

Kartografické modelování VII - analýzy terénu jaro 2017

Petr Kubíček

kubicek@geogr.muni.cz

**Laboratory on Geoinformatics and Cartography (LGC)
Institute of Geography
Masaryk University
Czech Republic**

Kartografické modelování



Topografické funkce a DMT

Zdroje DMT

- DPZ (radar, fotogrametrie, LiDAR)
- Pozemní měření (geodetická, vrstevnice z map) -> nutná interpolace
- Neexistuje jediný nejlepší interpolátor pro DMT

Cíl:

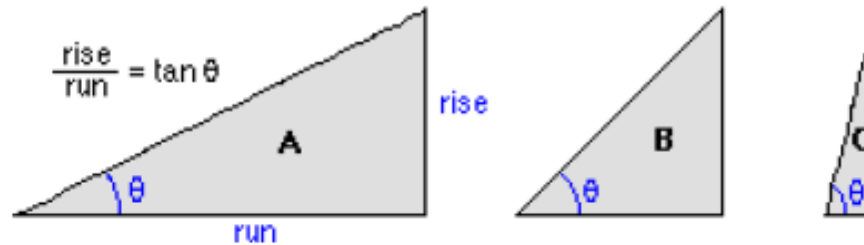
- dobrá reprezentace významných prvků (hřbety a toky)
- Hydrologicky korektní model (eliminace bezodtokých oblastí)

Sklon svahu

- Vychází z definice první parciální derivace povrchu (vektorů)
- Technicky řešeno pohybem okna 3x3 nebo 5x5 pixelů
- Mnoho metod, ale všechny na stejném principu 1. derivace

Degree of slope = θ

Percent of slope = $\frac{\text{rise}}{\text{run}} * 100$



Degree of slope =

30

45

76

Percent of slope =

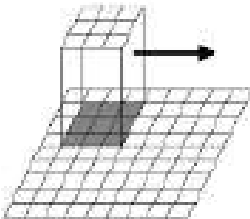
58

100

373

Comparing values for slope in degrees versus percent

Kartog



delování

Realizace výpočtu pomocí fokální funkce.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

Surface scanning
window

Výpočet

$$[dz/dx] = ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / (8 * x_cellsize)$$

$$[dz/dy] = ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / (8 * y_cellsize)$$

Radiány a stupně – oblouková a stupňová míra

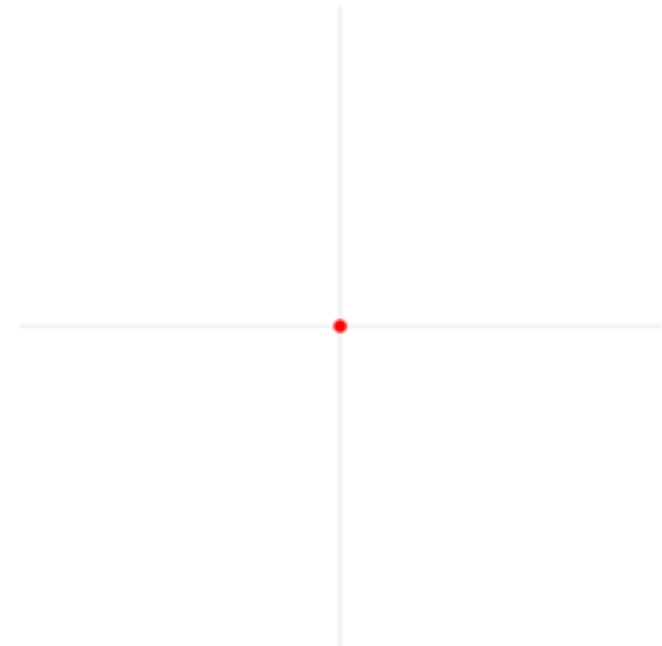
Výseč kruhu s délkou stejnou jako poloměr toho kruhu má *úhel* rovný 1 radiánu. Plný kruh odpovídá úhlu 2π radiánů

$$\alpha = \frac{a \cdot 180}{\pi}$$

$$a = \frac{\alpha \cdot \pi}{180}$$

Tedy:

Kart $1 \text{ rad} = \frac{180^\circ}{\pi} \approx 57,296^\circ \approx 57^\circ 17' 45''$



a 50	b 45	c 50
30	30	30
8	10	10

$$\begin{aligned}
 [dz/dx] &= ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / (8 * x_cellsize) \\
 &= ((50 + 60 + 10) - (50 + 60 + 8)) / (8 * 5) \\
 &= (120 - 118) / 40 \\
 &= 0.05
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [dz/dy] &= ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / (8 * y_cellsize) \\
 &= ((8 + 20 + 10) - (50 + 90 + 50)) / (8 * 5) \\
 &= (38 - 190) / 40 \\
 &= -3.8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 rise_run &= \sqrt{([dz/dx]^2 + [dz/dy]^2)} \\
 &= \sqrt{((0.05)^2 + (-3.8)^2)} \\
 &= \sqrt{(0.0025 + 14.44)} \\
 &= 3.80032
 \end{aligned}$$

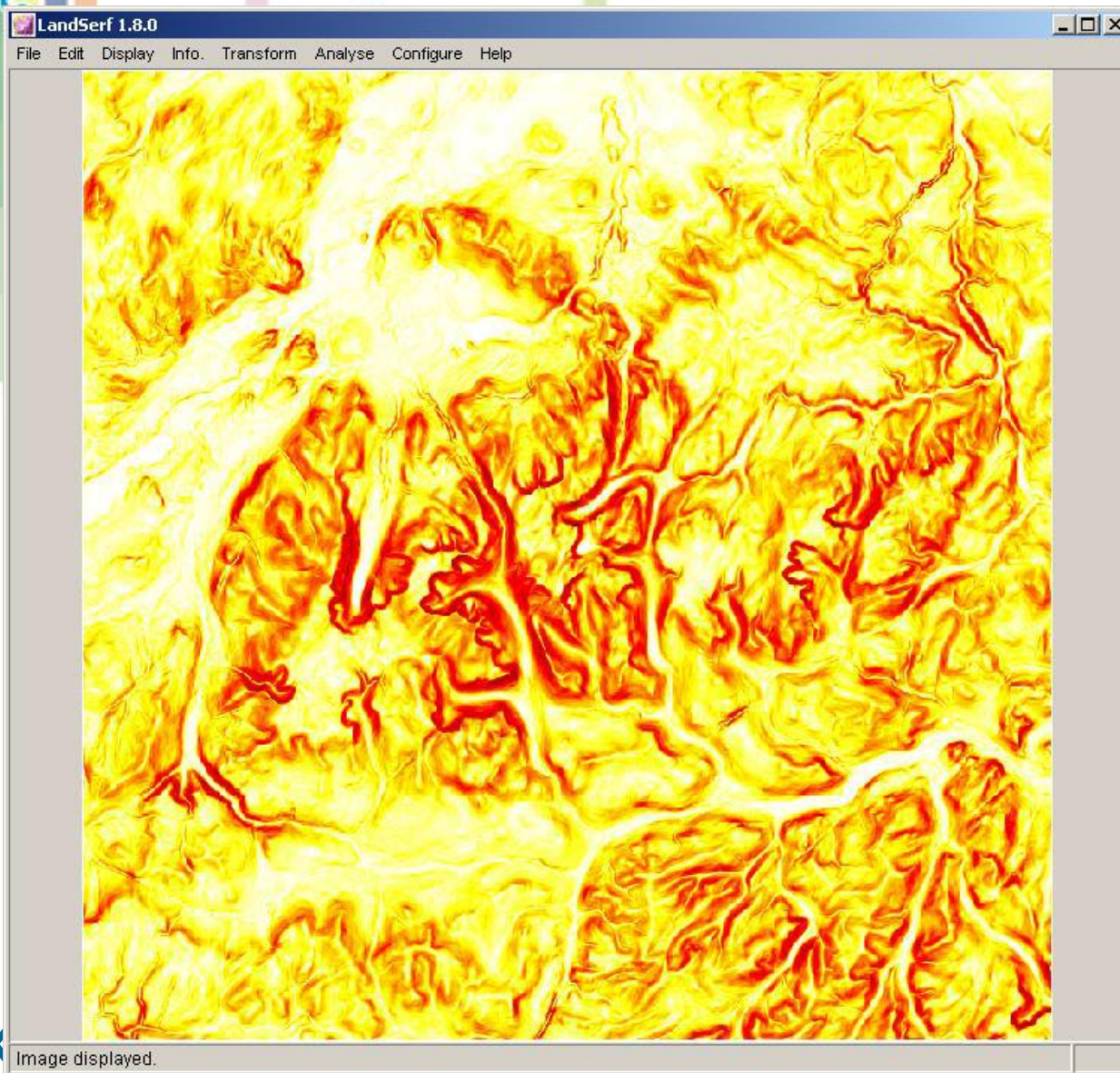
$$\begin{aligned}
 slope_degrees &= ATAN(rise_run) * \\
 &57.29578 \\
 &= ATAN(3.80032) * 57.29578 \\
 &= 1.31349 * 57.29578 \\
 &= 75.25762
 \end{aligned}$$

Kartografické modelování

59	56	59
71	75	70
60	63	57



Příklad

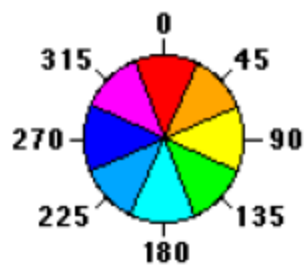


Expozice (aspect)

