

# Vizualizácia morfometrických parametrov georeliéfu v prostredí Internetu

Andrej Morávek

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta,  
Univerzita Karlova v Praze, Albertov 6, 128 43, Praha 2, Česká republika  
moravek.andrej@gmail.com

**Abstrakt.** Cieľom práce je praktická ukážka vizualizácie a distribúcie geografickej informácie (GI) v podobe interaktívnej webovej aplikácie. Týka sa modelovania digitálneho terénneho modelu (DTM) vo forme nepravidelnej trojuholníkovej siete (TIN) a vizualizácie statických aj dynamických geomorfometrických parametrov v axonometrickom 3D zobrazení. Z metodologického hľadiska rieši analýzu sklonu, orientácie a oslnenia georeliéfu v ľubovoľnom čase a priestore. Priamo sa tým dotýka aj problematiky sférickej astronómie – výpočtu vektora Slnka. Treťou problematikou je oblasť internetového programovania, tvorby HTML stránky s vizualizáciou georeliéfu v grafickom formáte SVG (Scalable Vector Graphics) s využitím skriptovacieho jazyka JavaScript (JS).

**Kľúčová slova:** digitálny terénny model, nepravidelná trojuholníková sieť, geomorfometrické parametre, vizualizácia, animácia.

**Abstract.** Visualization of morphometric parameters of georelief on the Internet. The objective of study is a practical demonstration of visualization and distribution of geographic information (GI) in a form of an interactive web application. It concerns modelling of digital terrain model (DTM) in the form of triangulated irregular network (TIN) and visualization of geomorphometric parameters in axonometric 3D representation. From the methodological point of view it analyses slope, aspect and insolation of georelief in any time and place. Secondly, it deals with the problem of spherical astronomy – calculation of Sun vector. The third area is Internet programming, creation of HTML pages and visualization of georelief in the graphic format SVG (Scalable Vector Graphics) using scripting language JavaScript (JS).

**Keywords:** digital terrain model (DTM), triangulated irregular network (TIN), geomorphometric parameters, visualization, animation

## 1 Úvod a cieľ práce

Dôležitou oblasťou v geoinformatike je problematika vizualizácie a distribúcie geografickej informácie (GI). V súčasnosti je Internet jedným z najdôležitejších distribučných médií a ponúka možnosť interakcie zo strany užívateľa. Cieľom príspevku je praktická ukážka v podobe interaktívnej webovej aplikácie (stránka HTML) na modelovanie digitálneho terénneho modelu (DTM) vo forme nepravidelnej trojuholníkovej siete (TIN) a vizualizáciu statických aj dynamických

geomorfometrických parametrov v axonometrickom 3D zobrazení v grafickom formáte SVG (Scalable Vector Graphics) s využitím jazyka JavaScript (JS).

Cieľ príspevku sa dotýka troch základných problematik: modelovaním georeliéfu vo forme modelu TIN, sférickej astronómie a internetového programovania. Príspevok vychádza z bakalárskej práce autora [8], aplikácia však prebehla zmenou.

## 2 Modelovanie georeliéfu

Georeliéf možno definovať na určitej rozlišovacej úrovni ako pevné, ale dynamické rozhranie medzi litosférou, resp. pedosférou na jednej strane a atmosférou resp. hydrosférou na strane druhej. Z hľadiska jeho priestorového priebehu uvažovaného vo zvolenej súradnicovej sústave (SS) má vlastnosti plochy tvorenej množinou bodov na množine normál k referenčnej guľovej ploche. V istom časovom úseku môžeme georeliéf považovať za nemennú, statickú priestorovú plochu. [5]

Na účel zobrazenia georeliéfu zavedieme karteziánsku pravotočivú SS  $\langle 0, x, y, z \rangle$  a v nej ho reprezentovať diskretným bodovým poľom nadmorských výšok  ${}_D E_{RF}$  s  $n$  bodmi. Z nich možno získať pomocou interpolačnej funkcie pravidelnú mriežku a zobraziť ho v digitálnej podobe v rastrovom formáte. Bez využitia tejto funkcie možno bodové pole triangulovať a zobraziť ho v podobe vektorového modelu TIN. S využitím vektorovej algebry možno na tomto modeli počítat geomorfometrické parametre. Pre cieľ práce boli zvolené statické parametre sklon georeliéfu  $\gamma_N$  a orientácia georeliéfu voči svetovým stranám  $A_N$  a dynamický parameter oslnenie georeliéfu  $\delta_{EXP}$ .

