebo horizontální a vertikální zakřivení.

## Software – Surfer

Výsledným efektem je potom vizualizace dat, přičemž k dispozici je zobrazení vstupních vektorových bodových dat i liniových vrstevnic (generovaných z DMT), 2D zobrazení rastru ve zvolené barevné škále, stínovaný reliéf (s možností volby z několika metod a variant), vizualizace vektoru gradientu v gridu, 3D drátový model a 3D povrch. Surfer také obsahuje i další grafické nástroje pro dotvoření mapové kompozice podle požadovaných výstupů (texty, objekty, popisky, apod.).

Vytvořená data je možné exportovat jednak v rastrových formátech (TIF, BMP, TGA, PCX, WPG, JPG, GIF, PCT, DCX, PNG), což je vhodné zejména pro výsledné mapové kompozice, nebo jako metasoubory (EMF, WMF, CLP, CGM, AutoCAD DXF). Plnohodnotný výstup pro GIS aplikace potom představují možnosti exportu do formátu ESRI ShapeFile (SHP) a MapInfo (MIF).

## Software – Atlas

System Atlas je produktem stejnojmenné české firmy, založené v roce 1990 za účelem vývoje vlastního grafického softwaru pro oblast inženýrských prací. Společnost v této oblasti úzce spolupracuje se švýcarskou firmou Ingenieurbüro Bernhard Pöpping a s českými firmami GEPRO a TopoL Software (Atlas 2005).

Nabídka produktu Atlas je členěna podle tří hledisek. Podle kvantity zpracovávaných dat (1) na verzi Light (do 2,5 tis. bodů), Standard (do 60 tis. bodů) a na verzi Mega (do 20 mil. bodů). Dále pak podle možností zpracování a zobrazení (2) se dělí na varianty Atlas DMT (generace a editace DMT a jeho základní zpracování) a Atlas Profil (pouze zobrazování DMT a některé operace s již vytvořenými profily a řezy). Nakonec je možné členit systém i podle provázanosti s dalšími programy (3) na základní provedení Atlas DMT, Atlas Map 3D (pro AutoCAD 2000 – 2002), Atlas Pro LT (pro AutoCAD LT 98 – 2005), Atlas VRST (pro MISYS a Kokeš) a MISYS Atlas.

## Software – Atlas

System je možné dále doplnit rozšiřujícími moduly pro práci s rastry (Foto), zpracování DMT po částech (Design), výpočty kubatur (Objem), příčné řezy a profily (Řezy), nástroje pro zjednodušování modelu a úpravy reliéfu (General) a také vizualizačními moduly (3D Rastr, 3D Objekty). K systému existuje i řada aplikačních modulů (Sklon, Cesty, Tok, Kanál, Šíření, Těžba, Odstřel, Voda, Plyn, Vidím, Eroze, Lavina, Tunel), které slouží ke specifické inženýrské činnosti a umožňují projektování a úpravy komunikací, vodních toků a inženýrských sítí, management ložisek nerostných surovin, výpočty optické viditelnosti a šíření radiových signálů, hydrologické, povodňové a erozní analýzy (Atlas 2005).

Od roku 2004 dochází postupně k nahrazování 16-bitového provedení verze 3.8 32-bitovou verzí 4.x. Největší důraz byl při přípravě nové generace systému kladen na snazší ovládání a lepší přehlednost (ovládání z jediného modulu) a také na zvýšení jeho rychlosti a maximálního počtu zpracovávaných bodů.

# Software – Atlas

**Poloha - pohyb**

Základní poloha

Počet snímků v sekvenci: 20

krok: 1

posun: 1

úhly: 1

do výchozí →

do konečné →

H: 352.00

V: 41.00

Distance: 8830.16

Zoom: 21.00

x: 1160898.48

y: 595255.39

z: 6311.11

x: 1154299.13

y: 596182.87

z: 518.00

Převýšení: 1

<<< Bez animace

vždy

Applikuj

**Interpolace** Polygon

Výchozí	Konečná	Krok animace
0.00	0.00	18.95
20.00	20.00	0.00
8830.16	8830.16	0.00
20.00	20.00	0.00

do konečné →

<- do výchozí

<- do běžné

<- do běžné

Soubor .ARD

Zapsat

Vyčistit

Přehrát

Počet snímků v souboru: 20

C:\GIS\Diser\DMU25\ATLAS\dmu.ard

Pro nápovědu stiskni F1

1.00

Obr. 17: Nastavení parametrů vizualizace modulem pOGLedy



## Software – GRASS

GIS GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*) má licenci **GNU General Public License**, což činí tento produkt svobodně přístupný, ale při dodržení některých dalších podmínek (GNU 2005).

