



Jozef MINÁR, Lucian DRĂGUȚ, Richard FECISKANIN, Anton POPOV

Prírodovedecká fakulta UK v Bratislave, West University of Timișoara

Fyzikálne založená segmentácia georeliéfu

Segmentácia, ktorá umožňuje geomorfologickú interpretáciu výsledných segmentov pomocou kategórií: geomorfologická práca, energia, sily a rovnováha.

Dobre geomorfologicky (a fyzikálne) interpretovateľné segmenty georeliéfu



Adekvátne segmentačná procedúra a DMR



Definícia a odvodenie jasne fyzikálne interpretovateľných vstupných veličín



Základná geomorfologická teória

Teória: Konceptia elementárnych foriem reliéfu

(Minár & Evans, 2008)

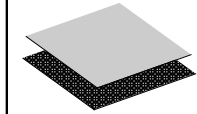
Elementárne formy sú segmenty georeliéfu s tendenciou ku konštantnej hodnote nadmorskej výšky alebo z nej odvodených parametrov (jej derivácií) a ohraničené líniami s tendenciou k nespojitosti niektorých z týchto parametrov.



System základných polynomických modelov ideálnych typov elementárnych foriem

General fitted function: $z = a + b\xi + c\xi^2 + d\xi^3$, where $\xi = \sqrt{(gx - m)^2 + (hy - n)^2} + \text{arc tg } \frac{y - q}{x - p}$

$b, c, d = 0$
 $H(z) = \text{const}$



$q = y \Rightarrow \xi = \sqrt{(gx - m)^2 + (hy - n)^2}$

$m = hy; n = gx \Rightarrow$
 $\xi = \sqrt{2}(gx + hy)$

$A = \text{const}$

$m, n = \text{const} \wedge g, h = 1 \Rightarrow$
 $\xi = \sqrt{(x - m)^2 + (y - n)^2}$

$(k_n)_c > 0 \quad \mathbf{S}_c, \mathbf{A}_s = \mathbf{0} \quad (k_n)_c < 0$

$m = y_c + e \sin \varphi,$
 $n = x_c + e \cos \varphi$

$g, h = 1 \quad (\mathbf{k}_n)_{cc} = \mathbf{0}$

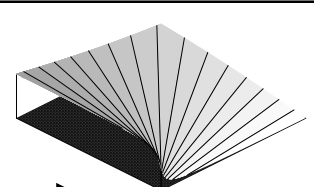
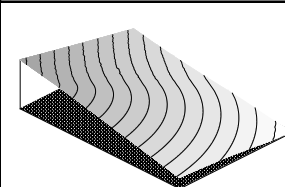
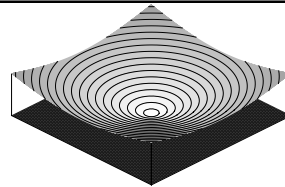
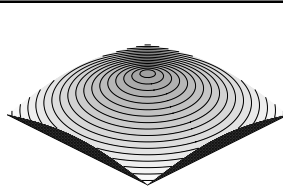
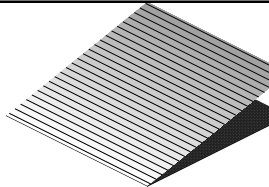
$m = gx, n = hy$

$\Rightarrow \xi = \text{arc tg } \frac{y - q}{x - p}$

$p, q = \text{const}$

$\mathbf{A}_c = \mathbf{0}$

$c, d = 0$
 $\mathbf{S} = \text{const}$

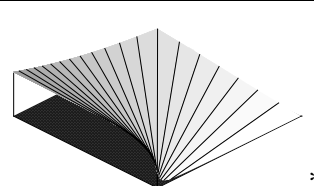
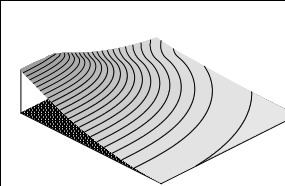
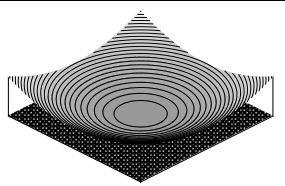
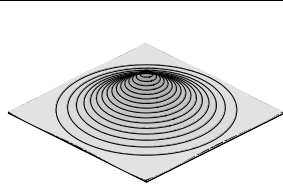
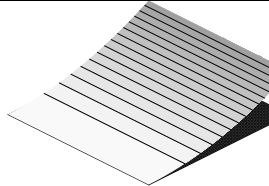