TIN je podľa [4] tvorená množinou navzájom susediacich trojuholníkov, ktorých vrcholy ležia na bodoch množiny  ${}_D E_{RF}$ . Každý trojuholník  $Tr_s$  s identifikátorom  $s$  je pritom jednoznačne určený trojicou bodov  $\{A_j(x_j, y_j, z_j), A_k(x_k, y_k, z_k), A_l(x_l, y_l, z_l)\}$  z množiny  $n$ .

Pri vizualizácii modelu TIN v axonometrickom 3D zobrazení je nutné transformovať pôvodné súradnice podľa vizualizačných parametrov na nové, ktoré budú zobrazené v grafickom okne. Voliteľnými parametrami sú vertikálny uhol  $V$ , horizontálny uhol  $H_z$  a koeficient navýšenia  $k_{VEF}$ . Ďalšími parametrami sú konštanty popisujúce grafické okno a model TIN: súradnice bodu rotácie  $x_S$  a  $y_S$ , najväčšia  $y$ -ová súradnica  $y_{max}$  a najmenšia  $z$ -ová súradnica  $z_{min}$ . Transformačný vzťah možno schematicky zapísať:

$$Tr_s \rightarrow V, H_z, k_{VEF}, x_S, y_S, y_{max}, z_{min} \rightarrow Tr'_s \quad (1)$$

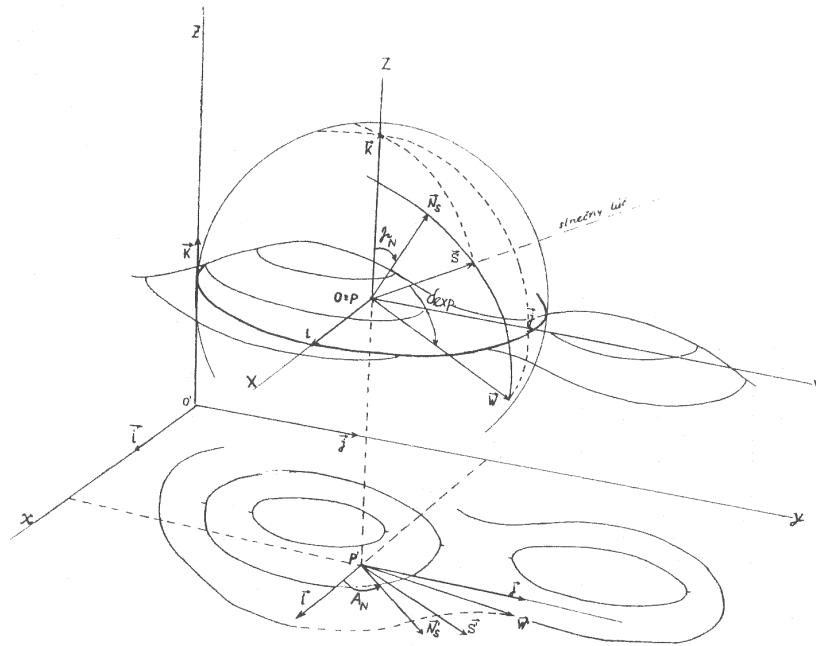
Spomínané geomorfometrické parametre sú pri TIN platné pre celú plochu trojuholníka. Počítajú sa z vektoru normály trojuholníka  $\vec{N}_s$ , ktorý dostaneme vektorovým súčinom vektorov  $\vec{V}$  jeho strán. Z praktického hľadiska sa normuje na jednotkový vektor:

$$\vec{N} = (n_{sx}, n_{sy}, n_{sz}) = \frac{\vec{V}_{jk} \times \vec{V}_{jl}}{|\vec{V}_{jk} \times \vec{V}_{jl}|} \quad (2)$$