- Opět založeno na první derivaci ve dvou směrech x a y.
- Měřeno od severu (0°) ve stupních po směru hodinových ručiček
- Nejen pro určení orientace svahu, ale také základní algoritmus pro určení směru proudění v buňce – základ hydrologických analýz

$$\text{ASPECT} = 180 - \arctan\left(\frac{q}{p}\right) + 90 \cdot \frac{p}{|p|}$$

$$p = \frac{\partial z}{\partial x'} \quad q = \frac{\partial z}{\partial y}$$



Aspect directions

a	b	c
d	e	f
g	h	i

Surface window

Výpočet expozice

$$[dz/dx] = ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / 8$$

$$[dz/dy] = ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / 8$$

$$\mathbf{aspect} = 57.29578 * \mathbf{atan2} ([dz/dy], -[dz/dx])$$

if $aspect < 0$

$cell = 90.0 - aspect$

else if $aspect > 90.0$

$cell = 360.0 - aspect + 90.0$

else

$cell = 90.0 - aspect$

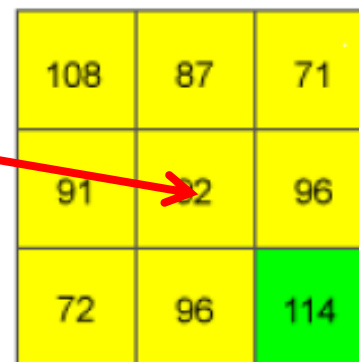
Příklad

$$\begin{aligned} [dz/dx] &= ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / 8 \\ &= ((85 + 170 + 84)) - (101 + 202 + 101)) / 8 \\ &= -8.125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [dz/dy] &= ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / 8 \\ &= ((101 + 182 + 84) - (101 + 184 + 85)) / 8 \\ &= -0.375 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} aspect &= 57.29578 * \text{atan2} ([dz/dy], -[dz/dx]) \\ &= 57.29578 * \text{atan2} (-0.375, 8.125) \\ &= -2.64 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} cell &= 90.0 - aspect \\ &= 90 - (-2.64) \\ &= 90 + 2.64 \\ &= 92.64 \end{aligned}$$



Aspect of elevation

- Flat (-1)
- North (0-22.5)
- Northeast (22.5-67.5)
- East (67.5-112.5)
- Southeast (112.5-157.5)
- South (157.5-202.5)
- Southwest (202.5-247.5)
- West (247.5-292.5)
- Northwest (292.5-337.5)
- North (337.5-360)

Kartografické modelování

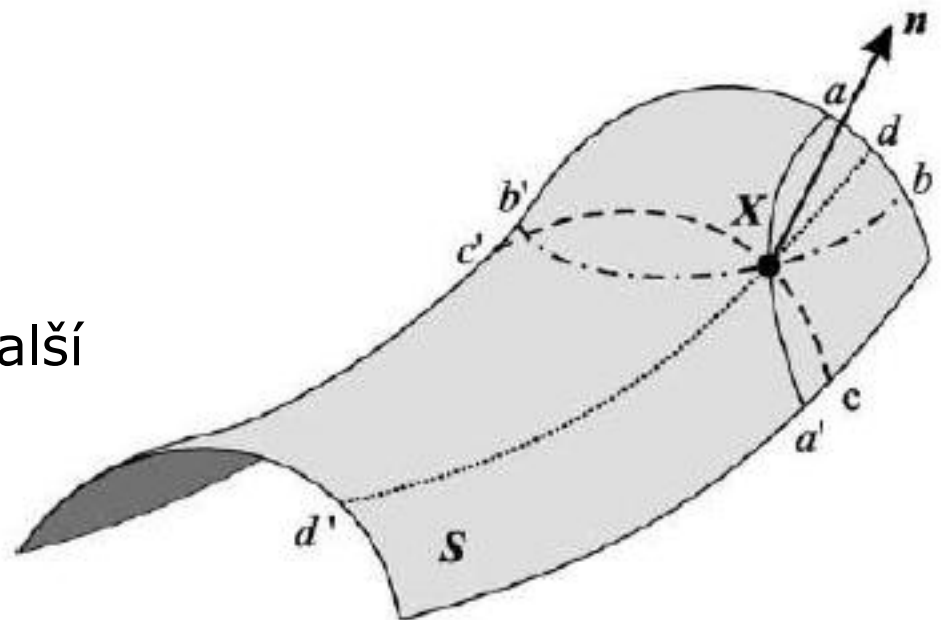
Aspect example output

if aspect < 0
cell = 90.0 -
aspect

Zakřivení (Curvature)

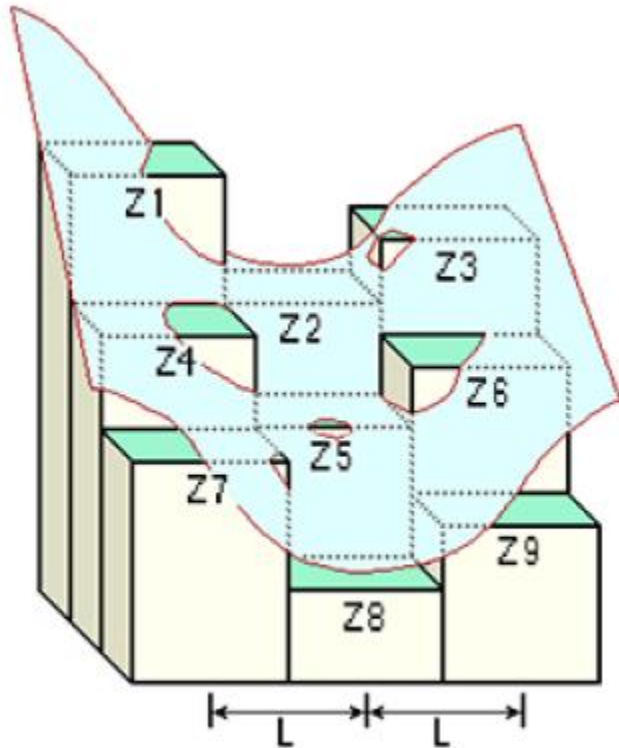
- Založeno na **druhé derivaci** změn povrchu.
- Lze si představit např. jako křivku vzniklou průsečíkem roviny kolmé k povrchu a tohoto povrchu – záleží na směru roviny vzhledem k povrchu!!!
- Čtyři přirozené směry zakřivení:
 - a) Profil (**vertikální** zakřivení) aa'
 - b) Tangenciální (**horizontální**) bb'
 - c) Maximální cc'
 - d) Minimální dd'
- Na jejich základě definované další typy zakřivení

$$k = \frac{\frac{d^2z}{dz^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{1.5}}$$



Polynomická rovnice pro 3x3 buňky:

$$Z = Ax^2y^2 + Bx^2y + Cxy^2 + Dx^2 + Ey^2 + Fxy + Gx + Hy + I$$



Curvature values diagram

$$\mathbf{A} = [(Z1 + Z3 + Z7 + Z9) / 4 - (Z2 + Z4 + Z6 + Z8) / 2 + Z5] / L^4$$

$$\mathbf{B} = [(Z1 + Z3 - Z7 - Z9) / 4 - (Z2 - Z8) / 2] / L^3$$

$$\mathbf{C} = [(-Z1 + Z3 - Z7 + Z9) / 4 + (Z4 - Z6) / 2] / L^3$$

$$\mathbf{D} = [(Z4 + Z6) / 2 - Z5] / L^2$$

$$\mathbf{E} = [(Z2 + Z8) / 2 - Z5] / L^2$$

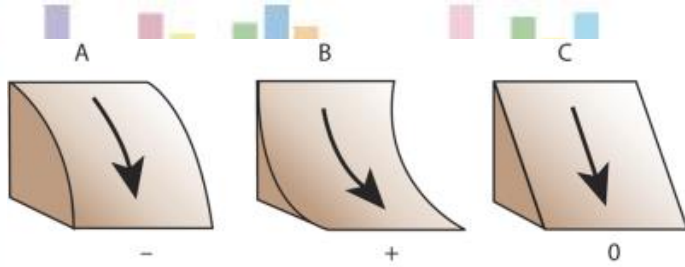
$$\mathbf{F} = (-Z1 + Z3 + Z7 - Z9) / 4L^2$$