GRASS je modulárně koncipovaný GIS, obsahující přes 400 programů a pomocných prostředků, které umožňují práci s rastrovými i vektorovými daty; jeho síla je zejména pak ve zpracování prostorových rastrových dat (GRASS 2005). Vývojářský tým je rozptýlen téměř po celém světě. Vzhledem ke způsobu distribuce je možné doprogramovat vlastní moduly s pomocí manuálu a bohaté knihovny GRASS (API pro programovací jazyk C), nebo alespoň pomocí skriptů zautomatizovat často se opakující nebo manuálně prováděné operace. Tradiční textová konzole byla od roku 1998 doplněna novým grafickým uživatelským rozhraním (GUI), nezávislým na platformě.

## Software – GRASS

Import rastrových dat je zajišťován moduly `r.in.*`, nejčastěji formáty využívající knihovnu GDAL – `r.in.gdal`. Obdobně jsou vektorová data importována moduly `v.in.*`, nejčastěji přes knihovnu OGR – `v.in.ogr`.

Pro tvorbu DMT z rasterizovaných bodových dat jsou k dispozici bilineární interpolace (`r.bilinear`) a metoda IDW (`r.surf.idw`), a také interpolace z rasterizovaných vrstevnic (`r.surf.contour`). Z vektorových podkladů je možné vytvářet DMT opět pomocí IDW (`v.surf.idw`) z bodového pole, a také využitím spline interpolace (`v.surf.rst`) z bodů i z linií. Spline interpolace je patrně zásadní modul pro tvorbu povrchů, neboť obsahuje širokou škálu parametrů pro dosažení odpovídajícího výsledku. Pomocí této interpolace je možno dopočítávat i neexistující hodnoty (tzv. null cells nebo no data) v rastroch (`r.fillnulls`). Další možnosti tvorby povrchů se týkají oblasti TIN – je zde možnost vytvořit z vektorového bodového pole nebo z centroidů Delaunayho triangulaci (`v.delaunay`), nebo vytvořit Thiessenovy polygony (`v.voronoi`). GRASS bohužel neposkytuje další možnosti tvorby DMT z Delaunayho triangulace.

# Software – GRASS

## Parametry spline interpolace

- input                   vektorový soubor se vstupními daty
- elev                    název výstupního souboru interpolovaného povrchu
- layer                   hodnota buňky; 0 pro z souřadnici 3D vektorů; implicitně: 1
- zcolumn                název sloupce obsahujícího hodnoty pro interpolaci; implicitně: flt1
- scolumn                název sloupce obsahujícího smoothing parametry
- dmax                   maximální vzdálenost mezi body; implicitně: 5 \* dmin
- dmin                   minimální vzdálenost mezi body; implicitně: 0,5 \* rozměr pixelu
- npmin                  minimální počet bodů pro interpolaci (> segmax); implicitně: 200
- devi                   název výstupního vektorového souboru směrodatné odchylky
- cvdev                  název výstupního vektorového souboru pro cross-validation
- slope                  název výstupního souboru pro sklony
- aspect                 název výstupního souboru pro expozice
- pcurv                  název výstupního souboru pro profilovou křivost
- tcurv                  název výstupního souboru pro tangenciální křivost
- mcurv                  název výstupního souboru pro průměrnou křivost
- maskmap               název rastrového souboru použitého jako maska
- zmult                  konverzní faktor pro interpolované hodnoty; implicitně: 1
- tension                tension faktor definující napětí spline křivek; implicitně: 40
- smooth                smooth faktor definující vyhlazování povrchu; Implicitně: 0,1
- segmax                 maximální počet bodů v segmentu; implicitně: 40
- treefile               výstupní vektorový soubor se segmentací
- overfile               výstupní vektorový soubor s přesahem segmentů
- theta                  úhel anisotropie (ve stupních proti směru hod. ruč. od východu)
- scalex                 měřítkový faktor anisotropie

## Software – GRASS

Také analytické možnosti GRASSu jsou značně rozsáhlé, od základních analýz terénu, k nimž patří generování vrstevnic z DMT (`r.contour`), výpočty sklonu, expozice, křivostí a parciálních derivací (`r.slope.aspect`), vykreslování řezů terénem (`d.profile`), vytvoření stínovaného reliéfu (`r.shaded.relief`) a analýza viditelnosti (`r.los`), přes hydrologické modelování až po komplexnější analýzy. Hydrologické modelování je zastoupeno moduly pro výpočet povrchového odtoku (`r.flow`, `r.terraflow`) a pro lokalizaci povodí (`r.watershed`, `r.water.outlet`, `r.basins.fill`), eliminaci bezodtokých depresí (`r.fill.dir`), výpočet topografického indexu (`r.topidx`) a simulaci hydrologického modelu TOPMODEL (`r.topmodel`). Z modulu `r.watershed` je možné získat parametry pro RUSLE. Z dalších analýz si zaslouží zmínku modelování solární iradiance (`r.sun`) a stínů na povrchu (`r.sunmask`), nebo modelování šíření požárů v přírodním prostředí (`r.ros`, `r.spread`). Z možností vizualizace je standardně k dispozici analytické stínování (`hill shading`). Dále je zde modul `nviz`, který poskytuje interaktivní 3D zobrazení DMT, s možností ovládání mnoha parametrů.