Sklon  $\gamma_N$  predstavuje uhol, ktorý zvierajú rovina trojuholníka s horizontálnou rovinou  $xy$ . Ten istý uhol zvierajú normála  $\vec{N}_S$  s vertikálnou osou  $z$  reprezentovanou jednotkovým vektorom  $\vec{k}$ . Orientácia  $A_N$  je daná uhlom, ktorý zvierajú priemet normály  $\vec{N}_S$  do horizontálnej roviny  $xy$  s osou  $x$ . Uhol oslnenia  $\delta_{EXP}$  predstavuje uhol, ktorý zvierajú vektor Slnka  $\vec{S}$  s priesečnicou roviny trojuholníka s rovinou danou vektorom Slnka  $\vec{N}_S$  a normálou  $\vec{N}_S$  danou vektorom  $\vec{W}$ . Matematický vzťah podľa [4, 5, 6] a po prevode na vektorový tvar je:

$$\gamma_N = \arccos|\vec{N}_S \cdot \vec{k}| \quad A_N = \arctan\left(\frac{n_{Sx}}{n_{Sy}}\right) \quad \delta_{exp} = \arcsin(\vec{N}_S \cdot \vec{S}) \quad (3)$$

Vzťah medzi normálou  $\vec{N}_S$  a geomorfometrickými parametrami je znázornený na obr.1.



**Obr. 1.** Vzťah medzi normálovým vektorom  $\vec{N}_S$  a geomorfometrickými parametrami uhol sklonu  $\gamma_N$ , uhol orientácie georeliéfu voči svetovým stranám  $A_N$  a uhol oslnenia  $\delta_{EXP}$ . (zdroj obr.: [5], upravený autorom)

Kým normálu  $\vec{N}_S$  môžeme považovať za nemennú, vektor Slnka  $\vec{S}$  je funkciou času a priestoru. Uhol dopadajúceho slnečného lúča je konštantný len v určitom krátkom časovom úseku na malom území, kde sa neprejavuje zakrivenie zemského povrchu. Rovnako aj uhol oslnenia  $\delta_{EXP}$  je pre tento okamih na danom území pre každý plošný element konštantný.

### 3 Sférická astronómia

Na výpočet uhlu oslnenia  $\delta_{EXP}$  treba poznať spomínaný vektor Slnka  $\vec{S}$ , ktorý sa dotýka problematiky sférickej astronómie. Možno ho podľa [1, 2, 3] definovať pre naše potreby v jednotkovej sférickej horizontálnej SS s referenčnou guľovou plochou predstavujúcou nebeskú sféru. V nej je vektor daný azimutom  $A$  a výškou nad obzorom  $h$ . Jej počiatok možno abstrahovať na celé modelové územie a teda na každý trojuholník (resp. jeho normálu  $\vec{N}_S$ ). Pre získanie týchto parametrov je nutné vektor Slnka  $S$  definovať aj v ekvatoreálnej SS prvého stupňa s počiatkom stotožniteľným s počiatkom horizontálnej SS. V nej je vektor daný hodinovým uhlom  $t$  predstavujúcim čas a deklináciou  $\delta_\theta$  predstavujúcou konštantu pre deň, ktorej hodnoty sú za rok 2010, prebrané z [9].