$$\mathbf{G} = (-Z4 + Z6) / 2L$$

$$\mathbf{H} = (Z2 - Z8) / 2L$$

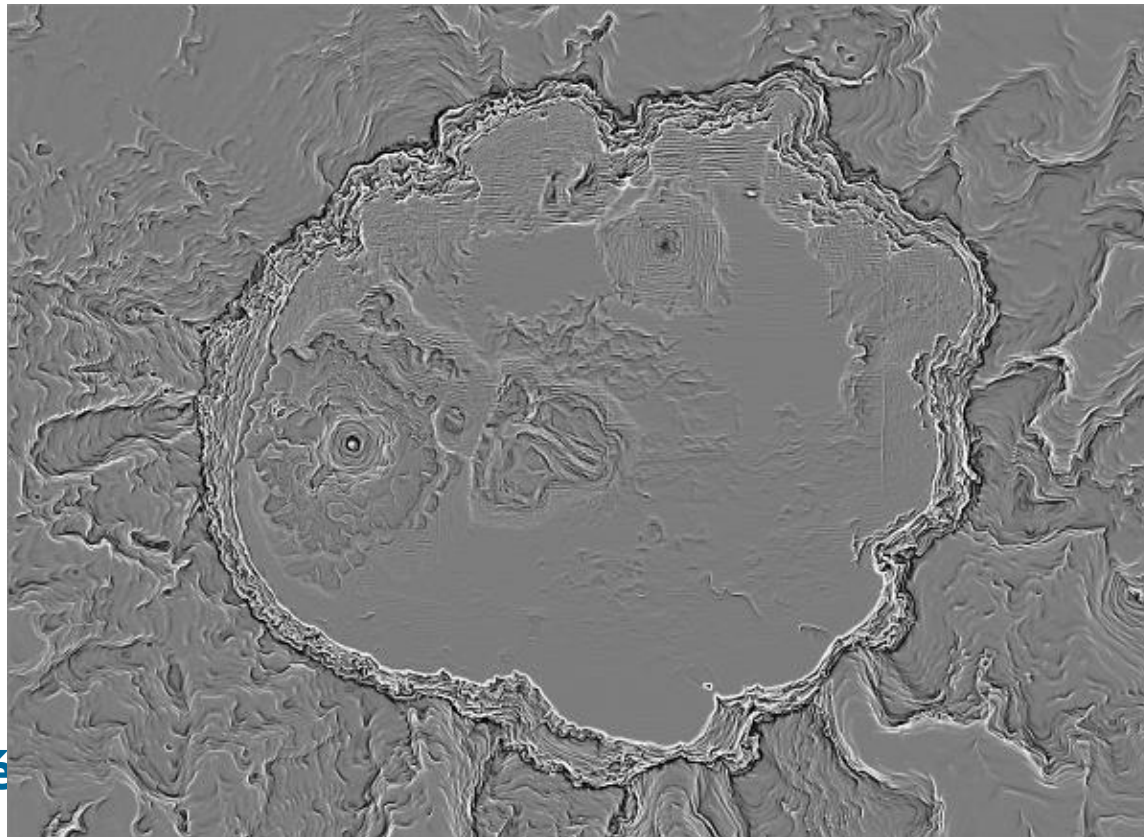
$$\mathbf{I} = Z5$$

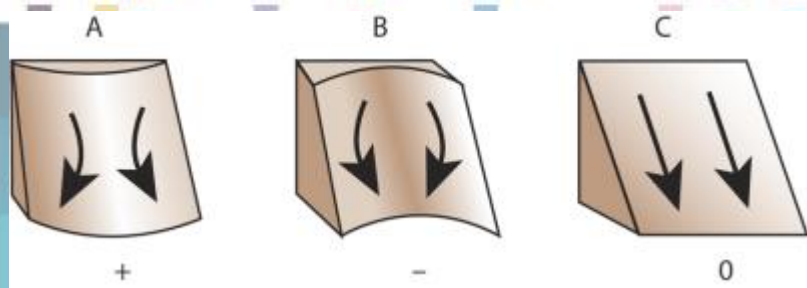
$$\mathbf{Curvature} = -2(\mathbf{D} + \mathbf{E}) * 100$$



Příklady a užití – vertikální (profile)

Paralelní se směrem maximálního sklonu. **Negativní** hodnota = svah je směrem nahoru **konvexní**; **pozitivní** hodnota = svah je směrem nahoru **konkávni**; 0 = svah je lineární (rovný).
Ovlivňuje zpomalení či zrychlení povrchového odtoku. Terasy!

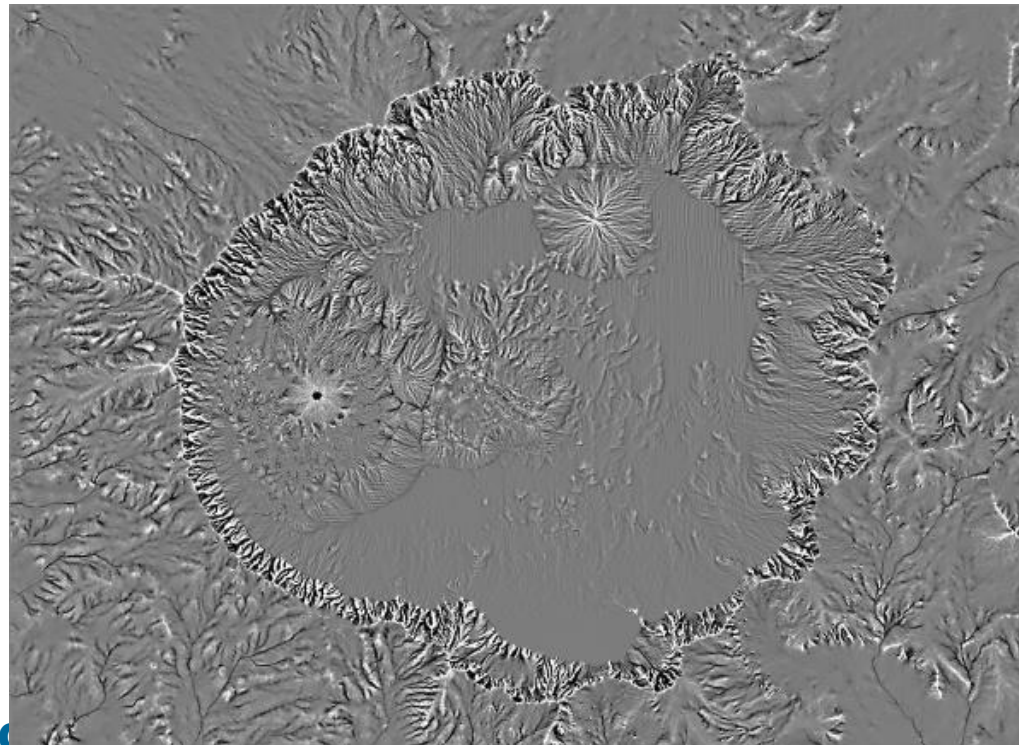




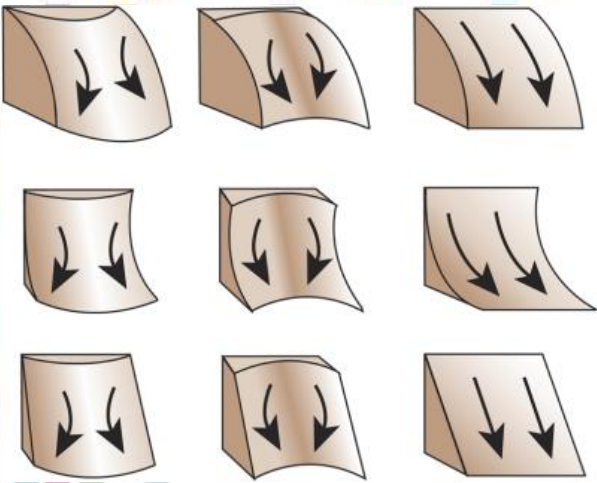
Příklady a užití – horizontální (plan)

Kolmá na směr maximálního sklonu. **Negativní** hodnota = svah je směrem do boků **konkávní**; **pozitivní** hodnota = svah je směrem do boků **konvexní**; 0 = svah je lineární (rovný).

Ovlivňuje konvergenci či divergenci povrchového odtoku. Údolnice a hřbetnice!

