#3

Vizualizace výškopisu (nejen) v ArcGIS



Jan Miklín

CartoTips

Vizualizace výškopisu (nejen) v ArcGIS

Vizualizace výškopisu (nejen) v ArcGIS
výukový materiál předmětu Kartografická tvorba–projekt

RNDr. Jan Miklín, Ph.D.
Katedra fyzické geografie a geoekologie
Přírodovědecká fakulta
Ostravská univerzita

jan.miklin@osu.cz
geo.janmiklin.cz

© Jan Miklín, 2017

Výškopis je nedílnou součástí většiny všeobecně geografických a topografických map. Pro jeho zobrazení existuje v ArcGIS hodně možností od těch nejjednodušších až po složitější kombinace více různě upravených vrstev či toolboxy. Použít se také dají volně dostupné specializované programy.

Zdroje výškopisných dat

Z volně dostupných výškopisných dat (pro velkou část světa) jsou nejkvalitnější datové sady digitálního modelu reliéfu **SRTM** (v nejnovější verzi označované **1-arc second global** je velikost jedné buňky zhruba 30×30 m, udávaná výšková přesnost do 16 m) a japonský **ALOS World 3d** taktéž s třicetimetrovým rozlišením. Při používání globálních výškopisných sad je třeba myslet na skutečnost, že uváděné výšky jsou v jiném systému, než je standardně používán v ČR; rozdíly dosahují až několika desítek metrů, proto je tato data možná použít pro přibližnou vizualizaci výškopisu zejména na mapách malých a středních měřítek, ale ne například pro morfometrické analýzy apod.

Pro ČR lze pro tvorbu DMR použít **vrstevnice** (např. ze ZABAGEDU; při interpolaci z vrstevnicových dat je vhodné používat nástroj *Topo to Raster*, který umožňuje zohlednit také vodopis a další pomocné vrstvy) nebo ještě přesnější **DMR 4.**, respektive **5. generace**. Tato data jsou spravovaná ČUZK a pro jejich využití je třeba (placené) licence, prohlížet si je však je možné i skrze *ArcGIS Server* přímo v ArcMapu.

Postup stažení a zpracování SRTM

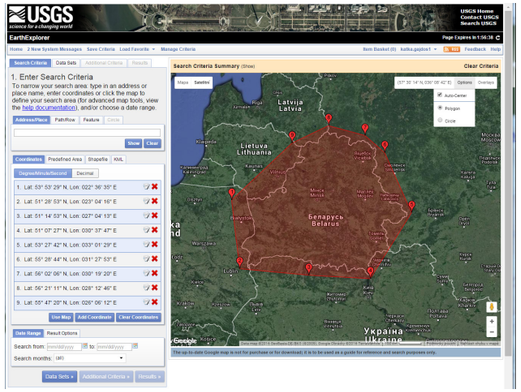
Data SRTM jsou dostupná na USGS EarthExplorer. K jejich stažení je třeba registrace.

1) vyhledání zájmového území (nabízí se více možností, nejjednodušší je volba *Coordinates* pro naklikání zájmového území nebo *Use map* po nazoomování se do požadovaného území)

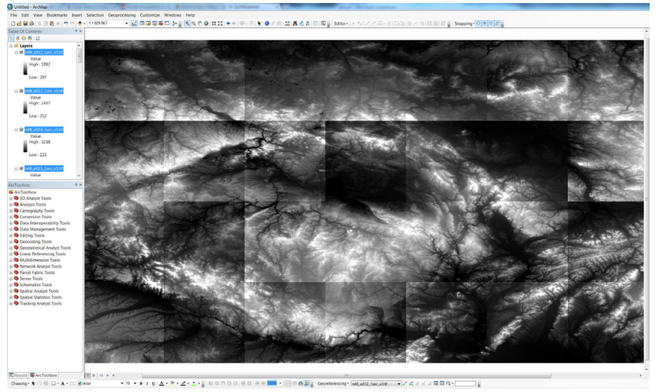
2) vybrání zájmových dat (*Data sets – Digital Elevation – SRTM – SRTM 1 Arc-Second Global*), klinutí na *Results*

3) objeví se seznam souborů, pokrývajících zájmové území (data jsou rozřezána na čtverce 1×1 °), ty je třeba stáhnout (ve formátu GeoTIFF)
Při stahování většího souboru dat, kdy by bylo stahování po jednom čtverci zdlouhavé, je možné využít možnosti **hromadného stažení** (*Show result controls – Add Results from Current Page to Bulk download – View Item Basket*, nastavit formát, *Proceed to Checkout*).

