

Tomáš CEBECAUER

# VIZUALIZÁCIA TEMATICKÝCH ÚDAJOV S POUŽITÍM TIEŇOVANIA RELIÉFU V PROSTREDÍ GIS

**Cebecauer T.: Visualization of the Thematic Data by Application of Hillshading Using GIS.** Kartografické listy, 9, 2001, 7 figs., 7 refs.

**Abstract:** Tools for creation of hillshaded visualizations of spatial data are available in many commercial GIS products. Process of visualisation creation is composed of the calculation of shading intensity from digital model of relief and the transformation of colours used for thematic information representation in accordance with shading intensity. Several approaches are available for accomplishing these steps, and selection of the most appropriate one is determined by character of used thematic data, local relief parameters and expected properties of final visualisation. Individual systems differ in way of implementation of these tools, used methods and also in demands on user skills.

**Keywords:** Hillshading, cartographic visualization, digital model of relief, colour transformation.

## Úvod

Reliéf predstavuje jednu z najvýznamnejších zložiek krajinej sféry určujúcich priestorové rozmiestnenie prírodných ako aj socio-ekonomických javov a procesov, ako napr. rozmiestnenie osídlenia, dostupnosť centier, oslnenie reliéfu alebo vznik erózo-akumulačných procesov. Vzhľadom na svoju vysokú diferencovanosť v priestore si reliéf vyžaduje špecifické prístupy na grafické vyjadrenie v mapách alebo iných účelových vizualizáciach. Za týmto účelom vznikol celý rad prístupov poskytujúcich znázornenie reliéfu s rôznou presnosťou ako aj náročnosťou na rekonštrukciu priestorového javu prostredníctvom vizuálneho vnemu. Medzi najpoužívanejšie partia nasledovné prístupy: fyziografický, šrafovanie, tieňovanie, farebné tieňovanie, výškové kóty, izohypsy, osvetlené alebo tieňované vrstevnice, hypsometrické vrstvy, skeletové čiary (kostra reliéfu resp. orografická schéma), anaglyfy, 2,5D blokdiagramy, 3D vizualizácie (Hojovec et al. 1987, Weibel a Heller 1991, Čapek et al. 1992, Pravda 1998).

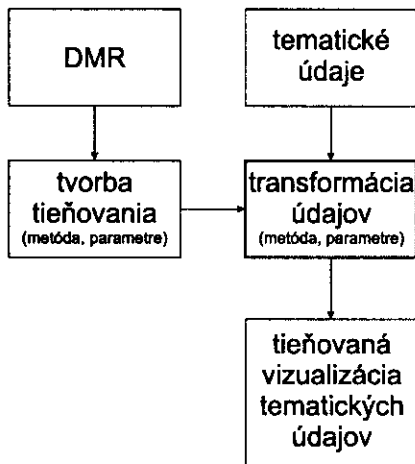
Vo vzťahu k finálnemu určeniu mapy môže reliéf plniť primárnu alebo sekundárnu (doplňujúcu) funkciu. V prvom prípade je reliéf jednou z hlavných informačných vrstiev mapy, a preto aj jeho vyjadrenie musí byť čo najpresnejšie a najvýstižnejšie. Príkladom takéhoto vyjadrenia sú topografické mapy, kde reliéf patrí spolu s polohopisom medzi hlavné prvky obsahu mapy. V druhom prípade reliéf nepredstavuje hlavnú informačnú vrstvu, ale len určitý doplnok, ktorého účelom je zlepšenie interpretácie hlavnej informačnej vrstvy. Príkladom použitia reliéfu s doplňujúcou funkciou sú rôzne tematické mapy. Reprezentácia reliéfu si v tomto prípade vyžaduje v závislosti od účelu použitia rôzne nároky na presnosť a vernosť vyjadrenia, a preto sa tu môžeme stretnúť s použitím rôznych prístupov. Na presné znázornenie sa používajú predovšetkým vrstevnice a výškové kóty, menej presné znázornenie, avšak výraznejší pseudopriestorový vnem je možné dosiahnuť napr. použitím šrafovania alebo tieňovania.