$*S_n = 0$

$d = 0$
 $(\mathbf{k}_n)_s = \text{const}$

$(k_n)_s > 0$

$(k_n)_s < 0$

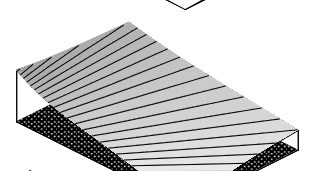
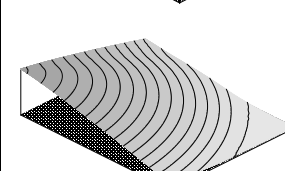
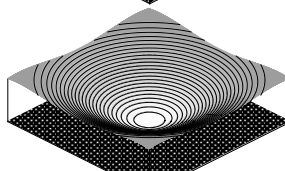
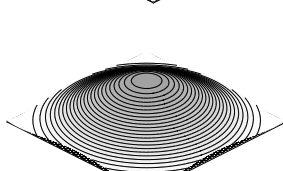
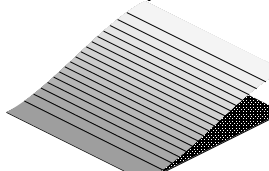
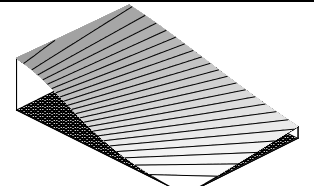
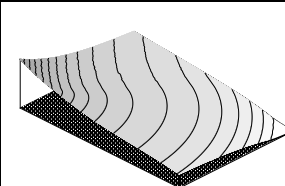
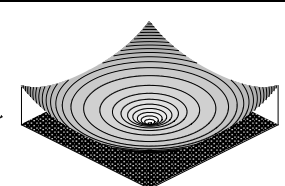
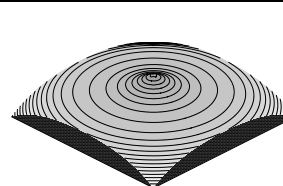
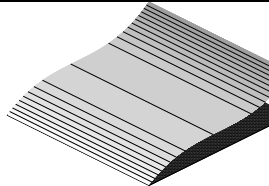


$*(\mathbf{k}_n)_{ss} = 0$

$\mathbf{G}_{nn} = \text{const}$

$(k_n)_{ss} > 0$

$(k_n)_{ss} < 0$



Elementárna formy ako atraktory vývoja reliéfu

Nadm. výška (H) = konšt.

Jednotková potenciála energia (UPE) [kg.m².s⁻²]

$$UPE = H.m.g$$

m – hmotný bod [1kg], g – gravitačné zrýchlenie [m.s⁻²]

Absencia horizontálneho gravitačného pohybu

derivácia

Orientácia (A) and Sklon (S) = konšt.

Gradient UPE ⇒ Gravitačné sily [kg.m.s⁻²]

Smer = A

Veľkosť: tangenciálna ⇐ $\sin S$

normálová ⇐ $\cos S$

Tendencia ku konšt. rýchlosti gravitačných tokov

derivácia

derivácia

Normálová vrstevnicová krivosť (k_{n-c}) = konšt.

Koncentrácia / difúzia toku látky [kg.m⁻¹]

⇐ **Vrstevnicová krivosť (k_{n-c})**

Tendencia ku konštantnej denudácii (zmena hmoty činiteľa je kompenzovaná zmenou jeho rýchlosti)

derivácia

Normálová spádnicová krivosť (k_{n-s}) = konšt.

Zrýchlenie / spomalenie toku látky [kg.s⁻²]

⇐ **Normálová krivosť spádnice (k_{n-s})**

Tendencia ku konštantnej rýchlosti erózie alebo akumulácie

Normálová zmena horizontálnej krivosti (A_{tn}) = konšt.

Zmena koncentrácie/difúzie toku látky [kg.m⁻²]

⇐ **Spádnicová zmena ($k_{n-c} = (k_{n-cs})$)**

Tendencia k symetrickému rastu vyvýšení (akumuláciou) a depresii (denudáciou)



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Geomorphology 95 (2008) 236–259

GEOMORPHOLOGY

www.elsevier.com/locate/geomorph

Elementary forms for land surface segmentation: The theoretical basis of terrain analysis and geomorphological mapping

Jozef Minár^{a,c,1}, Ian S. Evans^{b,*}

Adekvátna segmentačná procedúra

Geografická objektovo založená analýza obrazu (GEOBIA)

- Klasifikuje obraz nielen na základe spektrálnych, ale aj geometrických a priestorových vlastností, maximalizuje vnútornú homogenitu a externú diferenciáciu objektov.
- 2006 prvé aplikácie pre segmentáciu georeliéfu: namiesto spektrálnych použité morфометrických charakteristik (**Drăguț & Blaschke, 2006** a Van Asselen & Seijmonsbergen, 2006).
- Od 2012 naše snahy o implementáciu v oblasti elementárnej a morfoštruktúrnej segmentácie georeliéfu (Drăguț et al., 2013, Bandura, Minár, 2017).