4) jednotlivé čtverce je pro další práci vhodné spojit do jednoho souboru pomocí funkce *Mosaic to New Raster*, pro správný výsledek je třeba správně nastavit položku *Pixel type* (u tohoto typu dat na 16_BIT_SIGNED. Data jsou ve WGS84, pro další práci je vhodné je transformovat do kartografického zobrazení (funkce *Project raster*, viz CartoTip #1).



Rozhraní USGS EarthExplorer pro stažení dat SRTM.



Data SRTM pro ČR a okolí před spojením.

Jaké rozlišení DMR potřebuji?

Nutné rozlišení DMR vychází z doporučeného **DPI** při daném způsobu prezentace mapy (90-130 u digitální mapy, 300 u tištěné) a měřítka. Zbytečně velké rozlišení DMR v mapě zvětšuje velikost souboru a zpomaluje zobrazování, proto je vhodné u výstupů toto zohledňovat. Příklad pro tisk:

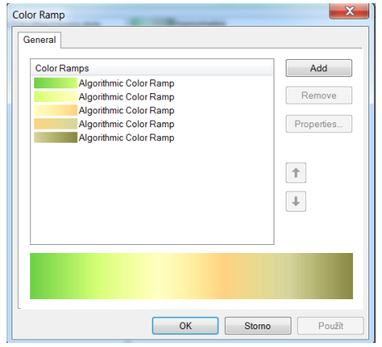
- 300 DPI = 300 bodů na palec
- velikost bodu na vytištěné mapě:
  2,54 cm/300 = 0,0847 mm
- přepočet dle měřítka:
- 1 : 10 000 → 0,847 m
- 1 : 50 000 → 4,23 m
- 1 : 1 000 000 → 85 m

Pokud u SRTM vychází v S-JTSK jeden pixel na zhruba 25 m, pak je tato data možno při 300 DPI použít na mapy s měřítkem 1 : 300 000 a menším.

Změna velikosti buňky se provádí funkcí *Resample*, případně zadáním nové velikosti buňky při jiných operacích (např. převodu kartografického zobrazení). Vzhledem k typu dat je třeba myslet na způsob přiřazení nové hodnoty (průměr, modus, medián apod.).

Barevná hypsometrie

Barevná hypsometrie je jedním z nejpoužívanějších způsobů vizualizace výškopisu pro všeobecně geografické mapy středních a malých měřítek. V ArcGIS lze pro vizualizaci tímto způsobem použít dva způsoby (vlastnosti vrstvy – *Symbology*), a to ***Classified*** (s oddělenými třídami – barevnými pásy) nebo ***Stretched*** (plynulé přechody barev). Každá z variant má své výhody a nevýhody, v moderní kategorie se častěji používá vizuálně atraktivnějších plynulých přechodů; u klasifikovaných tříd je klíčovou otázkou volba intervalů – blíže viz Imhof (1982).



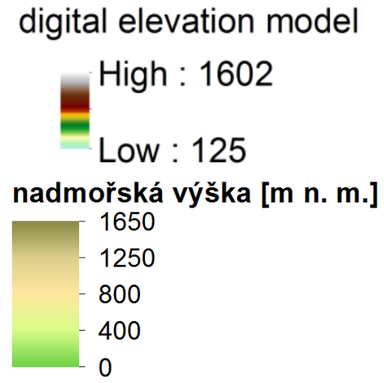
Vlastní složená hypsometrická škála.