Technológie geografických informačných systémov (GIS) a počítačom podporovanej tvorby máp (CAM) v ostatných rokoch potvrdili svoj vysoký potenciál pri rôznych aspektoch spracovania priestorových údajov zahŕňajúc aj efektívnu a kvalitnú prípravu máp a iných účelových vizualizácií priestorových údajov. Vizualizácie reliéfu sa pri použití týchto technológií opierajú predovšetkým o existenciu digitálneho modelu reliéfu (DMR), z ktorého sa odvodí podklady pre zvolený spôsob znázornenia. Najčastejšie používané prístupy k znázorneniu reliéfu využitím technológií GIS a CAM predstavujú vrstevnice, tieňovanie, 2,5D blokdigramy a rôzne 3D vizualizácie.

V príspevku sa zaoberáme metodickými aspektmi tvorby tieňovaných vizualizácií areálových tematických údajov s využitím GIS. V nasledujúcich odstavcoch stručne rozoberáme postup tvorby vizualizácií, pričom sa podrobnejšie venujeme jednotlivým krokom spracovania, a poukazujeme na niektoré problematické miesta týchto postupov. Na záver približujeme niektoré spôsoby implementácie tvorby tieňovaných vizualizácií v GIS.

### Postup tvorby tieňovaných vizualizácií areálových údajov

Tvorba tieňovaných vizualizácií sa opiera o fúziu informácie o vlastnostiach reliéfu s informáciou o farebnom vyjadrení priestorového javu formou (pseudo) kartogramu (obr. 1). Pri tejto fúzii dochádza k transformácii farieb pôvodnej tematickej vrstvy pre každý obrazový element, resp. každý priestorový element DMR. Cieľom tejto transformácie je dosiahnutie **pseudopriestorového vizuálneho vnemu**, ktorý sa získa zosvetlovaním alebo stmavovaním pôvodných farieb použitých na vyjadrenie javu.



Obr. 1 Schematické znázornenie postupu tvorby tieňovaných vizualizácií v GIS

Výsledok vo forme tieňovanej vizualizácie tematických údajov je ovplyvňovaný viacerými faktormi. Medzi najdôležitejšie patria:

- kvalita a spôsob reprezentácie DMR,
- použitá metóda a parametre na tvorbu tieňovania,
- výber prvotných farieb použitých na vyjadrenie tematických údajov,
- použitá metóda a parametre pri transformácii farieb tematických údajov.

Prvé dva faktory ovplyvňujú predovšetkým charakter tieňovania vstupujúceho do transformácie farieb, druhé dva najmä vlastnosti farieb vo výslednej tieňovanej vizualizácii tematických údajov.

## Tvorba tieňovania

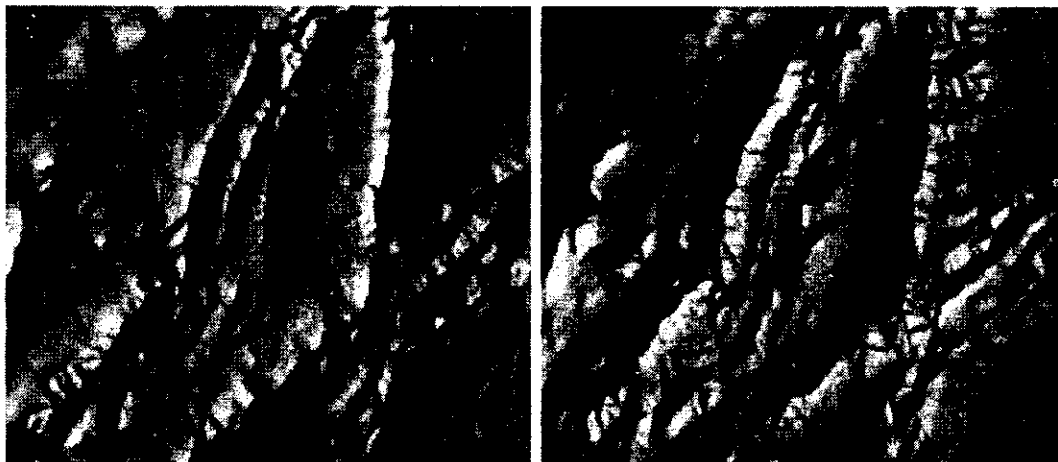
Pri transformácii farieb tematických údajov je intenzita zmeny pôvodnej farby areálu určená z lokálnych vlastností DMR v príslušnom priestorovom elemente. Tvar a veľkosť priestorového elementu závisí od použitej reprezentácie DMR v GIS. V praxi sú používané takmer výlučne 2 spôsoby reprezentácie. Prvým je pravidelná mriežka (raster), ktorej priestorovými elementmi sú štvorcové bunky rovnakej veľkosti. Výsledok tieňovania pri použití rastrového DMR je charakteristický plynulými prechodmi tieňovania (obr. 2a), vykresľovanie detailov závisí od správnej voľby veľkosti bunky. Výsledky tvorby tieňovania použitím DMR reprezentovaného formou nepravidelnej trojuholníkovej siete (TIN) sú charakteristické rozpadom na rôzne veľké priestorové elementy trojuholníkového tvaru s homogénnou intenzitou tieňovania. Prechody medzi trojuholníkovými elementmi sú nespojité (obr. 2b), avšak existujú aj prístupy na ich dodatočné vyhladenie (Weibel a Heller 1991).