Vstup

Fyzikálne – geomorfologické kategórie odrážajúce sa v georeliéfe (**geomorfometrických charakteristikách**)

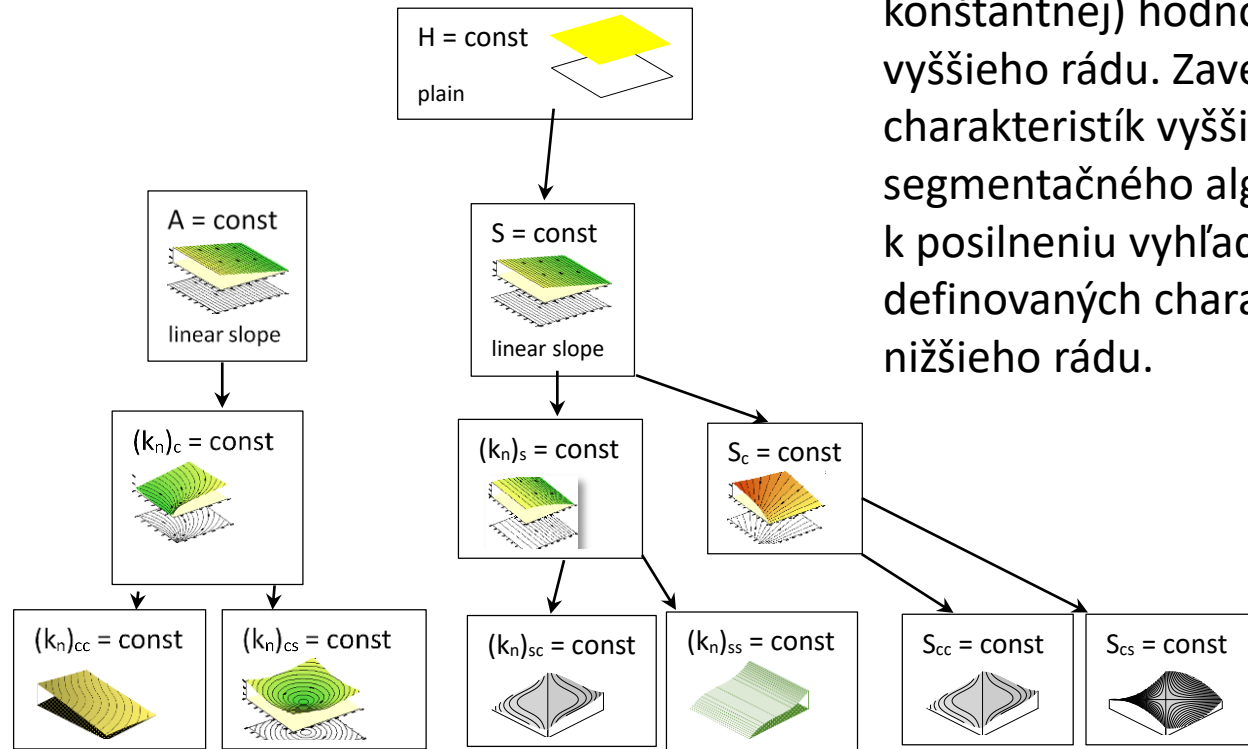


Hierarchia vstupných veličín a elementárnych foriem reliéfu

Formy nižšieho rádu sú len špeciálny prípad foriem vyššieho rádu (const = 0)

Konštantná hodnota charakteristiky nižšieho rádu vedie k nulovej (tiež konštantnej) hodnote charakteristiky vyššieho rádu. Zavedenie charakteristík vyššieho rádu do segmentačného algoritmu preto vedie k posilneniu vyhľadávania foriem definovaných charakteristikami nižšieho rádu.

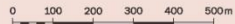
0. rád
1. rád
2. rád
3. rád



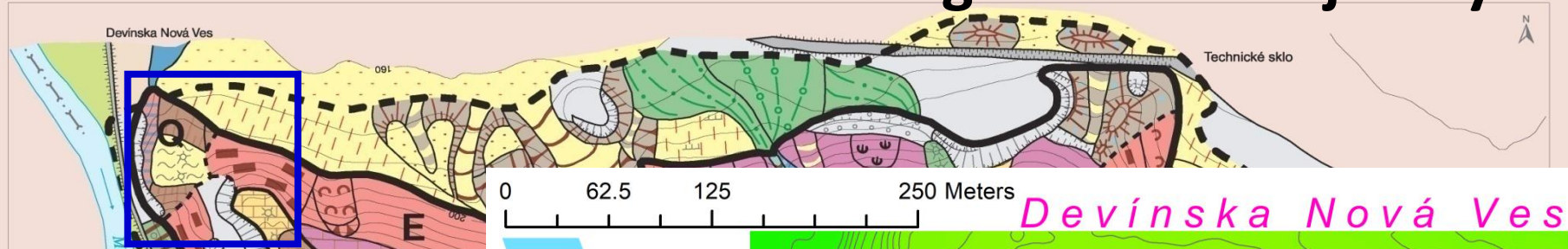
Formy nižšieho rádu sú výraznejšie atraktory vývoja reliéfu a preto sú uprednostňované v geomorfologickom mapovaní. Charakteristiky 3. rádu zodpovedajúce šedo vyfarbeným formám napokon neboli v segmentácii využité, lebo neovplyvňovali pozitívne výsledky segmentácie.