Prevod súradníc možno uskutočniť ich transformáciou pomocou rotačnej matice prostredníctvom vektorovej algebry v karteziánskej SS [3]. Do výpočtu vstupujú aj parametre geografická šírka  $\varphi$  a geografická dĺžka  $\lambda$ . Vzťahy možno vyjadriť schematicky aj matematicky:

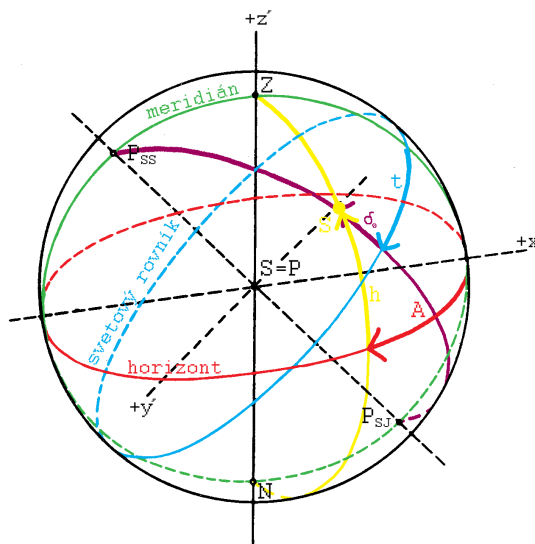
$$\vec{S}=(s_x, s_y, s_z)=(t, \delta_\theta) \rightarrow \text{transf}(\varphi, \lambda) \rightarrow \vec{S}=(s_x, s_y, s_z)=(A, h) \quad (4)$$

$$s_x = \sin \varphi \cdot \cos \delta_\theta \cdot \cos t - \cos \varphi \cdot \sin \delta_\theta = \cos h \cdot \cos A \quad (5)$$

$$s_y = \cos \delta_\theta \cdot \sin t = \cos h \cdot \sin A \quad (6)$$

$$s_z = \cos \varphi \cdot \cos \delta_\theta \cdot \cos t + \sin \varphi \cdot \sin \delta_\theta = \sin h \quad (7)$$

Zo vzťahov (4) – (7) sa už dajú jednoducho vyjadriť hľadané parametre vektoru Slnka  $\vec{S}$ . Vzťahy sú znázornené aj graficky na obr.2.



**Obr. 2.** Transformačné vzťahy medzi parametrami vektorov Slnka  $\vec{S}$  (zdroj obr.: [1], upravený autorom)

## 4 Internetové programovanie

Aplikácia pozostáva z piatich typov dokumentov:

- 1) HTML – dokument popisujúci obsah stránky, ktorý pozostáva z častí:
  - I. Hlavička
  - II. Menu
  - III. Obrázok digitálneho terénneho modelu s legendou a nastaveniami 3D náhľadu
  - IV. Obrázok polohy Slnka na oblohe
  - V. Informácie týkajúce sa vizualizácie
  - VI. Formuláre týkajúce sa vizualizácie
- 2) CSS – dokument popisujúci štýly HTML stránky
- 3) SVG – dva grafické dokumenty popisujúce obsah obrázkov v jazyku XML:
  - I. Digitálny terénny model s legendou
  - II. Poloha Slnka na oblohe
- 4) PNG – dva doplnujúce grafické rastrové obrázky
  - I. Severka
  - II. Slnko
- 5) JS – dokument obsahujúci všetky doteraz uvádzané vzťahy a iné algoritmy, riadiaci správanie internetového prehliadača. Skript pozostáva zo šiestich typov funkcií:
  - I. Hlavné funkcie – inicializačná funkcia a funkcie spúšťajúce vizualizáciu a animáciu parametrov
  - II. Modelačné funkcie – modelujú a vizualizujú georeliéf a jeho parametre
  - III. Animačné funkcie – starajú sa o priebeh oslnenia v čase
  - IV. Pomocné funkcie – počítajú čiastkové parametre oslnenia
  - V. Doplnkové funkcie – popisujú objekty
  - VI. HTML funkcie – riadia štýly HTML stránky

Textové dokumenty boli písané vo voľne dostupnom programe Notepad++ v.5.6.8.