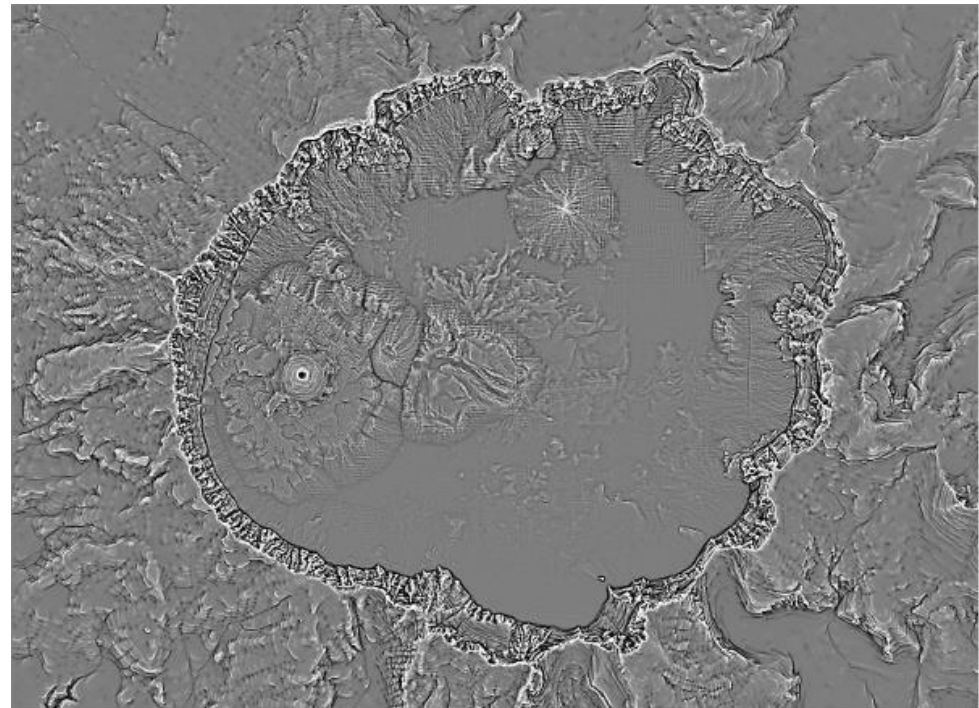


Příklady a užití - kombinace



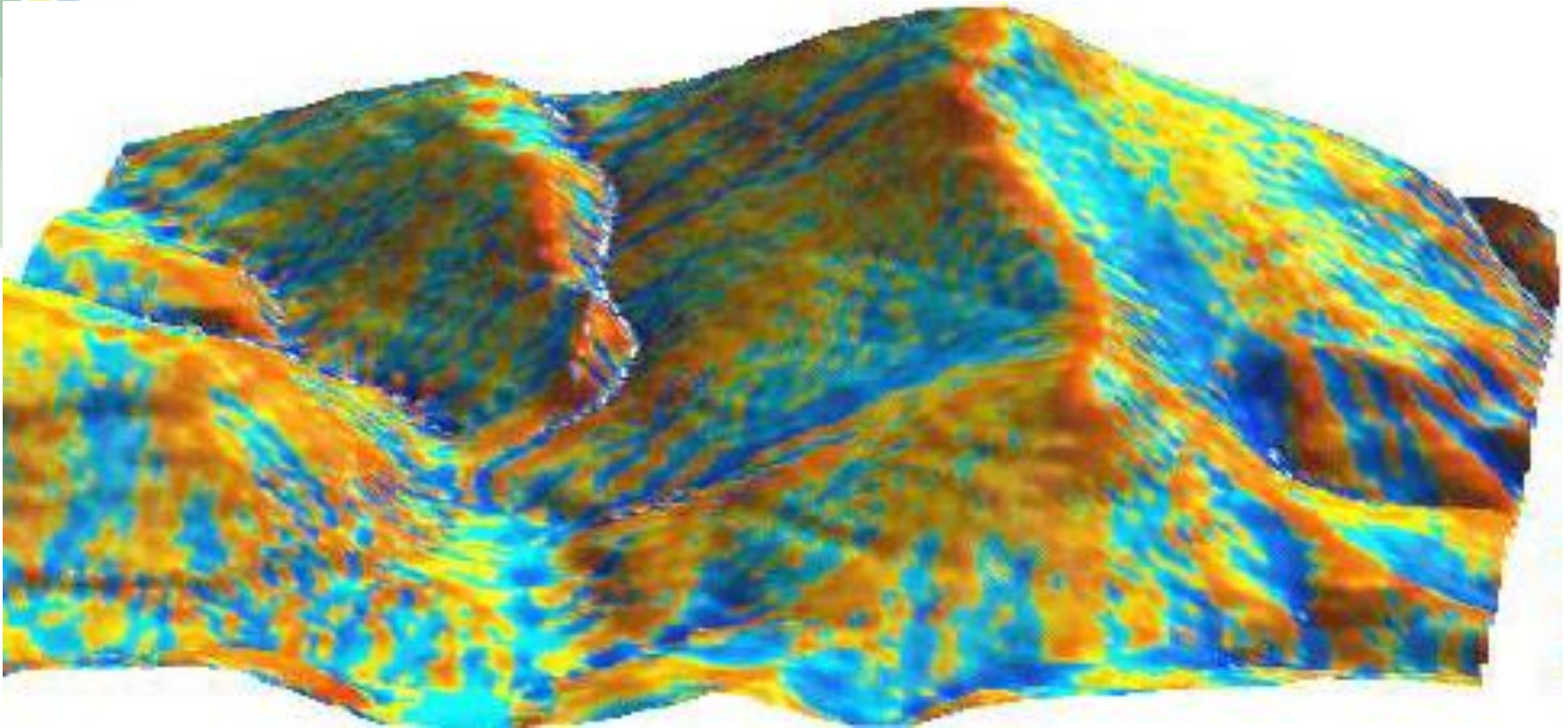
- Zásadní pro hydrologické analýzy:
 - Akumulace vody ale i substrátu – eroze
 - Přímá souvislost s vlhkostí stanoviště (vertikální zakřivení)
- Zjištění konkávních (chráněných) a konvexních (exponovaných povrchů) může být využito i v mnoha jiných oborech (např. predikce výskytu druhů, akumulace apod.)

Kartografické modelování





Zakřivení (ukázka)



Kartografické modelování



Osvětlení (hillshading)

Cílem je vytvořit dojem plastického (3D) modelu terénu pomocí jeho nasvícení (hillshading = shaded relief map)

Parametry světelného zdroje:

- **Azimut** (typická hodnota 315°)
- **Výška nad horizontem**, jako úhel - elevace (typická hodnota 45°)

Různé postupy výpočtu

- ArcGIS
- **Hillshade = 255.0 * ((cos(Zenith_rad) * cos(Slope_rad)) + (sin(Zenith_rad) * sin(Slope_rad) * cos(Azimuth_rad - Aspect_rad)))**
- Může být použito ale i pro jednoduchou analýzu zastínění terénu, při dané poloze slunce – předstupeň pro plnohodnotnou analýzu potenciální přímé sluneční radiace (PDSI)

Úhel osvětlení

(2) $Zenith_deg = 90 - Altitude$

Convert to radians:

(3) $Zenith_rad = Zenith * pi / 180.0$

Směr osvětlení

(4) $Azimuth_math = 360.0 - Azimuth + 90$

Note that if $Azimuth_math \geq 360.0$, then:

(5) $Azimuth_math = Azimuth_math - 360.0$

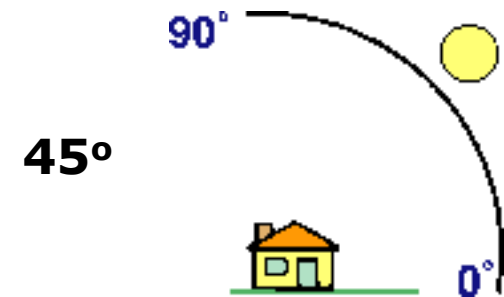
Convert to radians:

(6) $Azimuth_rad = Azimuth_math * pi / 180.0$

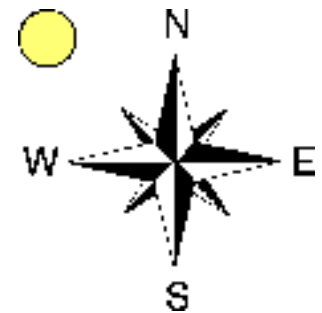
Sklon svahu

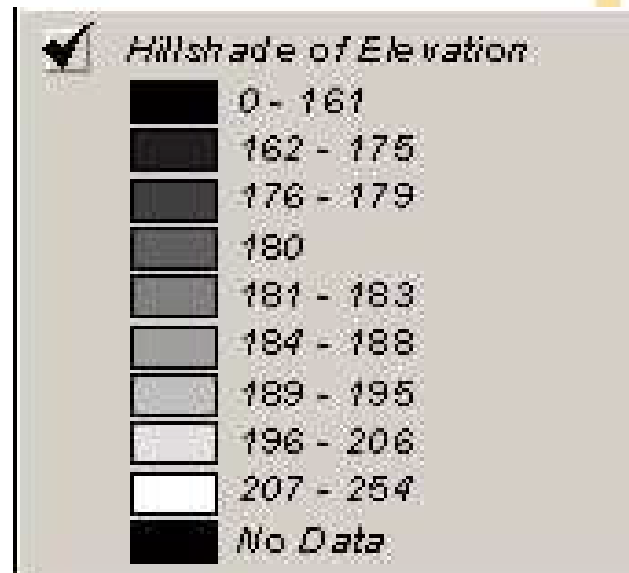
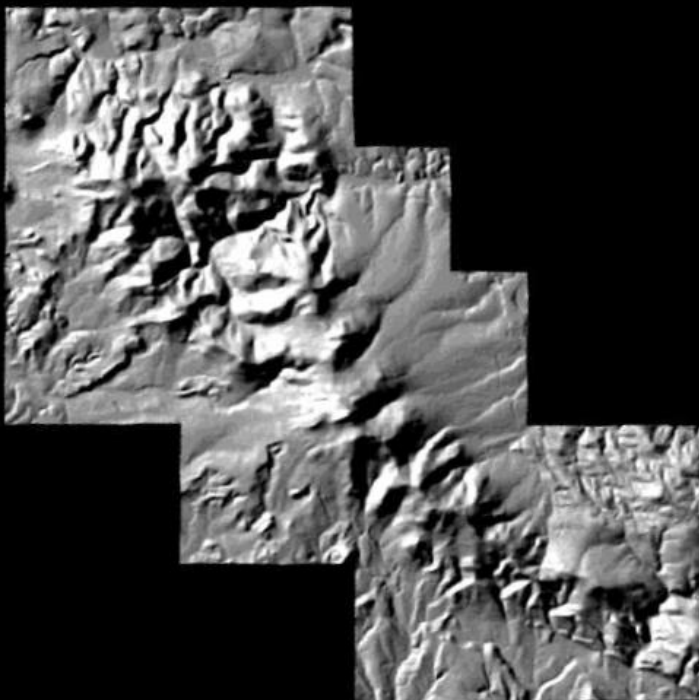
Orientace svahu

Výpočet

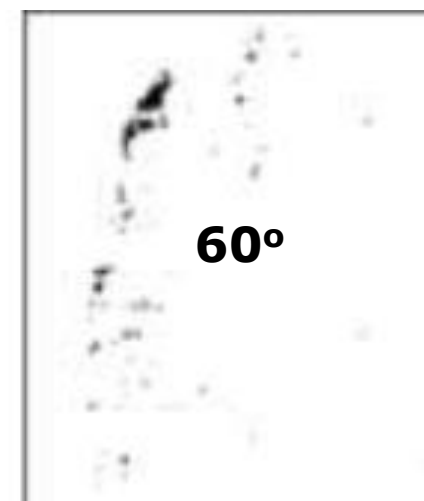
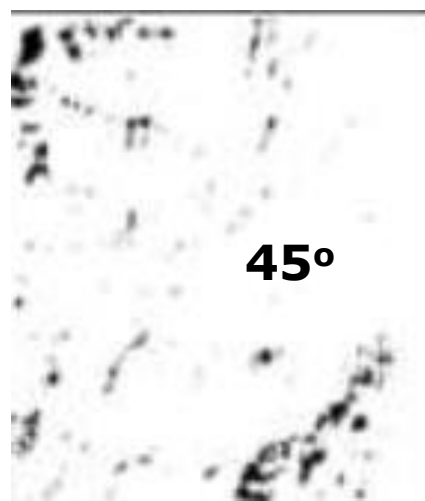