Postup segmentácie

- Generovanie DMR z Lidarových dát a jeho generalizácia do optimálnej úrovne
- Výpočet a normalizácia vstupných morfometrických charakteristík
- Realizácia GEOBIA v e-Cognition Developer: Scale parameter (ESP tool: step size 1 a 10), Shape (0.1) (Compactness / Smoothness 0.5), váhy vstupných parametrov: sklonu 2 ostatné 1.
- Segmentácia 1: bez orientácie, odlíšenie plochých foriem a svahov pomocou hodnoty sklonu odvodennej z jeho histogramu
- Segmentácia 2: len svahy, aj s použitím orientácie.
- Klasifikácia na základe prahových hodnôt: Shape index, Compactness, Border index a Density, resegmentácia komplikovaných tvarov (Shape split function).

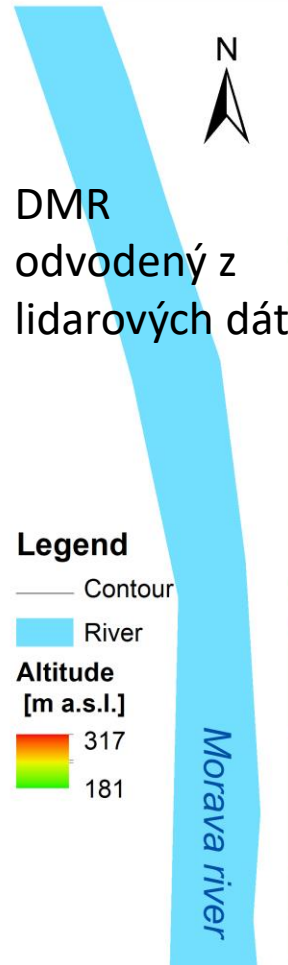
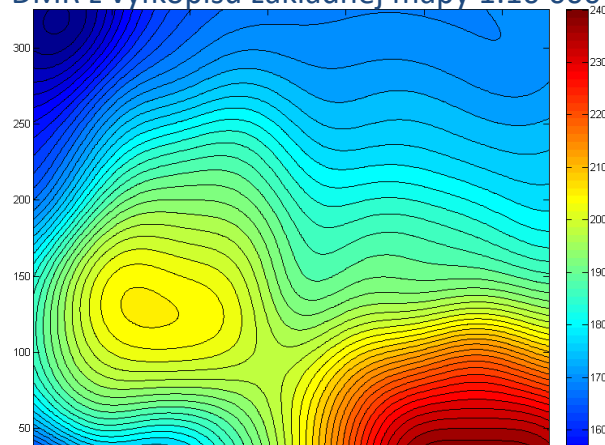


Testovacie územie: Slovinec - Sandberg na Devínskej Kobyle



Devínska Nová Ves

DMR z výřkopisu základnej mapy 1:10 000



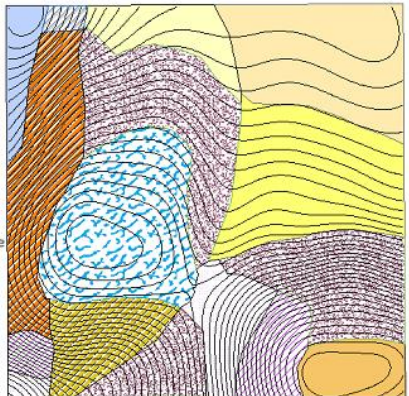
DMR
 odvodený z
 lidarových dát

Legend

— contourlines

Genesis

- Block landslide slope
- Cryopediment
- Cryopediment (denuded)
- Cryopediment (subsided)
- Denudational slope
- Exhumed abrasion surface
- Fault slope (with river cliff)
- Floodplain
- Fluvial erosional slope
- Planation surface (P1)
- Quarry cliff
- Quarry flat



Legend

— Contour

River

Altitude
 [m a.s.l.]



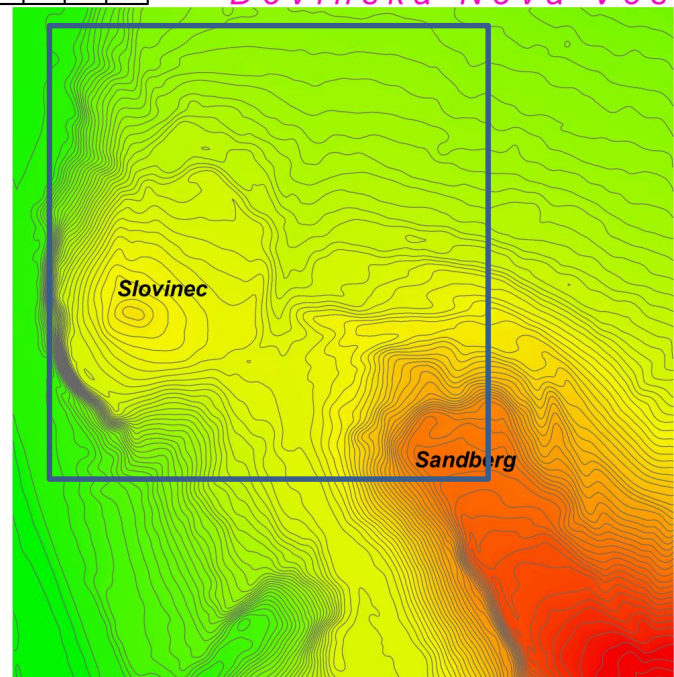
Detailná geomorfologická mapa utvorená tradičným terénnym mapovaním