Obr. 2 Príklad tvorby vrstvy tieňovania pre DMR reprezentovaný prostredníctvom  
a) rastra, b) TIN

Výpočet intenzity tieňovania na jednotlivé priestorové elementy DMR vychádza z postupov používaných na výpočet množstva dopadnutého žiarenia z umelého zdroja žiarenia. Tento výpočet pozostáva z dvoch krokov. V prvom je odvodená normála k povrchu reliéfu pre každý priestorový element DMR. V druhom kroku sa na základe použitého modelu iluminácie vypočíta množstvo odrazeného žiarenia z povrchu. Za predpokladu difúznej odrazivosti predstavuje výsledná intenzita tieňovania kosínus uhla medzi normálou a vektorom osvetlenia.

Okrem priestorovej konfigurácie foriem reliéfu ovplyvňuje výslednú intenzitu tieňovania aj poloha umelého zdroja osvetlenia určená azimutom a výškou nad horizontom. Voľba vhodnej polohy zdroja osvetlenia silne ovplyvňuje pseudopriestorovú percepciu reliéfu vo výslednej vizualizácii. Pri nesprávnej voľbe jeho polohy môže dôjsť k zníženiu pseudopriestorového efektu, niekedy dokonca k inverznej percepcii - údolia sú vnímané ako vrchy a naopak (obr. 3). Skúsenosti viacerých autorov (Čapek et al. 1992, Dorrer a Zhon 1997) poukazujú na najlepší priestorový vnem reliéfu pri osvetlení zo severozápadu až juhozápadu.



Obr. 3 Vplyv voľby polohy osvetlenia na výsledný pseudopriestorový vnem  
a) správny vnem, b) inverzný vnem

Pri tvorbe tieňovania je smerodajný najmä účel jeho tvorby, ktorým je čo najlepší pseudopriestorový vnem reliéfu a nie presný model zatienujúceho územia vznikajúci pri osvetlení z jedného zdroja. Preto na zvýšenie pseudopriestorovej percepcie reliéfu bolo vyvinutých mnoho komplexnejších metód ako napríklad kombinovanie sklonového a šikmého tieňovania (Čapek et al. 1992), lokálne zmeny smeru osvetlenia z jedného zdroja, metódy zohľadňujúce lokálne vlastnosti DMR pri tvorbe tieňovania použitím dvoch zdrojov osvetlenia (Dorrer a Zhon 1997), alebo použitie rôznych priestorových filtrov za predpokladu rastrovej reprezentácie DMR (Buchroithner a Böhm 1998). Komplexnejšie metódy sa snažia odstrániť najmä zánik pseudopriestorového vnemu foriem reliéfu pozdĺžnych so smerom osvetlenia a zvýraznenie niektorých mikroforiem reliéfu (napr. úpätia svahov).

### Aplikácia tieňovania na tematickú vrstvu

Kombinácia farebného znázornenia priestorového javu s tieňovaním poskytuje čitateľovi predpoklady pre lepšiu interpretáciu a pochopenie priestorových súvislostí javu. Pri počítačovej tvorbe takéhoto znázornenia sa využíva modulácia intenzity farby použitej pri vyjadrení tematických údajov v závislosti od intenzity tieňovania (Weibel a Heller 1991). Výsledkom je vizualizácia údajov navodzujúca pseudopriestorový vnem dosiahnutý stmavnutím alebo zosvetlením pôvodnej farby. V prípade aplikácie tieňovania na farebný kartogram dochádza v rámci každého individuálneho areálu k vzniku vnútornej nehomogenity intenzity farby vyjadrujúcej príslušnosť k určitej triede (obr. 4).