Tvorba vlastní barevné palety

Vlastní barevnou paletu lze vytvořit a uložit ve vlastním *Style* souboru (*Customize – Style Manager – Color Ramps*). ArcGIS rozlišuje několik druhů barevných palet, pro plynulou hypsometrickou škálu je vhodná *Multipart Color Ramp*, tedy složená barevná stupnice, do níž za sebe poskládáme několik *Algorithmic color ramps*, tedy barevných škál tvořících plynulý přechod mezi dvěma barvami. Důležitou zásadou pro postupné skládání jednotlivých *Algorithmic color ramps* za sebe je to, že každá další barevná škála musí začínat (*Color 1*) stejnou barvou, jako ta předcházející končila (*Color 2*). Pokud tomu tak není, ve výsledku vznikají barevné skoky.

Legenda barevné hypsometrie

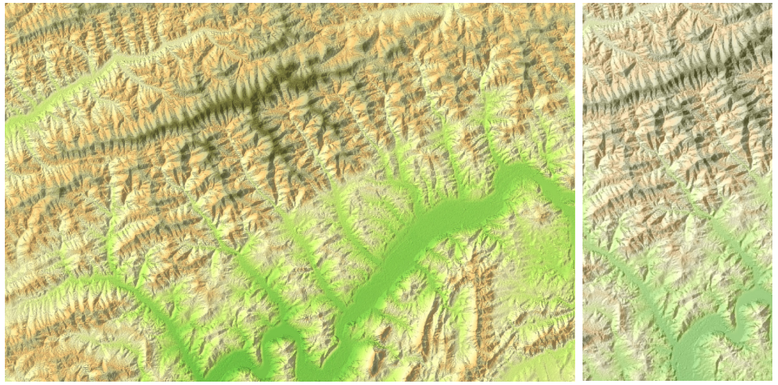
Legenda je nezbytnou součástí vrstvy s výškopisem. Nezbytné je dbát jak na správné označení (například nadmořská výška, případně uvedení jednotek, výškového systému apod.), tak vlastní popisky. Standardní popisek generovaný ArcGIS (název vrstvy, a popisek škály dvěma hodnotami *High* a *Low*) je zcela nevhodný. Nastavení **popisu legendy** se provádí přes volbu *Labeling* přímo v nastavení *Symbology*. Možné varianty jsou **(i)** nastavení počtu intervalů a **(ii)** nastavení šířky intervalu. U první možnosti je možno pomocí hodnoty *Value* nastavit, jakým hodnotám bude náležet daný přesný odstín barvy. Úpravou *Label* je pak možno nastavit trochu jiný popisek, než přesně odpovídá nastavení (např. zaokrouhlení pro lépe vypadající hodnoty).



Příklad špatné (nahoře) a správné (dole) legendy barevné hypsometrie.

Kombinace barevné hypsometrie se stínováním

Zatímco barevná hypsometrie udává hodnotu nadmořské výšky, ale neposkytuje představu o tvaru reliéfu, stínovaný reliéf naopak názorně zobrazuje tvary, ale nepodává žádné informace o nadmořské



Kombinace vrstvy barevné hypsometrie v grafickém programu v režimu Násobit (vlevo) a klasickou průhledností (vpravo).

výšce. Proto se tyto dva způsoby obvykle kombinují. Pro **kombinaci dvou rastrových vrstev** (hypsometrická a stínovaná) se nabízí tři možnosti přístupu:

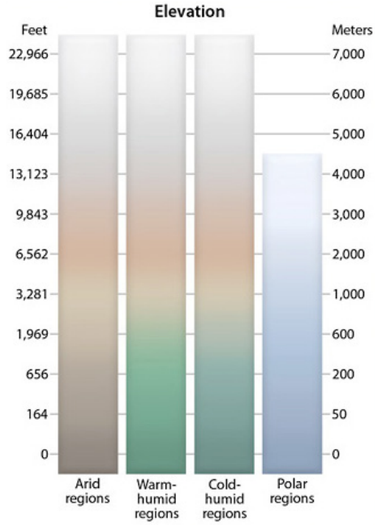
1) Prosté nastavení průhlednosti v ArcGIS
Nejjednodušší varianta, kdy vrstvě stínovaného reliéfu nastavíme určitou průhlednost (*Layer properties – Display – Trasparency*), případně upravujeme kontrast nebo jas vrstvy (vrstev) (ať už pomocí práce s histogramem, nebo jednoduchým nastavením v záložce *Display*). Nevýhodou je snížení saturace a světlosti vrstvy hypsometrie, a k relativně uspokojivému výsledku je potřeba experimentování s nastavením parametrů zobrazení. Průhlednost stínované vrstvy je pak nutno **zohlednit i v legendě**, nejjednodušší je přes barevnou škálu legendy hypsometrie vložit nový – stejně velký – *Data frame*, obsahující vrstvu stínovaného reliéfu se stejnými vlastnostmi zobrazení (průhlednost, kontrast aj.) jako je tomu v mapě.