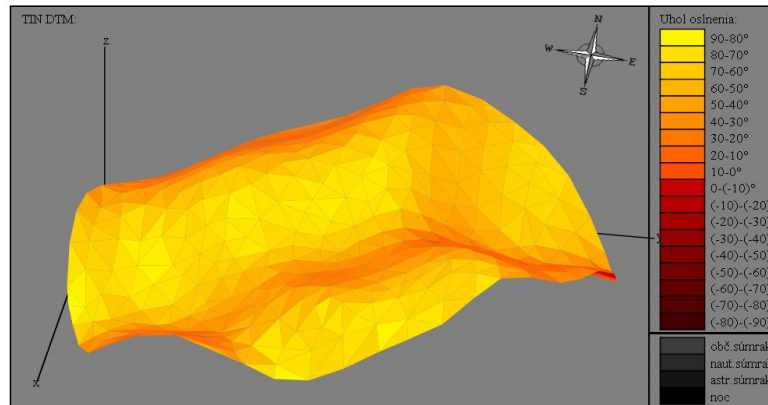
## 5 Výsledky

Ako bolo uvedené v úvode, výsledkom je praktická ukážka v podobe interaktívnej webovej aplikácie na vizualizáciu morfometrických parametrov georeliéfu, ktorá je dostupná aj so zdrojovým kódom na URL adrese:

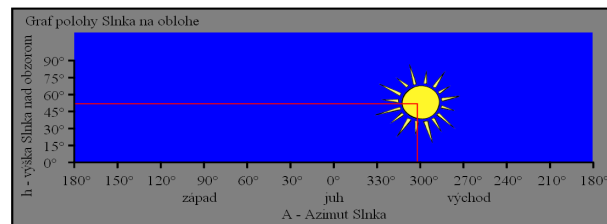
<https://web.natur.cuni.cz/~moraveka/gisacek2010/> >

Aplikácia umožňuje vzorový DTM ľubovoľne opticky rotovať v horizontálnom aj vertikálnom smere ako aj meniť prevýšenie a vizualizovať na ňom dané parametre v spojitej alebo diskkrétnej škále hodnôt, taktiež je možný dopyt na zobrazenie určitého rozsahu hodnôt. Pri oslnení sú možnosti väčšie. Okrem statickej umožňuje aj dynamickú vizualizáciu, čiže animáciu. Opäť v spojitej a diskkrétnej škále, s dopytom na rozsah hodnôt, ale aj s dopytom na ľubovoľné umiestnenie modelu na

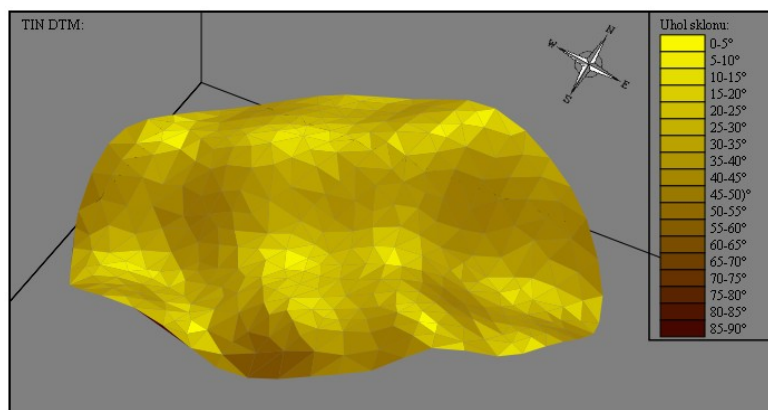
Zemi prostredníctvom geografických súradnic. Z animácií sa dá vybrať medzi animáciou počas dňa od východu po západ Slnka (popríklad od polnoci do polnoci v prípade polárneho dňa) alebo počas roka na pravé poludnie v ľubovoľnom dátumovom rozpätí. Názorné ukážky výstupov sú na obr. 3 až 6.