Moduláciu intenzity farby zabezpečuje transformácia hodnôt intenzity tieňovania a numerického vyjadrenia farieb použitých pri znázornení tematických údajov na výslednú vizualizáciu. Transformácia farieb musí byť zvolená tak aby spĺňala nasledujúce požiadavky:

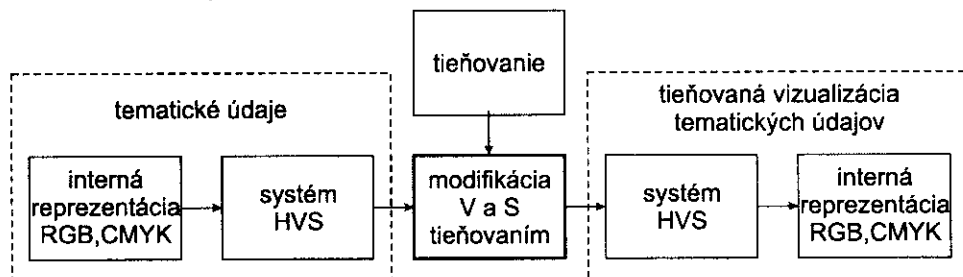
- vo výsledku musí byť zachovaný odtieň pôvodných farieb, zmenená má byť len ich intenzita,
- zmena intenzity farby musí rešpektovať zmeny intenzity tieňovania,
- výsledok transformácie farieb nesmie znížiť možnosť odlišenia areálov pôvodných tried.



Obr. 4 Aplikácia tieňovania na kartogram  
a) pôvodný kartogram, b) tieňovanie, c) reliéfom tieňovaný kartogram

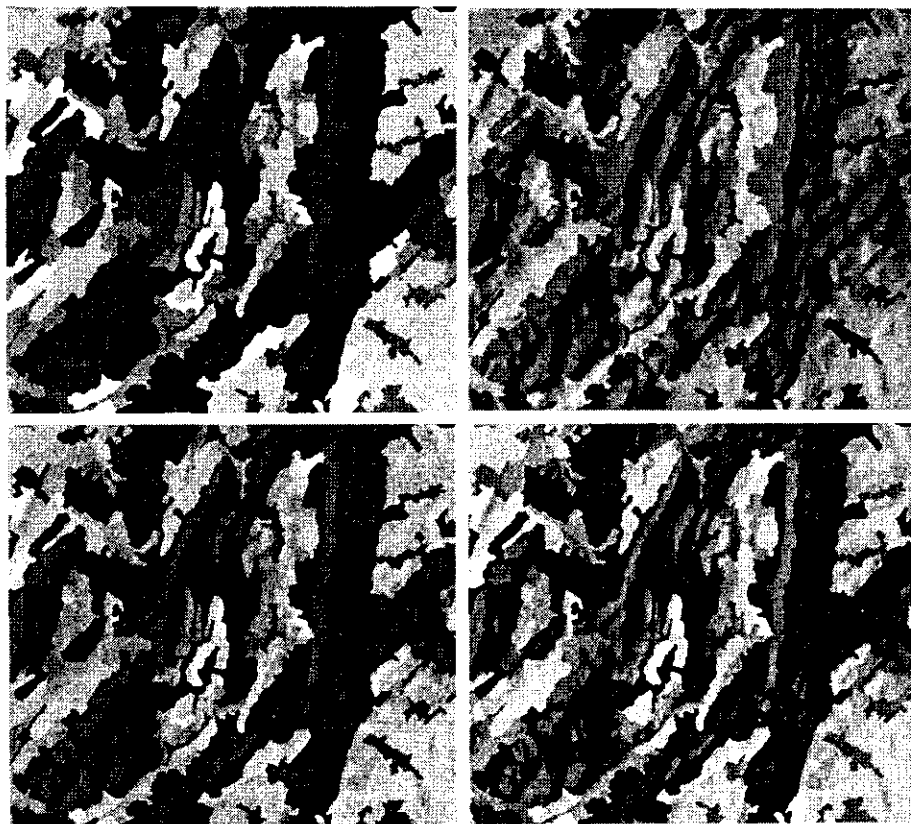
V praxi sa na numerické vyjadrenie farieb zaužívalo viacero systémov. Odlišujú sa v charakteristikách farieb použitých na ich popis ako aj určenie ich použitia. Niektoré sa používajú prevažne na vytváranie a identifikáciu farieb (napr. HVS, HLS, CIE, Munsellov systém) iné sú využívané aj pri ich uchovávaní vo forme digitálnych údajov (RGB, CMYK). Pri zabezpečení požiadavky a) je vhodné použitie numerického vyjadrenia farieb v systéme HVS, v ktorom sú farby reprezentované prostredníctvom troch zložiek odtieň (hue - H), jas (value - V) a sýtosť, resp. saturácia (saturation - S). Zachovaním zložky H a modifikáciou zložiek V a S je možné vo výsledku dosiahnuť vizuálnu percepciu farebnej kompaktnosti areálu (jednotný odtieň) a súčasne pseudopriestorový vnem reliéfu (zmena intenzity farby). Strmavnutie farby sa docieľuje znížením hodnoty zložky V a zosvetlenie naopak jej zvýšením a/alebo znížením hodnoty zložky S – desaturáciou (Bertin 1981). Spôsob modifikácie jas a saturácie pôvodnej farby v závislosti od intenzity tieňovania je určený použitou **metódou transformácie farieb** a jej parametrami. Voľba metódy sa robí predovšetkým na základe poznania vlastností farieb použitých na vyjadrenie tematických údajov a určuje do akej miery sú splnené požiadavky b) a c).