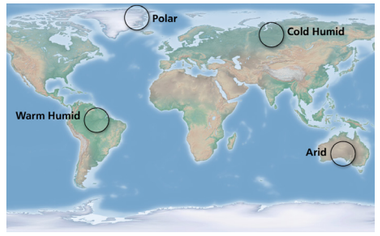
2) Využití PanSharpeningu
Postup využívající pokročilého míchání barev několika vrstev popsal Nagi (2012).

3) Kombinace vrstev v grafickém software
Podobných výsledků, ale rychlejším způsobem, lze dosáhnout kombinací obou vrstev v grafickém programu (např. **Photoshop** nebo **Gimp**). Klíčem je nastavení **režimu prolnutí vrstev** jako ***Násobit*** (*Multiply*). Tento způsob zachovává původní (hypsometrické) barvy tam, kde vrstva stínu je světlá (bílá), a ztmavuje je naopak tam, kde je vrstva stínu tmavá. Výsledkem je tedy kontrastnější a saturovanější obraz. Navíc i zde je možno (a pravděpodobně pohodlněji) pracovat s různými úpravami kontrastu. Nevýhodou je snad jen nutnost znovuvložení výsledné prolnuté vrstvy do ArcGIS pro další práci.

Cross-blended hypsometric tints

Zajímavou alternativou obvykle používané jednotné hypsometrické škály pro celé území jsou tzv. **Cross-blended hypsometric tints**, navržené a vytvořené Patterson & Jenny (2011). Vrstvu použitelnou v ArcGIS pro mapy malých měřítek je možné (v různých variantách – kombinacích se stínováním apod.) stáhnout z NaturalEarhData.





Princip tzv. cross-blended hypsometric tints a jejich použití pro mapu světa. Převzato z Patterson & Jenny (2011).

Stínovaný reliéf

Vytvoření jednoduchého stínovaného reliéfu (*Relief shading*) je otázkou pár kliknutí, kartograficky korektní stínování (a jeho případná kombinace s dalšími vrstvami) je poměrně složitou a dlouhodobě řešenou otázkou kartografie a GIS (Imhof 1982; Jenny 2001; Veronesi & Hurni 2014; Marston & Jenny 2015). Správně zhotovený stínovaný reliéf by měl zdůrazňovat hlavní rysy reliéfu, ale zároveň potlačovat rysy nedůležité (detaily), pro vytvoření plastického dojmu správně zobrazovat různě orientované svahy apod. V posledních desetiletích bylo vytvořeno poměrně dost postupů (např.), mnohých dostupných i ve formě toolboxů/postupů do ArcGIS.

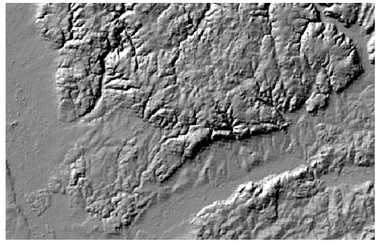
Jednoduchá kombinace tří vrstev

Relativně jednoduchým postupem je kombinace tří vrstev: barevné hypsometrie, vyhlazeného stínovaného reliéfu a perspektivní vrstvy (Barnes 2002).

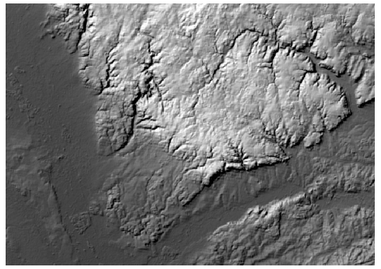
1) Základem je **DMR**, z nějž vytvoříme stínovaný reliéf standardním postupem (*Spatial Analyst Tools – Surface – Hillshade*). Pro správné vzezření je nutné, aby výchozí DMR byl v kartografickém zobrazení (*Projected Coordinate System*, ne jen *Geographic Coordinate System* – např. WGS84)

2) Dalším krokem je vyhlazení **stínovaného reliéfu**, které potlačí přílišné detaily. Použít lze funkci *Focal statistic*, s nastavením okolí *Circle, radius 4*, statistikou *medián* (s velikostí okolí apod. lze experimentovat v závislosti na potřebném detailu/shlazení, rozlišení dat apod.)