315°





Kartografické modelování



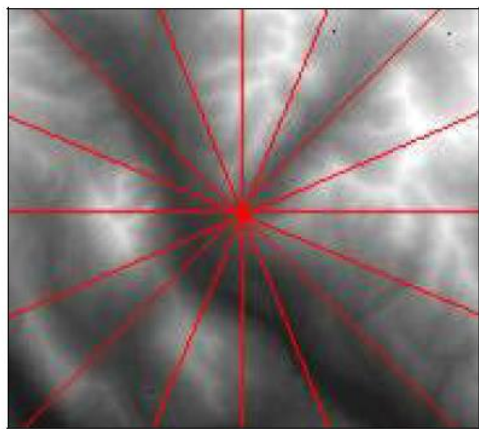


Potenciální solární radiace

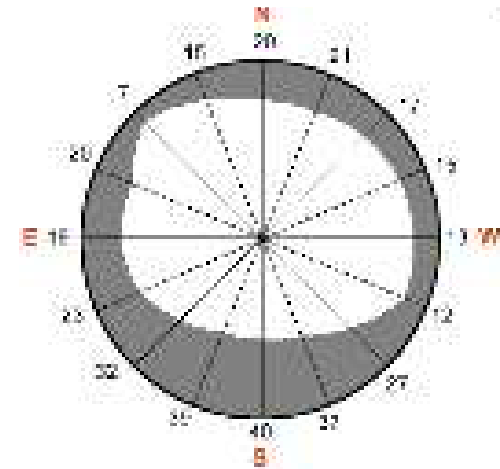
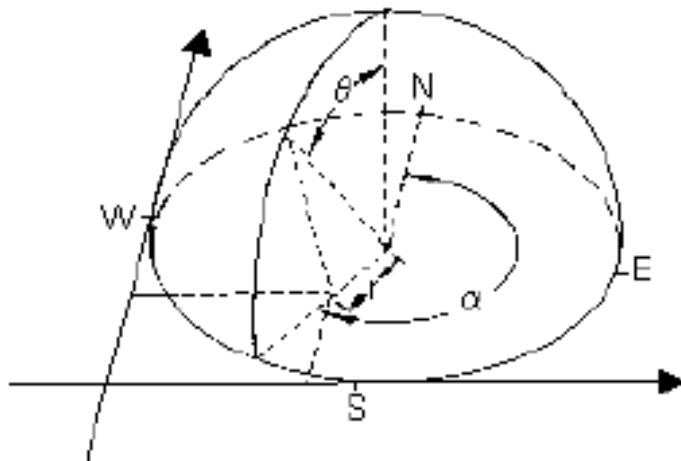
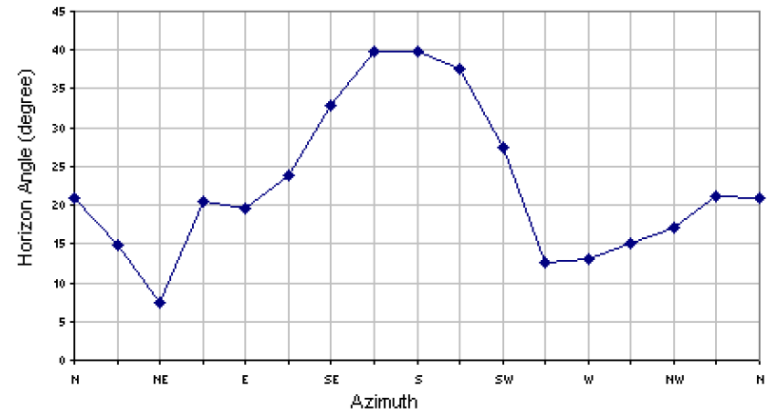
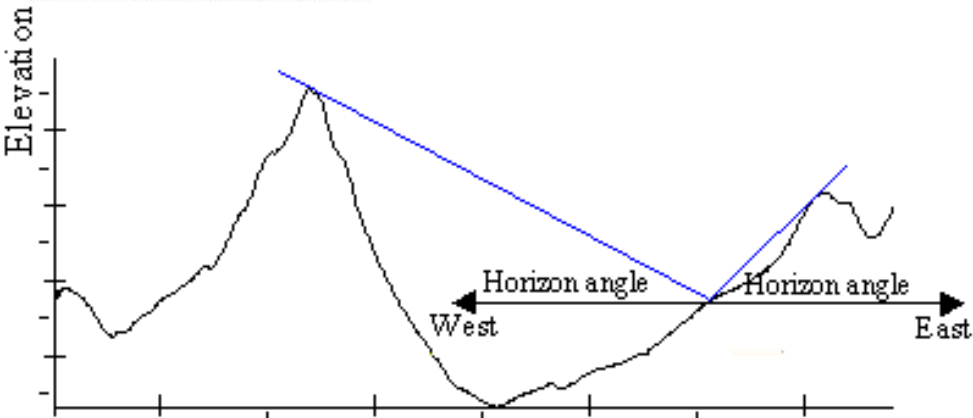
- Predikce potenciálního množství radiace dopadající na konkrétní plochu (pixel).
- Založeno na:
 - 1. Modelu zastínění plochy okolním terénem (hemispherical viewshed, skyview factor)
 - 2. Modelování trajektorie slunce pro danou zeměpisnou šířku
 - 3. Výpočet globálního záření na jednotku plochy jako součet přímé a difusní radiace

Model zastínění

horizontální úhly ->
interpolace pro všechny
směry -> převod úhlů na
hemisférické souř. ->
viewshed



A) Directions for Horizon Angle Calculations

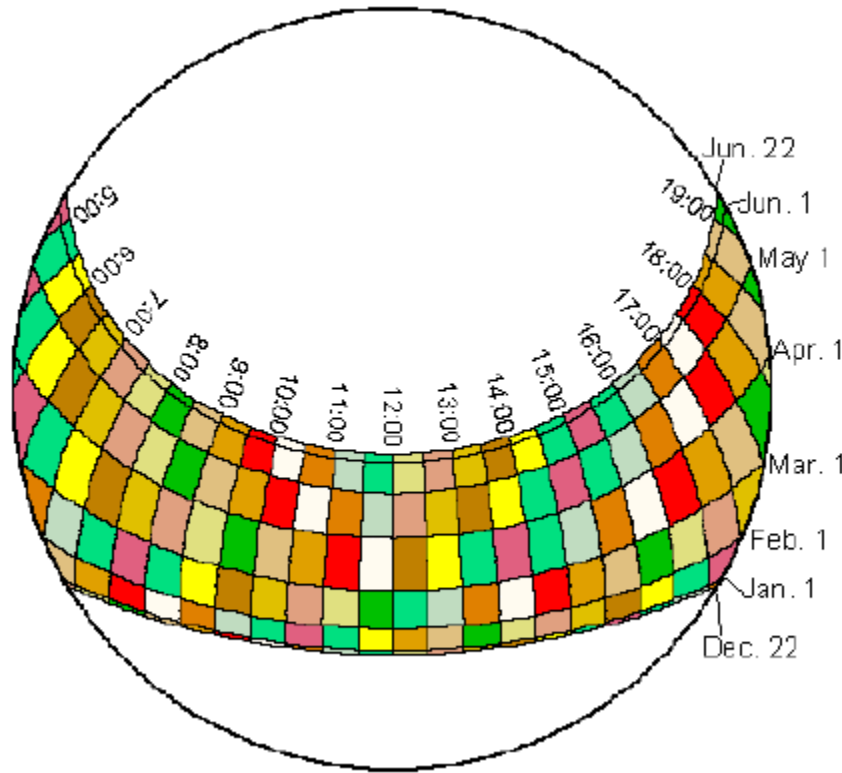


Ka

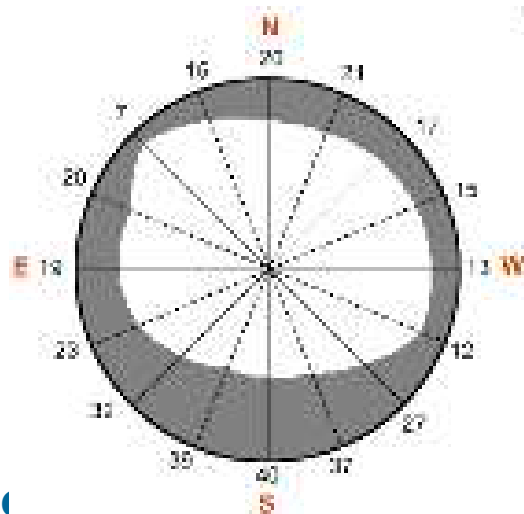
Potenciální solární radiace

Kombinace:

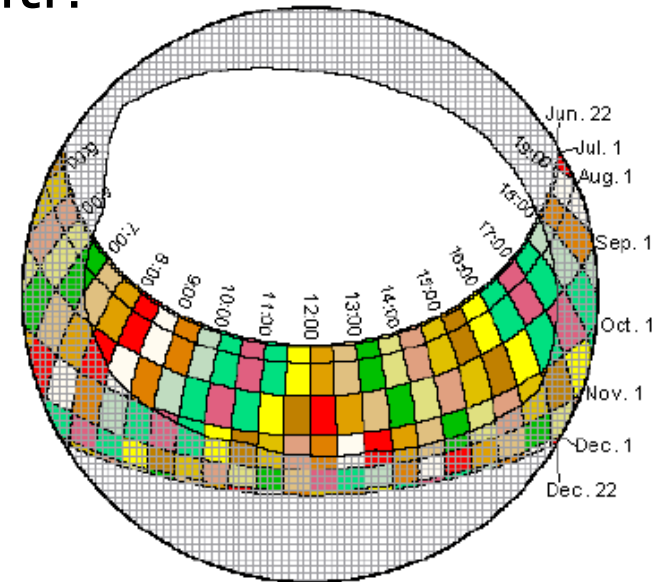
- projektované dráhy slunce (30 min, 12 měsíců) a
- hemisférického zastínění.
- Využití?