Proces aplikácie tieňovania na tematickú vrstvu je možné rozdeliť do postupnosti troch krokov (obr. 5). V prvom kroku prebieha transformácia internej farebnej reprezentácie údajov (závislej od použitého programového prostredia – zväčša RGB alebo CMYK) do zložiek systému HVS. Modifikácia zložiek V a S použitím tieňovania je predmetom druhého kroku. Posledný krok pozostáva zo spätnej transformácie pôvodnej zložky H a modifikovaných zložiek V a S do internej farebnej reprezentácie údajov.



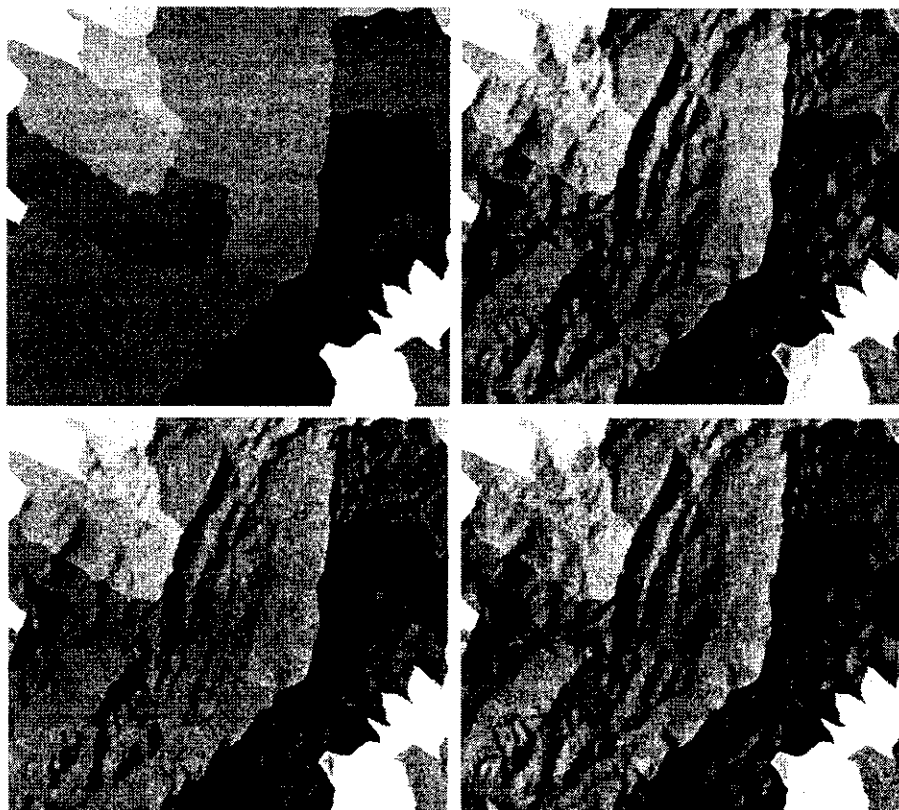
Obr. 5 Proces aplikácie tieňovania na tematickú vrstvu