- 1.1 Anthro-erosional scarp (slope of block)
- 1.1 Anthro-erosional slope
- 1.1 Anthro-fully-denudational slope
- 1.2 Anthro-plain (ancient)
- 1.2 Anthro-terrace
- 1.2 Anthro-hill (waterwork Ten and ent. ruin)
- 1.2 Anthro-rampart (inside on plain)
- 1.2 Anthro-rampart (outside on gravelly scarp)
- 1.2 Anthro-rampart (whole)
- 1.2 Slope of Anthro-terrace
- 1.4 Anthro-depression between ramparts
- 1.5 Quarry cliff
- 1.5 Quarry fill
- 1.6 Anthro-colluvial slope
- 2.1 Gzostin-Paul slope (hard limestone)
- 2.2 Gzostin-Paul slope (soft limestone)
- 3 Schumed abrasion surface
- 3.1 Schumed abrasion surface (soft limestone)
- 3.2 Schumed abrasion surface (hard limestone)
- 4 P1 (Planation surface)
- 4 P1 (Planation surface) - Gravit. subsided
- 4 P2 (Planation surface)
- 4 P2 (Cryopediment)
- 5 Gully



0 62.5 125 250 Meters

Devínska Nová Ves

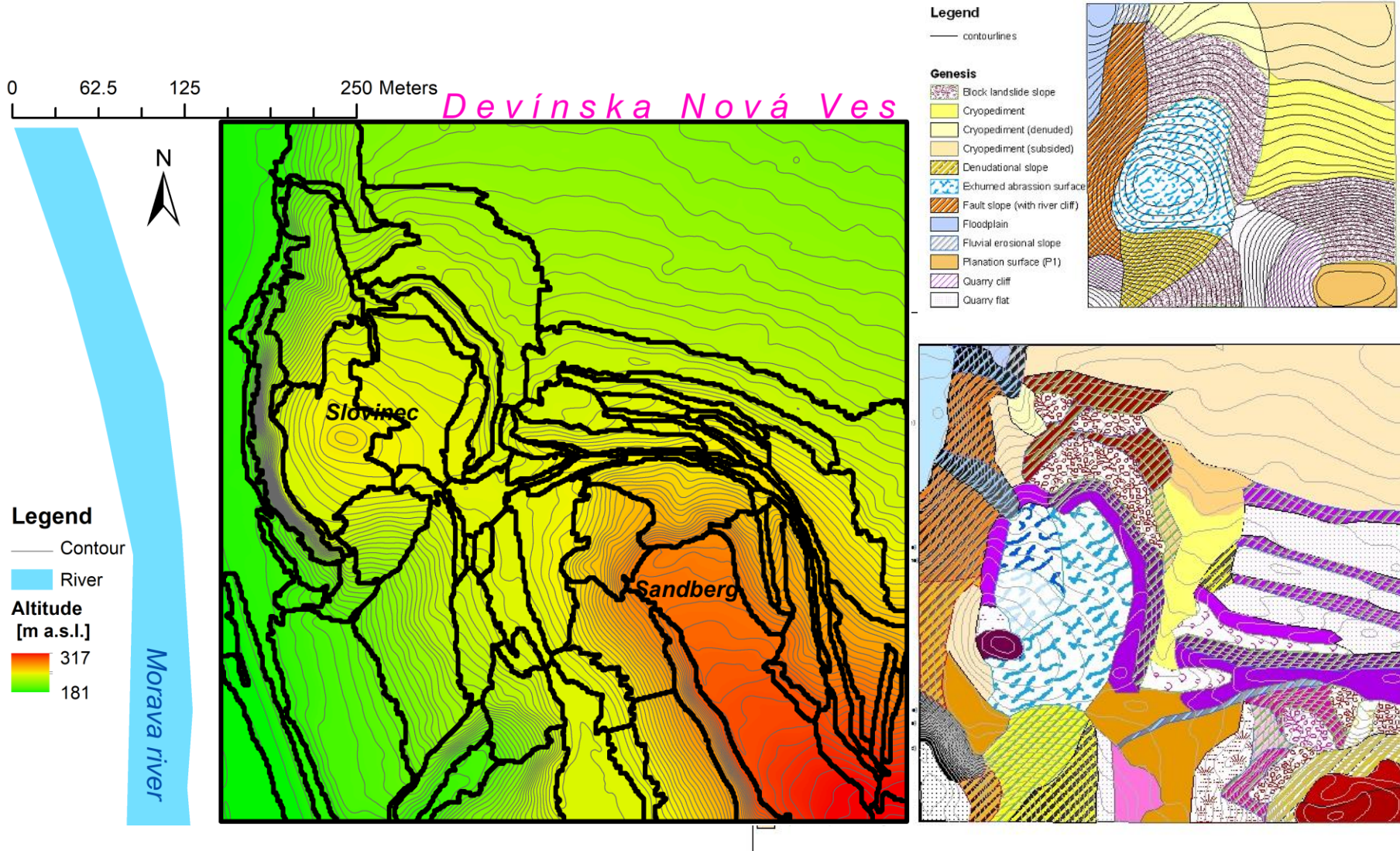


Legend

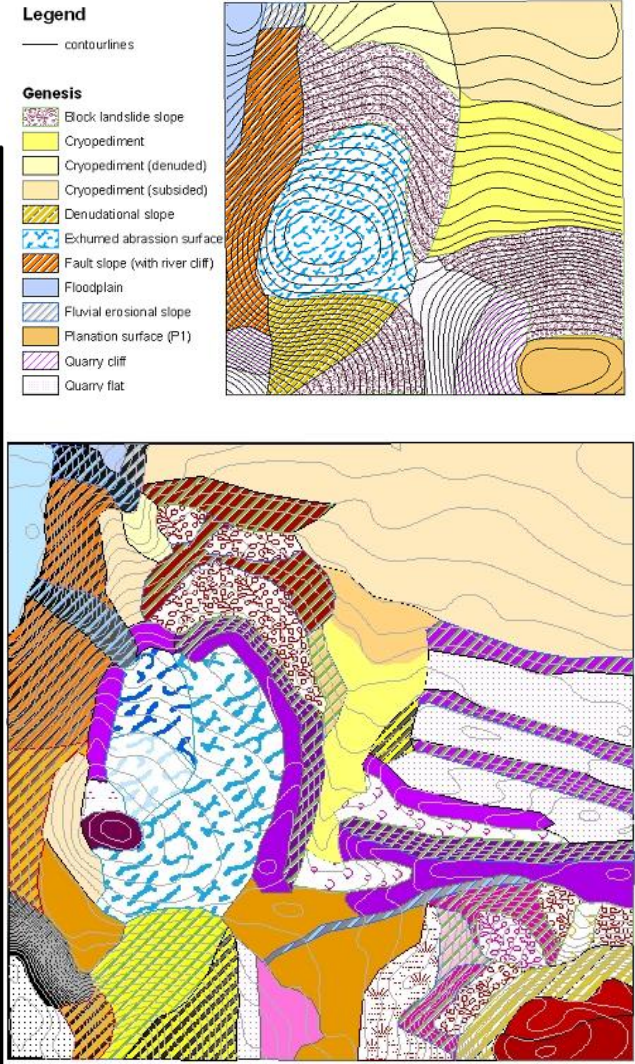
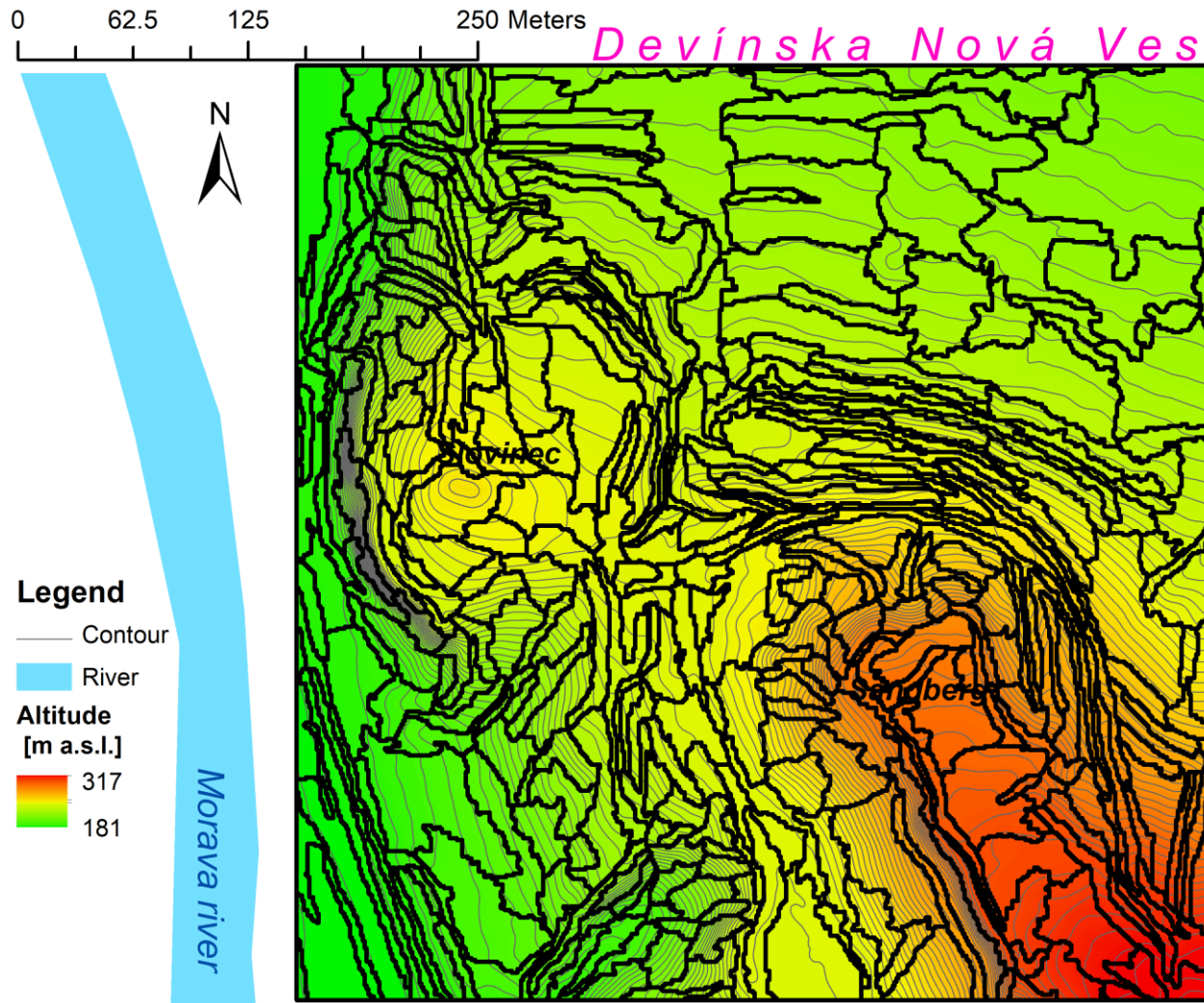
- Contour
- River
- Altitude [m a.s.l.]
- 317
- 181