+



=



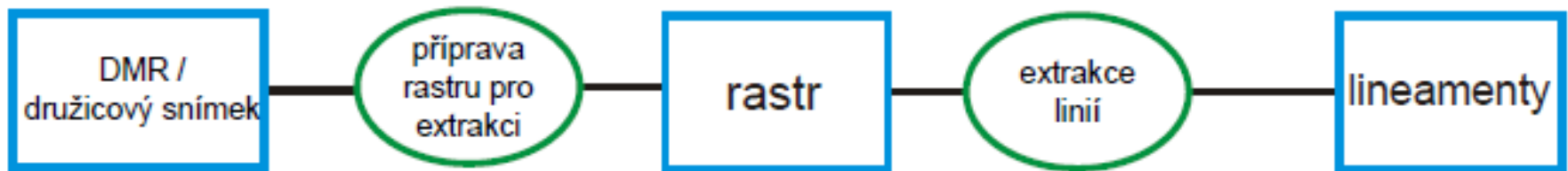


Multi-Hillshade Hierarchic Clustering (MHHC) (Šilhavý 2017)

Práce řeší geomorfologický problém vymezení významných linií na georeliéfu.

Cílem algoritmu je vymežit geomorfologicky významné linie, které mohou být použity jako základ pro morfostrukturní analýzu území.

Obecný postup:





Inovace obecného přístupu k vymezení lineamentů

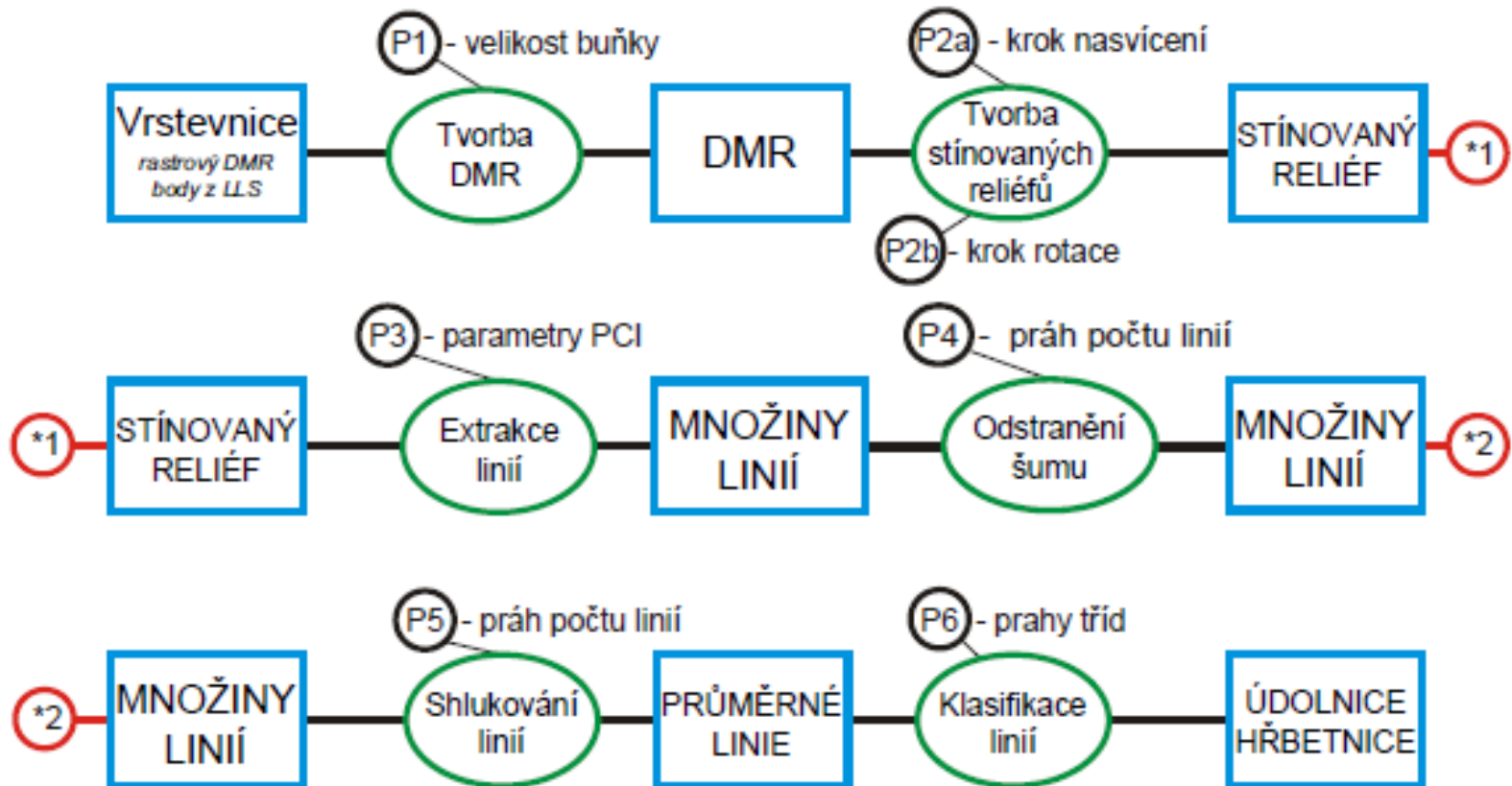
Princip algoritmu spočívá v analýze stínovaného reliéfu odvozeného z DMR, kde jsou metodami digitálního zpracování obrazu detekovány linie označující nespojitosti obrazu (hrany).

Schéma algoritmu (MHHC) je rozdělené do šesti kroků:

1. Tvorba DMR.
2. Příprava rastru pro extrakci linií.
3. Extrakce linií.
4. Odstranění šumu, tj. předzpracování dat pro shlukovou analýzu.
5. Shluková analýza linií, tj. nalezení reprezentativních linií.
6. Klasifikace lineamentů dle typu (konvexní,