Asi najjednoduchšou metódou transformácie farieb je nahradenie zložky V farby pôvodného znázornenia údajov intenzitou tieňovania. Jej aplikácia je z hľadiska výpočtovej náročnosti jednoduchá, a preto nachádza široké uplatnenie v mnohých systémoch na tvorbu tieňovaných vizualizácií. Určitou nevýhodou však je, že vo výsledku nie je zohľadnená pôvodná hodnota zložky V, čím môže dôjsť k zníženiu alebo úplnej strate odlišiteľnosti areálov (obr. 6b), pôvodne farebne rozdielných práve v hodnote V (obr. 6a).



Obr. 6 Aplikácia rôznych metód transformácie farieb pri tvorbe tieňovaných vizualizácií tematickej vrstvy CORINE Land Cover: a) pôvodné znázornenie tematickej vrstvy, b) nahradenie zložky V intenzitou tieňovania, c) kombinácia intenzity tieňovania a pôvodnej hodnoty zložky V, d) oddelená transformácia so súčasou modifikáciou zložiek V a S

Pri použití tejto metódy je preto potrebné brať do úvahy spomínaný nedostatok už pri výbere farieb na vyjadrenie tried tematických údajov. K odstráneniu problému zníženia odlíšiteľnosti areálov sa používajú ďalšie metódy transformácie farieb, pri ktorých sa môžeme stretnúť aj s doplňujúcimi požiadavkami ako napr. zachovanie vizuálnej farebnej podobnosti s pôvodným znázornením tematickej vrstvy, alebo zachovaním pôvodnej farby v oblastiach so stanovenou intenzitou tieňovania (napríklad v plochých tvaroch reliéfu). Na zabezpečenie týchto požiadaviek sa využívajú rôzne prístupy napr. stanovenie výslednej hodnoty zložky V ako váženého priemeru intenzity tieňovania a pôvodnej hodnoty V (obr. 6c), oddelená transformácia pre zatienené a osvetlené časti reliéfu alebo súčasná modifikácia hodnôt zložiek V a S (obr. 6d). Vo všeobecnosti tieto metódy umožňujú tvorbu kvalitnejších vizualizácií v porovnaní s metódou nahradenia zložky V a to jednak širšími možnosťami parametrizácie (obr. 7) a kontroly procesu transformácie farieb, ako aj možnosťami použitia väčšieho množstva farebných tónov pri znázorňovaní tematických údajov. Výber najvhodnejšej metódy závisí jednak od farieb použitých pri znázorňovaní tematických údajov ako aj miery do akej majú byť jednotlivé požiadavky tvorby tieňovanej vizualizácie splnené.



Obr. 7 Výsledky rôznej parametrizácie metódy oddelenej transformácie zatienenej a osvetlenej časti reliéfu na príklade vizualizácie priemernej nadmorskej výšky malých povodí:  
 a) pôvodné znázornenie tematickej vrstvy, b) štandardné parametre transformácie,  
 c) zníženie prahovej hodnoty intenzity tieňovania použitej na oddelenie zatienenej a osvetlenej časti, d) zníženie vplyvu tieňovania v zatienenej časti a zvýšenie vplyvu tieňovania v osvetlenej časti

## Implementácia tvorby tieňovaných vizualizácií v GIS

Forma implementácie uvedených postupov v rámci GIS je rôznorodá. Vo všeobecnosti možno povedať, že predpokladom pre ich implementáciu je existencia nástrojov na spracovanie DMR, či už prostredníctvom ich rastrovej alebo TIN reprezentácie. Medzi používateľsky najprívetivejšie prístupy patria **plne integrované nástroje** zabezpečujúce proces tieňovania údajov v reálnom čase využívajúc pritom softvérové a/alebo hardvérové riešenia. Vstup týchto nástrojov sa obmedzuje väčšinou len na definíciu DMR a parametrov osvetlenia, pričom ostatné kroky tvorby tieňovanej vizualizácie sú pre používateľa skryté.