3) Vrstva perspektivy – získaná pomocí *Raster calculatoru* se zadáním výrazu *DMR/5+hillshade* je vytvoření vrstvy, která bude v údolích tmavá, ve vysoko položených částech reliéfu světlá.

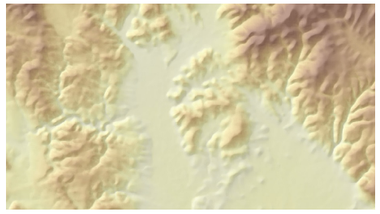


Stínovaný reliéf před a po vyhlazení.



Vrstva perspektivy.

4) Posledním krokem je uspořádání všech vrstev nad sebe a nastavení jejich zobrazení (průhlednost, kontrast, jas). Jeden z návodů (Barnes 2002) doporučuje pořadí (od shora dolů, v hranatých závorkách hodnoty kontrastu-jasu-průhlednosti) **DMR s barevnou hypsometrií** [0-20-55], vyhlazený **stínovaný reliéf** v černobílé škále [0-0-35] a **vrstva perspektivy** v černobílé škále [0-0-30], avšak tyto hodnoty lze různě měnit a tím upravovat vzhled výsledku s důrazem na různé vrstvy (případně použít postup se spojením těchto vrstev v grafickém programu, viz výše).



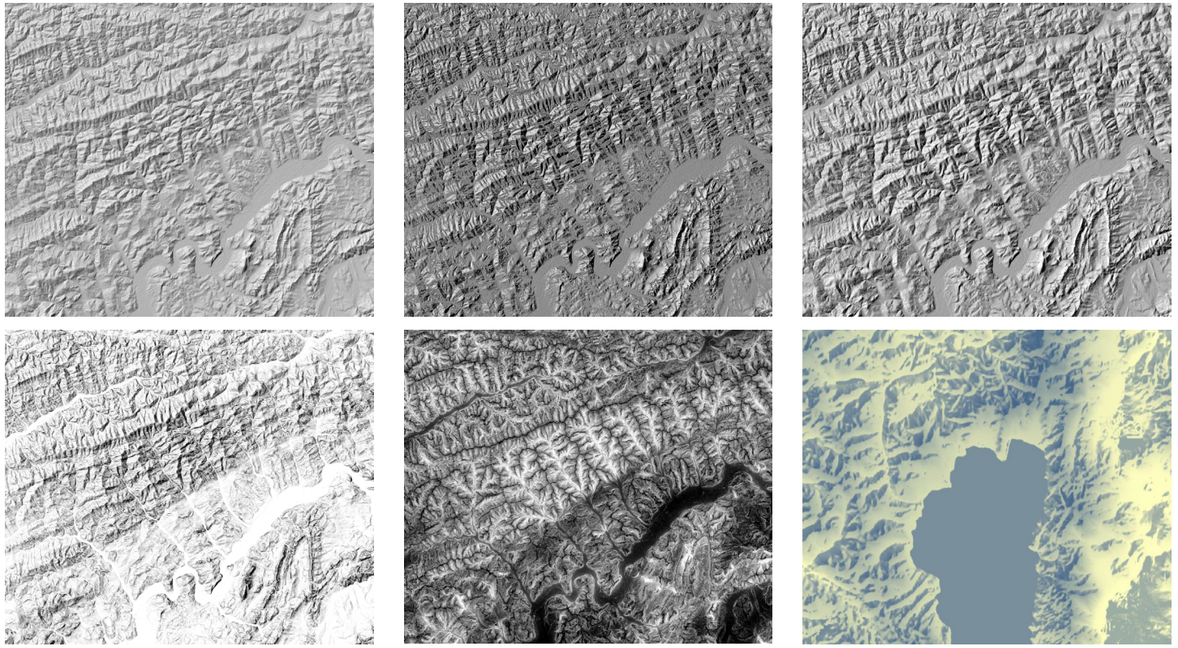
Jedna z možných finálních kombinací vrstev.