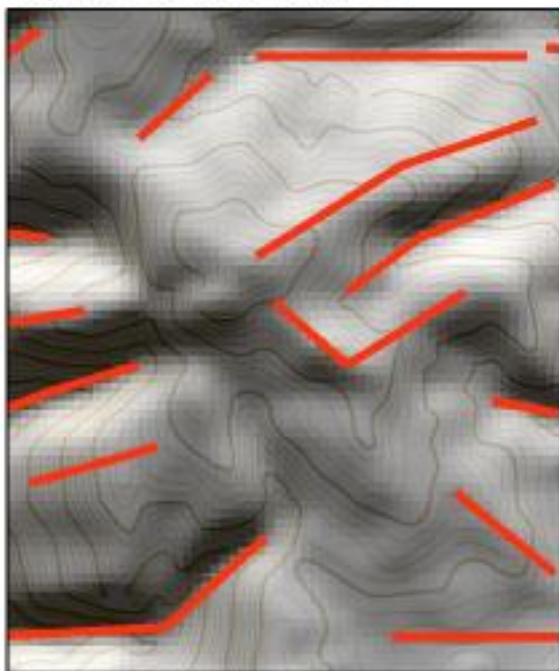
Konkávlní). modelování

Kroky a parametry algoritmu

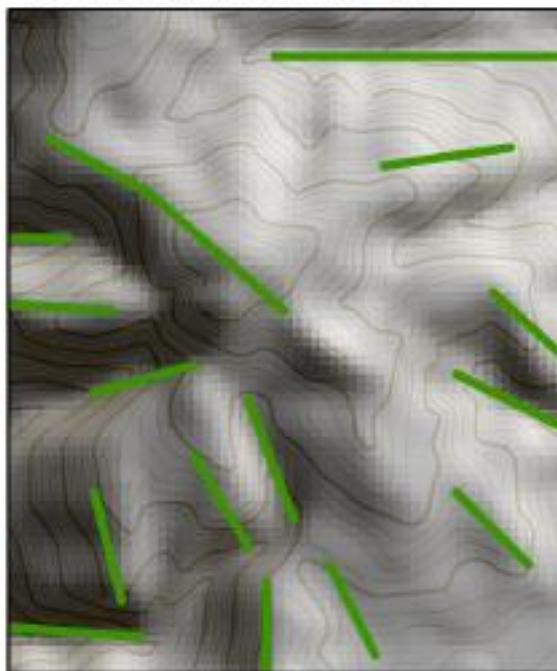


Vliv parametrů - nasvícení

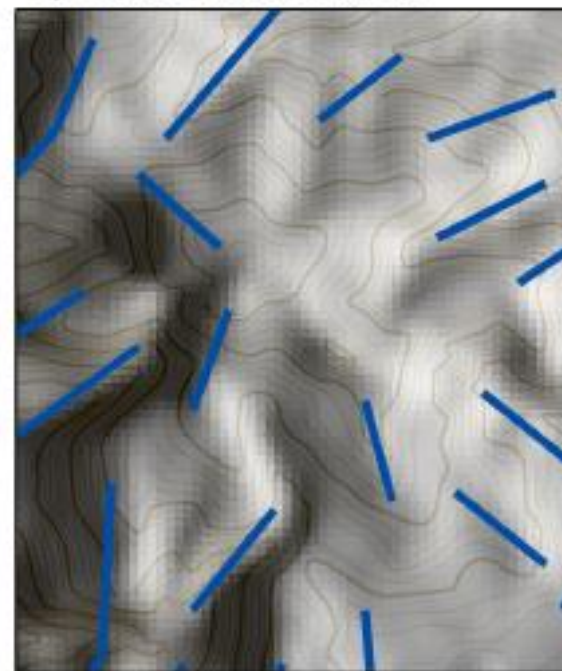
a) úhel nasvícení 0°



b) úhel nasvícení 45°

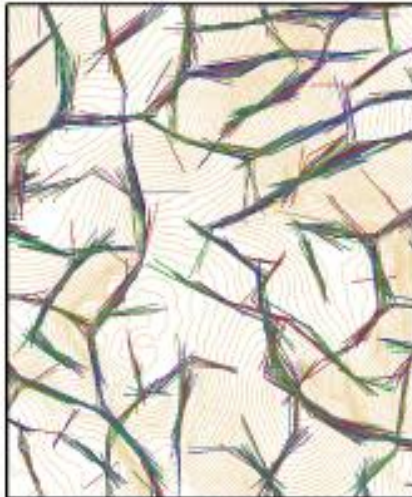


c) úhel nasvícení 90°

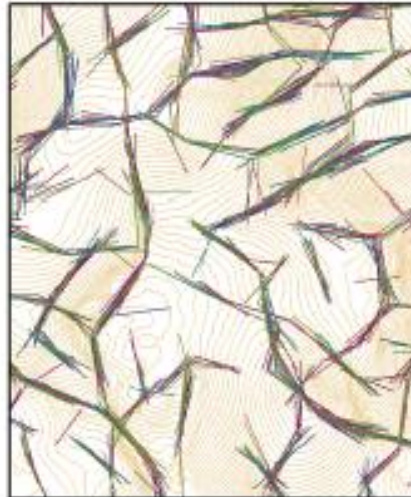


Vliv parametrů – úhel rotace

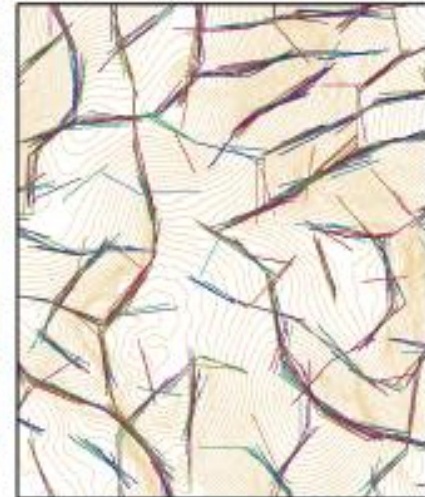
1a) $P2 = 5^\circ$



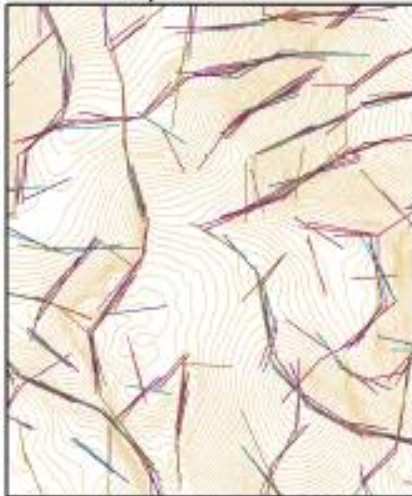
2a) $P2 = 10^\circ$



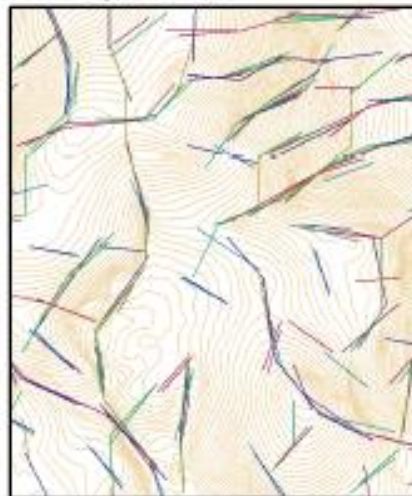
3a) $P2 = 15^\circ$



4a) $P2 = 30^\circ$



5a) $P2 = 45^\circ$

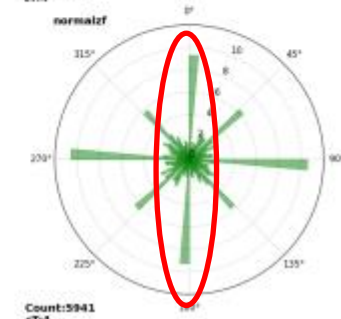
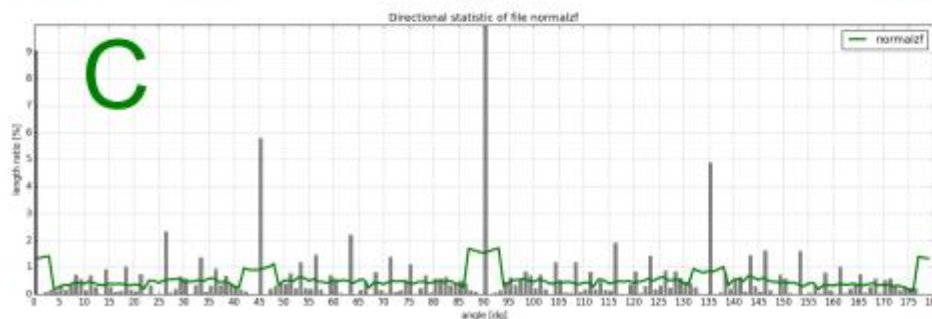
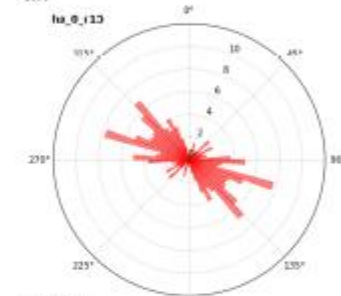
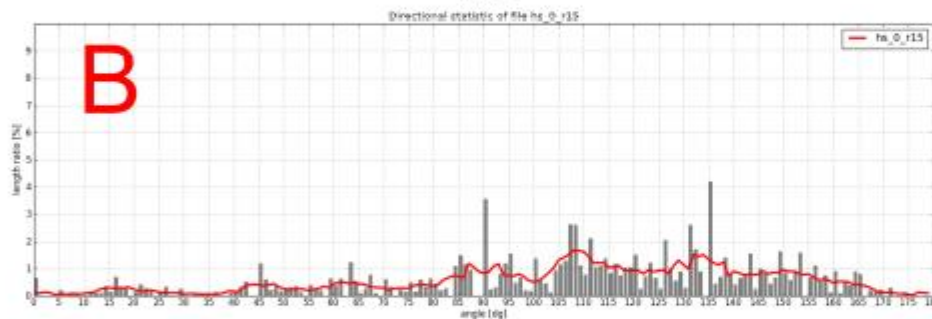
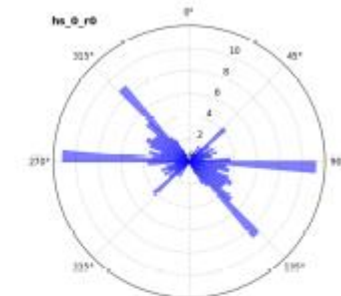
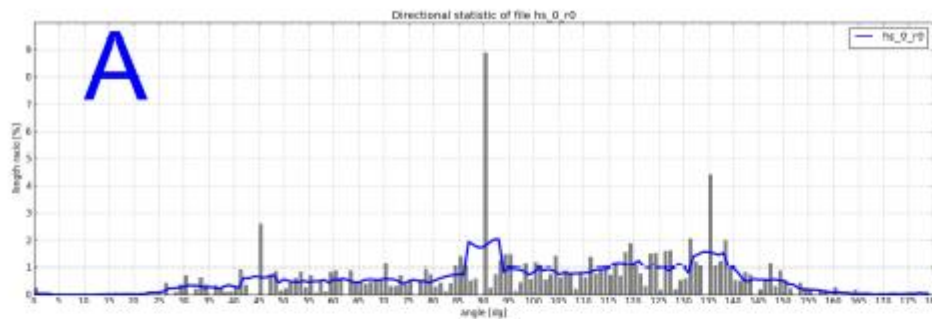