Druhú formu implementácie predstavuje použitie **súboru špecializovaných nástrojov** určených na zabezpečenie jednotlivých krokov tvorby tieňovaných vizualizácií.

Na rozdiel od predchádzajúcej implementácie dosiahnutie výsledkov si vyžaduje väčšie časové nároky, avšak používateľ má možnosť viac ovplyvňovať výsledky jednotlivých krokov prostredníctvom ich parametrizácie. Jednotlivé GIS sa líšia jednak počtom nástrojov využívaných pri tvorbe tieňovaných vizualizácií, tak aj poskytovanými metódami farebnej transformácie. Poskytované výsledky môžu preto dosahovať rôznu kvalitatívnu úroveň.

Poslednú formu implementácie predstavuje **použitie mapovej algebry**. Využitie tohto prístupu sa obmedzuje predovšetkým na GIS-y umožňujúce aritmetické operácie s rastrovými údajmi. Tvorba tieňovaných vizualizácií pozostáva z postupnosti jednoduchých aritmetických operácií samostatne alebo v menších skupinkách. Z hľadiska používateľa je tento prístup veľmi náročný, pretože si vyžaduje detailné pochopenie postupu spracovania a použitých metód, ako aj vysokú zručnosť pri práci s GIS-mi. Vytvorenie vizualizácie je časovo dosť náročné, avšak používateľ má úplnú voľnosť pri výbere použitých metód, s možnosťou ich dodatočnej modifikácie podľa svojich požiadaviek.

Spomenuté formy implementácie nie je možné chápať oddelene, pretože sa môžu navzájom prekrývať a kombinovať. Vybrané kroky je možné vykonať napr. použitím špecializovaných nástrojov, iné použitím mapovej algebry. Voľba vhodnej implementácie sa robí predovšetkým v závislosti od požiadaviek používateľa na tvorbu tieňovaných vizualizácií. V aplikáciách vyžadujúcich si rýchlu tvorbu veľkého množstva vizualizácií nájdu uplatnenie najmä plne integrované nástroje, naopak pri požiadavkách na kvalitatívne vlastnosti výsledku je vhodné použitie postupov umožňujúcich lepšiu kontrolu a parametrizáciu procesu ich tvorby.

## Záver

V príspevku popisujeme postup tvorby tieňovaných vizualizácií tematických údajov s využitím GIS. Bližšie sme sa venovali dvom základným krokom a to odvodeniu vrstvy tieňovania a jeho aplikácii na tematické údaje prostredníctvom numerickej transformácie farieb použitých pre ich znázornenie. Pri jednotlivých krokoch sme sa snažili identifikovať kľúčové problémy, ktoré najvýraznejšie ovplyvňujú kvalitu výslednej vizualizácie. Aj keď metódy tvorby tieňovaných vizualizácií sú prepracované a nové GIS ponúkajú čoraz širšiu paletu nástrojov na ich tvorbu, výber správneho postupu a parametrizácia použitých metód si pri tvorbe kvalitných kartografických výstupov vyžadujú od používateľa teoretické zvládnutie problému a určité skúsenosti pri numerickej spracovaní farieb.

*Príspevok je jedným z výstupov dosiahnutých riešení projektov č. 2/1037/21 „Mapovanie a hodnotenie krajiny aplikáciou techník diaľkového priestorového zberu a geografického informačného systému“ a č.2/7050/21 „Hydrogeografické regionálne typy SR – problém extropolácie hodnôt hydrologickej odozvy a racionálneho využívania ich vodných zdrojov“ na Geografickom ústave SAV v roku 2001 za podpory grantovej agentúry VEGA a spoločnosti GeoModel s.r.o.*

Farebné verzie obrázkov uvedených v článku je možné nájsť na adrese:  
<http://savba.savba.sk/~geogcebe/clanky/kl2001/>

## Literatúra

- BERTIN, J. (1981). *Graphics and Graphic Information Processing*. Walter de Gruyter & Co, Berlin, 273 s.
- BUCHROITHNER, M.F.–BÖHM, R. (1998). Cartographic Relief Representation with DEM Filtering Techniques. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. XXXII, Part 7, Budapest, 627-632.
- ČAPEK, R.–MIŠKOVSKÝ, M.–MUCHA, L. (1992). *Geografická kartografie*. SPN, Praha, 373 s.
- DORRER, E. – ZHON, X. (1997). DE- and RE- Shading For Optimal Relief Mapping of the Surface of Mars. *Proceedings of 18-th ICA/ACI International Cartographic Conference*, Stockholm, 1150-1158.
- HOJOVEC, V.–DANIŠ, M.–HÁJEK, M.–VEVERKA, B. (1987). *Kartografie*. Geodetický a kartografický podnik, Praha, 660 s.
- PRAVDA, J. (1998). Metódy mapového vyjadrovania. *Geodetický a kartografický obzor*, 44/86, 79-83.