Morava river

Segmentácia SS 10 vs. tradičné geomorfologické mapy



Segmentácia SS 1 vs. tradičné geomorfologické mapy

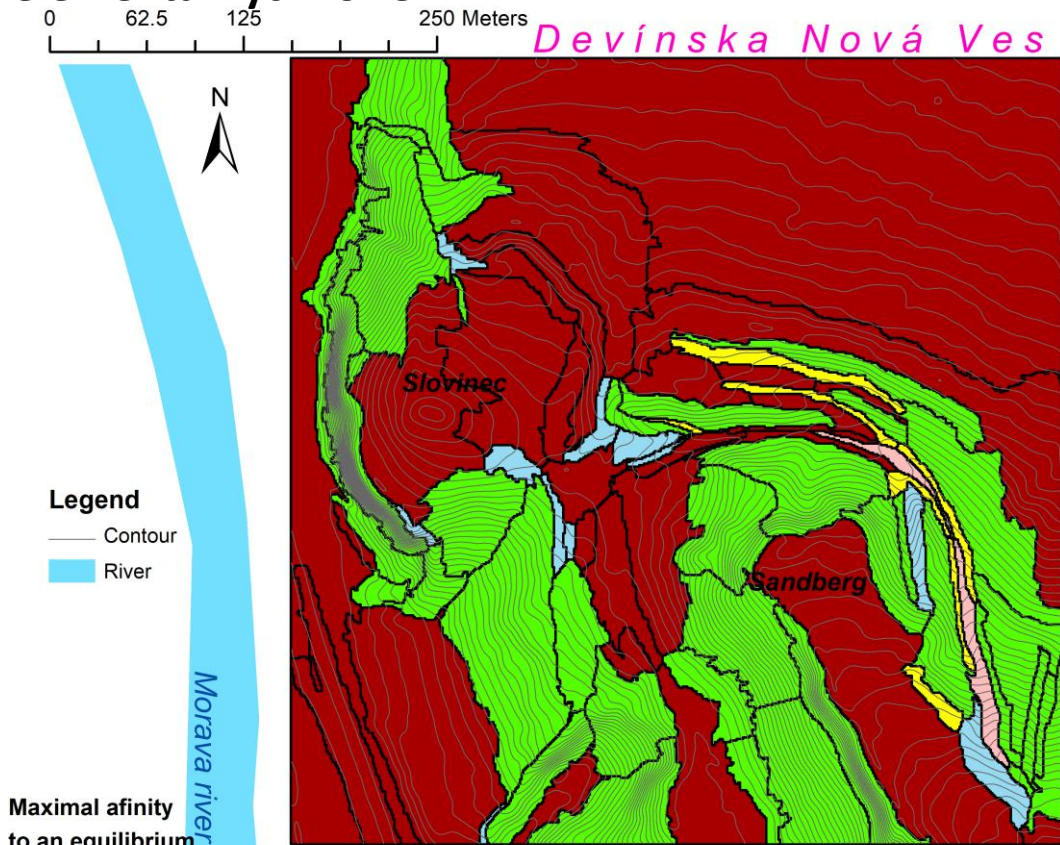


Hodnotenie segmentov z hľadiska ich afinity k elementárnym formám

- Koeficient variácie (C_v) ako miera afinity ku konštantnej hodnote morfometrickej charakteristiky (jeho špecifické určenie pre nadmorskú výšku a orientáciu reliéfu)
- Nastavenie prahovej hodnoty sklonu pre rovinné formy
- Typizácia (hľadanie najväčšej afinity k teoretickým rovnovážnym typom): charakteristiky s $C_{v_{\min}}$ (***Akému teoretickému typu elementárnej formy sa segment najviac podobá?***)
- Vyhodnotenie celkovej afinity segmentov k elementárnym formám podľa hodnoty C_v definičných charakteristík formy (***Má daný segment vôbec charakter elementárnej formy?***)

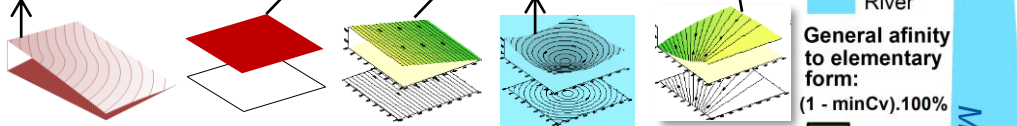
Vyhodnotenie afinity segmentov k elementárnym formám