Další pokročilé metody stínování – ESRI Terrain Tools

Mnohé postupy pro pokročilou práci s tvorbou stínovaného reliéfu (často nabízené i jako toolboxy do ArcGISu) nově integruje sada nástrojů ESRI Terrain Tools (ETT; český popis viz Souček 2016, detailní popis jednotlivých nástrojů v nápovědě nástroje).

Multidirectional Hillshade

Nejrůznější varianty **vícesměrného stínování** řeší problém s nenázorným zobrazením svahů s určitou orientací vůči jednomu zdroji světla tím, že používají více zdrojů světla (tedy vytvoří několik základních stínovaných reliéfů s různým azimutem zdroje), které následně sloučí do jedné výsledné vrstvy. Varianta v ETT používá čtyři zdroje světla.



Různé varianty stínování reliéfu (nahoře, zleva): jednoduché stínování, Multidirectional Hillshade, Cluster hillshading; (dole, zleva) Cluster hillshading – elevation, Sky Model ve variantě Overcast, Swiss hillshade.

Swiss Hillshade

Tzv. **Švýcarská metoda stínování** (Jenny & Hurni 2006; Räber et al. 2009) používá vyhlazenou vrstvu stínování, kterou slučuje s původním DMR a stínování navíc obarvuje (nepoužívá tedy tradiční černobílou škálu, ale žluto-modrou).

Cluster Hillshade a jeho varianty

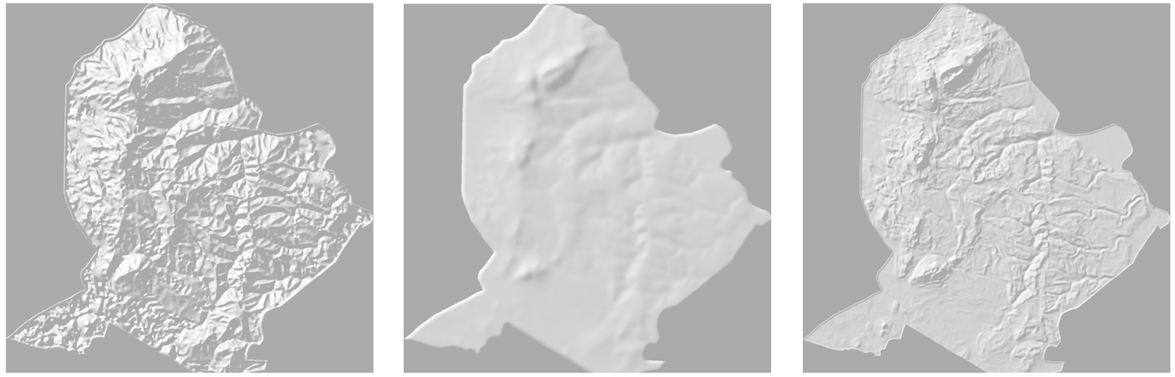
Cluster Hillshade (Veronesi & Hurni 2014) je v zásadě jednou z variant *Multidirectional Hillshade*, zde konkrétně postup, který buňky rastru rozdělí do dvou skupin s různým směrem zdroje světla. Nástroj obsahuje ještě varianty *Slope* a *Elevation*, které využívají kolmý směr světla a zdůrazňují tedy svahy, zatímco roviny jsou bílé.

Sky Model

Opět varianta vícesměrného stínování, která se ale snaží simulovat i světlo rozptýlené v atmosféře i odrazem od zemského povrchu (tedy např. i stíny kopců). Výstup kombinuje velké množství zdrojů (v ukázkových souborech je jich použito přes dvě stě, pomocí aplikace *SkyLuminance* si ale lze vytvořit vlastní).