## Použitá literatura

- ArcGIS.** *WWW stránky produktu ArcGIS Desktop* [online]. c1995-2005 ESRI, poslední aktualizace dne 17.06.2005 [cit. 21.06.2005]. Dostupný z WWW: < <http://www.esri.com/software/arcgis/index.html> >.
- Atlas.** *Domovské stránky firmy Atlas, s.r.o.* [online]. c2001-2005 Atlas s.r.o., [cit. 21.06.2005]. Text v češtině, angličtině a němčině. Dostupný z WWW: < <http://www.atlasltd.cz/> >.
- Cortona.** *Cortona VRML Client* [online]. c2000-2005 ParallelGraphics, poslední aktualizace dne 26.03.2005 [cit. 28.03.2005]. Dostupný z WWW: < <http://www.parallelgraphics.com/products/cortona/> >.
- Eastman, J.R.** *IDRISI Andes Tutorial*. Worcester, MA, USA: Clark Labs, Clark University, 2006.
- EnVision.** *Environmental Visualization System* [online]. c1999 R. J. McGaughey (USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station), poslední aktualizace dne 24.02.1999 [cit. 26.03.2005]. Dostupný z WWW: < <http://forsys.cfr.washington.edu/envision.html> >.
- FieldMap.** *Field-Map. Tool designed for computer aided field data collection* [online]. c1992-2004 Institute of Forest Ecosystem Research, poslední aktualizace dne 03.01.2005 [cit. 28.03.2005]. Text v angličtině. Dostupný z WWW: < <http://www.fieldmap.cz/> >.
- GLView.** *GLView home page* [online]. c2001 Holger Grah, poslední aktualizace 02/2002 [cit. 26.03.2005]. Text v angličtině. Dostupný z WWW: < <http://home.snafu.de/hg/> >.
- GNU.** *GNU General Public License. GNU/GPL* [cit. 27.06.2005]. Text v angličtině. Dostupný z WWW: < <http://www.gnu.org/> >.
- GRASS.** *Geographic Resources Analysis Support System* [online]. GNU/GPL [cit. 27.06.2005]. Text v angličtině. Dostupný z WWW: < <http://grass.itc.it/> >.
- Idrisi.** *WWW stránky produktu Idrisi* [online]. c2006 Clark Labs [cit. 15.03.2006]. Text v angličtině. Dostupný z WWW: < <http://www.clarklabs.org/> >.

## Použitá literatura

- Mark, R.** *Multidirectional, oblique-weighted, shaded-relief image of the Island of Hawaii* [online]. Open File Report OF-92-422. U.S. Geological Survey, 1992, [cit. 04.05.2005]. Text v angličtině. Dostupný z WWW: < <http://wrgis.wr.usgs.gov/open-file/of92-422/of92-422.pdf> >.
- Monmonier, M.** *Computer-Assisted Cartography. Principles and Prospects*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, Inc., 1982. p. 76-80.
- Pelikánová, D., Kolečka, J.** *Digitální model krajiny a jeho využití k identifikaci erozních rizik v povodí*. GEOinfo, 2000, roč. VII, č. 5, s. 11-14. ISSN 1212-4311.
- Surfer.** *WWW stránky produktu Surfer*. [online]. c1997-2004 Golden Software, Inc. [cit. 18.06.2005]. Text v angličtině. Dostupný z WWW: < <http://www.goldensoftware.com/products/surfer/surfer.shtml> >.
- SVS.** *Stand Visualization System* [online]. c1999 R. J. McGaughey (USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station), poslední aktualizace dne 24.02.1999 [cit. 26.03.2005]. Text v angličtině. Dostupný z WWW: < <http://forsys.cfr.washington.edu/svs.html> >.
- Šimkovič, J.** *3D modelovanie v zariaďovaní lesov a lesníckej praxi*. Lesnická práce, 2005, roč. 84, č. 2, s. 76-77. ISSN 0322-9254.
- Topol.** *Domovské stránky firmy TopoL Software, s.r.o.* [online]. c1999-2005 TopoL Software, s.r.o. [cit. 21.06.2005]. Text v češtině, angličtině. Dostupný z WWW: < <http://www.topol.cz/> >.
- Tuček, J.** *Geografické informační systémy. Principy a praxe*. 1.vyd. Brno: Computer Press, 1998. 424 s. ISBN 80-7226-091-X.
- UJEP.** *I. a II. vojenské mapování* [online]. c2004 Rakouský státní archiv/vojenský archiv ve Vídni, MŽP ČR, Laboratoř geoinformatiky UJEP [cit. 26.04.2004]. Dostupný z WWW: < <http://www.geolab.cz/> >, < <http://www.env.cz/> >.
- Urban, J.** *Digitální model terénu*. Praha : Ediční středisko ČVUT, 1991. 60 s.

**Děkuji za pozornost.**

[klimanek@mendelu.cz](mailto:klimanek@mendelu.cz)  
<http://mapserver.mendelu.cz>