Maximálna afinita k rovnovážnym typom elementárných foriem



altitude slope and aspect twisting and profile curvature

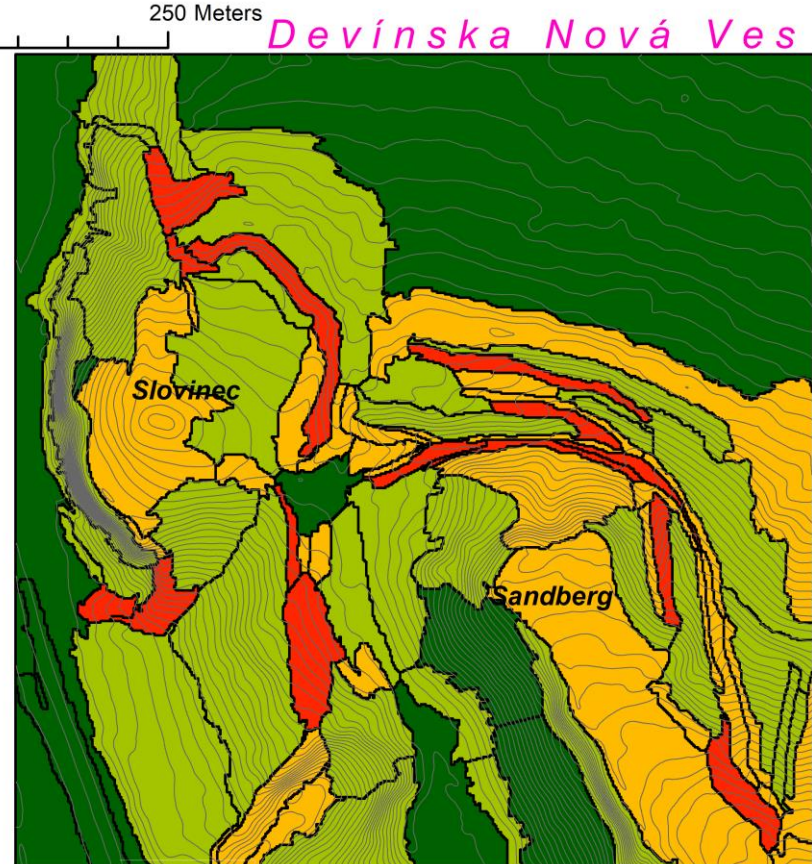
slope and contour change of plan curvature slope and stream line change of plan curvature river



General affinity to elementary form:
 $(1 - \min C_v) \cdot 100\%$

- > 80%
- 80-60%
- 59-40%
- < 40%

Maximálna miera podobnosti (afinita) segmentov k niektorej rovnovážnej elementárnej forme



ZÁVERY

- **Koncepcia elementárnych foriem reliéfu (Minár, Evans, 2008) je vhodnou teoretickou bázou pre fyzikálne založenú elementárnu segmentáciu georeliéfu priamo využiteľnú v detailnom geomorfologickom a geoekologickom mapovaní.**
- **GEOBIA má jasný potenciál prakticky realizovať teoretický koncept elementárnych foriem georeliéfu, ak sa teória premietne do výberu vstupných charakteristík, špecifikácie segmentačnej procedúry a hodnotenia získaných výsledkov segmentácie.**