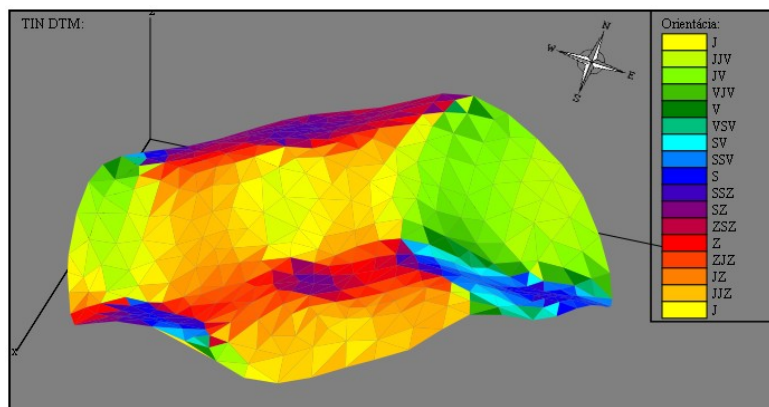
**Obr. 3.** Ukážka oslnenia georeliéfu



**Obr. 4:** Ukážka polohy Slnka na oblohe



**Obr. 5:** Ukážka sklonu georeliéfu



**Obr. 6:** Ukážka orientácie georeliéfu

## 6 Záver

Cieľom príspevku bolo prezentovať využitie Internetu pri vizualizácii a distribúcii GI, konkrétne sa jednalo o vizualizáciu morfológických parametrov georeliéfu.

Aplikácia však poskytuje priestor na vylepšovanie a rozširovanie funkcionality pre potreby lepšej kartografickej interpretácie, vyššej presnosti výpočtov oslnenia, ale aj komplexnej analýzy DTM. Naskytuje sa tak možnosť pridania ďalších vizualizačných a analytických funkcií.

Program je v neustálom vývoji, v dohľadnom čase bude rozšírená o triangulačný algoritmus s využitím pravidiel Delaunayho triangulácie, ktorá umožní s obmedzením na množstvo bodov vizualizovať ľubovoľné diskkrétne bodové poľa nadmorských výšok vo forme TIN modelu

Ďalším obohatením bude dynamická mapa zenitových vzdialeností Slnka na mape sveta animujúca synchronizovane s animáciou oslnenia. Čo sa týka vývoja v horizonte nasledujúceho roka, v úvahu prichádzajú zriedkavé mapy oslnenia v podobe dynamických izalumklín (izolínie rovnakých uhlov oslnenia v danom momente) a izalumchrón (izolínie rovnakej dĺžky oslnenia)

## Referencie

1. Brázdnil, R. a kolektiv: *Úvod do studia planety Země*. Státní pedagogické nakladatelství, 1988, Praha, 365p.
2. Hacar, B.: *Úvod do obecné astronomie*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 1963, 511p.
3. Krcho, J.: *Geografická kartografia I*. Univerzita Komenského v Bratislave, 1986, Bratislava, 286p.

4. Krcho, J.: *Modelovanie georeliéfu a jeho geometrickej štruktúry pomocou DTM: polohová a numerická presnosť*. Q111, 2001, Bratislava, 336p.
5. Krcho, J.: *Morfometrická analýza a digitálne modely georeliéfu*. VEDA, 1990, Bratislava, 426 p.
6. Krcho, J.: Oslnenie reliéfu v ľubovoľnom uhle a čase a jeho znázornenie do máp pomocou izalumklín. *Geografický časopis, ročník 17, č.1*. SAV, 1965, Bratislava, pp.19-40.
7. Morávek, A.: *Bakalárska práca: Animácia oslnenia georeliéfu v prostredí Internetu*. Univerzita Komenského v Bratislave, 2009, Bratislava, 42p.
8. Neumann, A., Winter, A. M.,: Carto.net SVG tutorial, example and demonstration site. [online]. [14. 5. 2008] dostupné na internete: <<http://www.carto.net/papers/svg/samples/>>
9. Pittich, E.: *Astronomická ročenka 2010*. Slovenská ústredná hviezdáreň, 2009, Hurbanovo, 200p.