Další nástroje pro vizualizaci výškopisu v ETT

Kromě různých postupů pro pokročilé stínování obsahuje ETT několik dalších nástrojů: **Historic dots** (zobrazení vrstevnic filtrovanými tečkovanými čarami), **Filled contours** (vybarvení prostoru mezi vrstevnicemi, tedy prakticky varianta barevné hypsometrie), **Illuminated contours** (osvětlené vrstevnice s plastickým efektem), **Hachures** (šrafy, nástroj vytvoří vrstvu obsahující značky s velikostí a orientací závislou na sklonu



Různě generalizovaný stínovaný reliéf z programu Terrain Sculptor.

a orientaci svahu), **Shadow lines** (znázornění stínování sadou linií různého směru – stínů z různých zdrojů světla), **Chromastereoscopic3D** (přiřazení barvám DMR tak, aby při pohledu skrze chromastereoskopické brýle vznikl 3D efekt), **3D Choropleth** (stínování k vyjádření hodnoty určitého atributu plošného prvku – pseudo 3D efekt) a **Plan Oblique** (specifický druh projekce, simulující perspektivu jako např. při pohledu z letadla; Jenny & Patterson, 2007).

Alternativní software

Kromě nástrojů v ArcGISu lze pro práci s vizualizací výškopisu použít také alternativní specializované programy, dostupné zdarma. Jejich funkčnost je často omezené např. z hlediska podporovaného formátu vstupních dat (často ASCII soubor; ten lze vytvořit exportem z ArcGIS) nebo maximální velikosti DMR.

PyramidShader

Program Pyramid Shader umožňuje z DMR ve formátu ASCII vytvořit stínovaný reliéf (včetně jeho generalizace), stínované vrstevnice (Illuminated contours), hypsometrii a další způsoby vizualizace, podporuje export výsledku ve formátu TIF.

TerrainSculptor

Nástroj specializovaný na generalizaci stínovaného reliéfu, obsahuje několik nastavitelných parametrů, avšak kombinací různých hodnot dosáhnout velmi odlišných výsledků (Leonowicz et al. 2010).

ScreePainter

Vytváří obraz skalních a kamenných moří ve vybrané části území na základě DMR (vhodné jako doplněk topografických map) (Jenny et al. 2010).

Literatura a zdroje

Barnes, D. (2002) Using ArcMap to Enhance Topographic Presentation. *Cartographic Perspectives*, 42, 5-11.

Imhof, E. (1982) *Cartographic Relief Presentation*. Walter de Gruyter, Berlin/New York.

Jenny, B. (2001) An Interactive Approach to Analytical Relief Shading. *Cartographica*, 28, 67-75.

Jenny, B. & Hurni, L. (2006) Swiss-Style Colour Relief Shading Modulated by Elevation and by Exposure to Illumination. *The Cartographic journal*, 43, 198–207.

Jenny, B. & Patterson, T. (2007) Introducing plan oblique relief. *Cartographic Perspectives*, 57, 21-40.

Jenny, B., Hutzler, E. & Hurni, L. (2010) Scree representation on topographic maps. *The Cartographic Journal*, 47, 141–149.

Leonowicz, A.M., Jenny, B. and Hurni, L. (2010) Terrain Sculptor: Generalizing terrain models for relief shading. *Cartographic Perspectives*, 67, 51–60.

Marston, B.E. & Jenny, B. (2015) Improving the representation of major landforms in analytical relief shading. *International Journal of Geographical Information Science*, 29, 1144-1165.

Naci, R. (2012) *Using Image Analysis Functions to Display Layer Tints on Hillshades*. ArcWatch: GIS News, Views, and Insights [www]

Patterson, T. & Jenny, B. (2011) The Development and Rationale of Cross-blended Hypsometric Tints. *Cartographic Perspectives*, 69, p. 31–45.

Räber, S., Jenny, B. & Hurni, L. (2009) Swiss Style Relief Shading Methodology: Knowledge base for further development and application in digital cartography. *Conference Proceeding for ICC2009 the 24th International Cartographic Conference, Santiago de Chile, Chile*.

Souček, J. (2016) Nástroje Terrain Tools. *ArcRevue*, 25(3), 34-39.

Veronesi, F. & Hurni, L. (2014) A GIS tool to increase the visual quality of relief shading by automatically changing the light direction. *Computers & Geosciences*, 74, p. 121-127.



© Jan Miklín
2017
geo.janmiklin.cz
kfg.osu.cz