## Summary

### Visualization of the Thematic Data by Application of Hillshading Using GIS

Hillshaded visualizations of thematic data extend the potential of understanding the spatial phenomena relations and change the way the data are interpreted. Process of creation of hillshaded visualizations (Fig. 1) using computer systems (GIS, CAM) comprises two steps, namely a) derivation of shading intensity from digital model of relief (DMR), and b) transformation of original colours used for depicting spatial phenomena of thematic layer in accordance with shading intensities.

Basic principle behind the shading intensity derivation is the model of illumination. Assuming that Lambertian reflectivity of relief the surface shading intensity is derived as the cosine of angle between direction of a light and normal to a surface. Shading intensity depends mainly on relief properties and position of illumination source. Careful selection of illumination source position is required for obtaining a correct relief perception from hillshaded visualization (Fig. 3). The resulting spatial structure of the shading layer depends on the DMR representation (Fig. 2). The shading derived from raster DMR is a smooth continuous field lacking any abrupt changes. TIN representation results in triangle structures with discontinuous shading on border transitions. More sophisticated techniques for hillshading are based on local adjustment of illumination position in accordance with relief, use of two illumination sources, and various filtering techniques (Čapek et al. 1992, Dorrer a Zhon 1997, Buchroithner a Böhm 1998).

Application of hillshading on thematic layer is performed by modification of original colour with respect to shading. The numerical transformation of colours should fulfil the following requirements:

- hue of the original colour should remain unchanged, only intensity of colour is subject of transformation,
- change of colour intensity should be done in accordance with changes of shading intensity,
- result of colour transformation should not affect the possibility of identification of the original thematic areals.

Application of hillshading to thematic layer comprises 3 steps (Fig. 5). In the first step the internal colour representation of thematic data (usually system RGB or CMYK) is transformed to HVS colour system, best suited for this task. Modification of the V and S components in accordance with shading intensity is done in the second step. Selection of the method used in this step follows the requirements laid on properties of resulting visualization (Fig. 6, Fig. 7). Transformation of changed colour components back to the internal colour representation system is the aim of the final step.

The current GIS packages differ in way of implementation of hillshading and also possibilities to control transformations. Following approaches are currently available:

- full integrated tools – low user skills requirements, fast (real-time), small possibilities to control transformations,
- sets of specialised tools – medium user skills requirements, more time consuming, small to good colour transformations possibilities (depends on particular system),
- map algebra – requires deep knowledge of the theoretical background, extremely time consuming, open to all user modifications of colour transformations.

Fig. 1 The diagram of process of hillshaded visualizations creation in GIS.

Fig. 2 Intensity of hillshading derived from digital model of relief represented by a) raster, b) TIN.

Fig. 3 Influence of light source selection on resulting perception of landforms – a) correct perception, b) wrong perception.

Fig. 4 Shaded visualization of diagrammatic map: a) original map, b) hillshading c) hillshaded map.

Fig. 5 Process of application of hillshading to thematic data layer.

Fig. 6 Different methods of colour transformation used in the creation of hillshaded visualization of CORINE Land Cover data; a) original colour representation of thematic data, b) substitution of the component V by shading intensity, c) combination of shading intensity with original value of the component V, d) separated transformation of illuminated and shaded parts by modification of S and V colour components.

Fig. 7 Visualization of the average elevation of small catchments using separated transformation method with different parameters; a) original colour representation of thematic data, b) standard transformation parameters, c) decrease of dividing value of illuminated and shaded parts, d) decrease of shading intensity in shaded parts, increase of shading intensity in illuminated parts.

**Lektoroval:**

**Ing. Ján PRAVDA, DrSc.,**

**Geografický ústav SAV,**

**Bratislava**