6a) $P2 = 90^\circ$

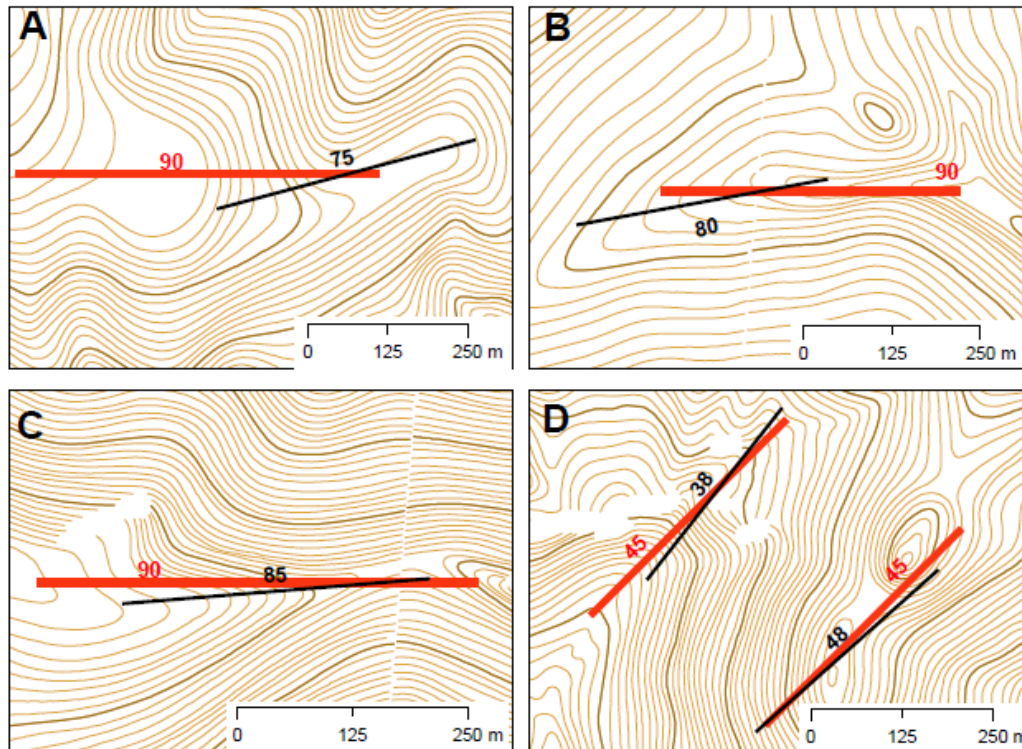


Artefakty (šumy)

- A) Stínovaný reliéf s úhlem nasvícení 0 ° (maxima 45, 90 a 135 °).
- B) Rastr A rotovaný o 15 ° (maxima 45, 90 a 135 °)*.
- C) Rastr s náhodně generovanými hodnotami (maxima 0, 45, 90 a 135 °).



Důkaz existence šumu



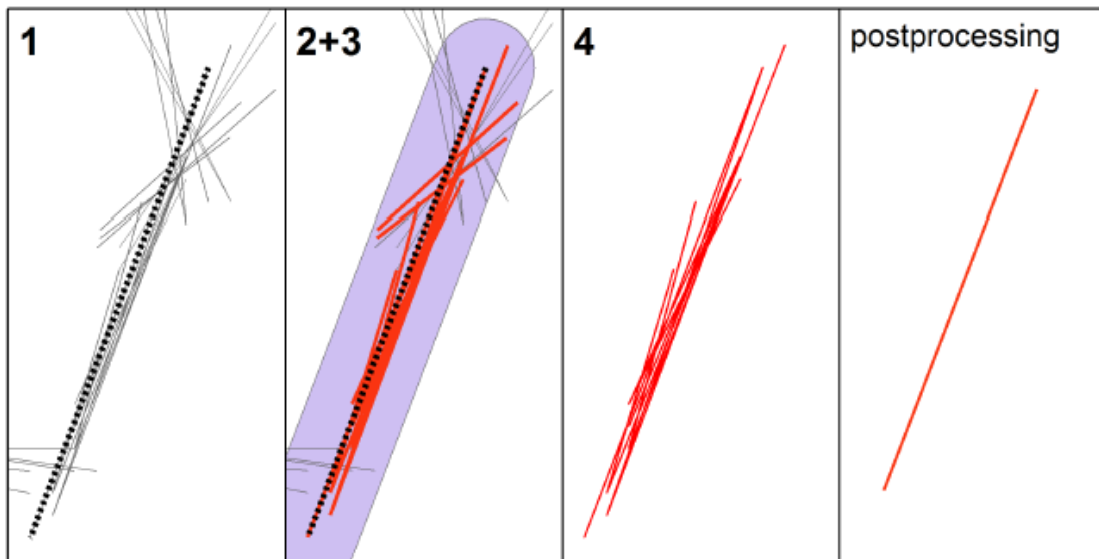
Důkaz artefaktu - ukázky extrahovaných linií z **původního** (červené linie) a **rotovaného** rastru o 15° (černé linie)

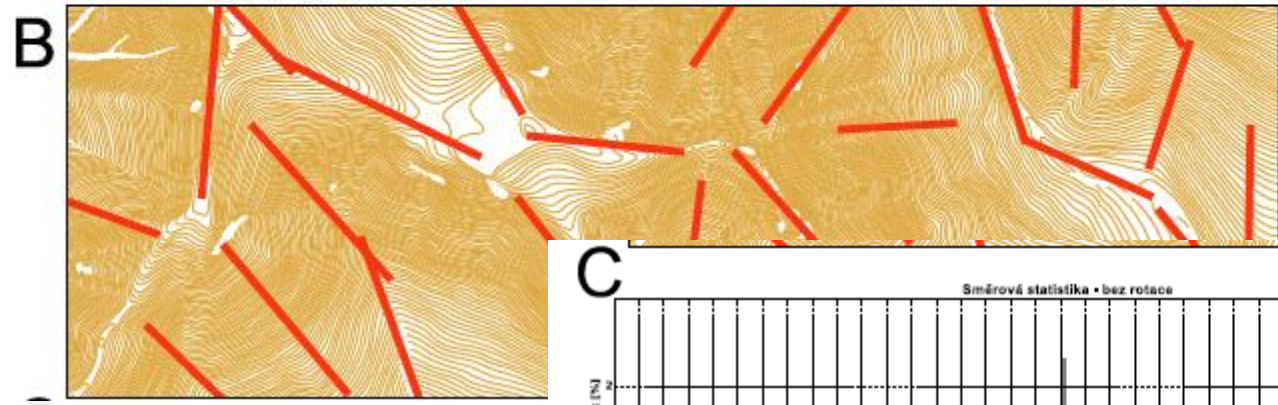
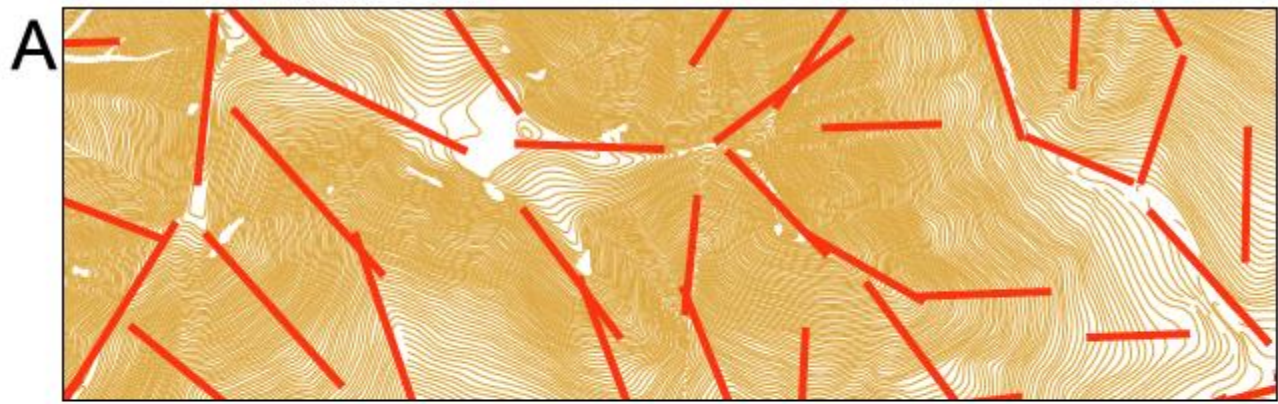
Tzv. artefakt preference 8 hlavních směrů při extrakci linií z rastrového podkladu. Na polohovou přesnost extrahovaných linií má jen malý vliv, ale výrazně zkresluje směrové statistiky, které nelze použít pro další interpretaci.

Kartografické modelování

Shlukování linií

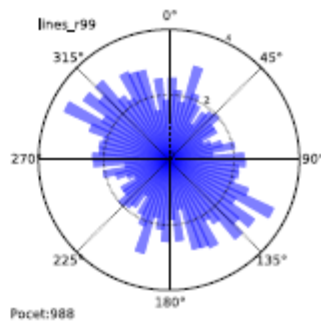
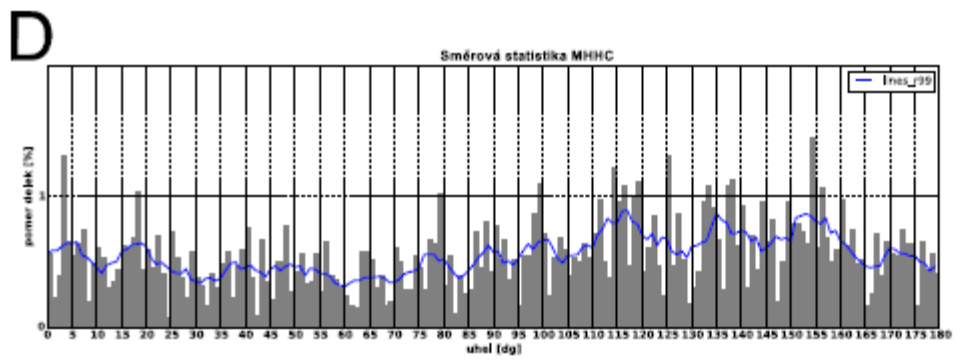
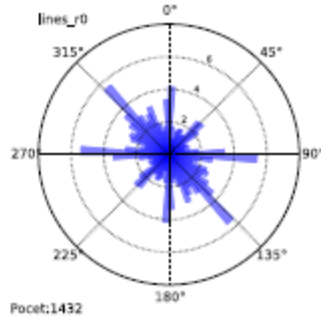
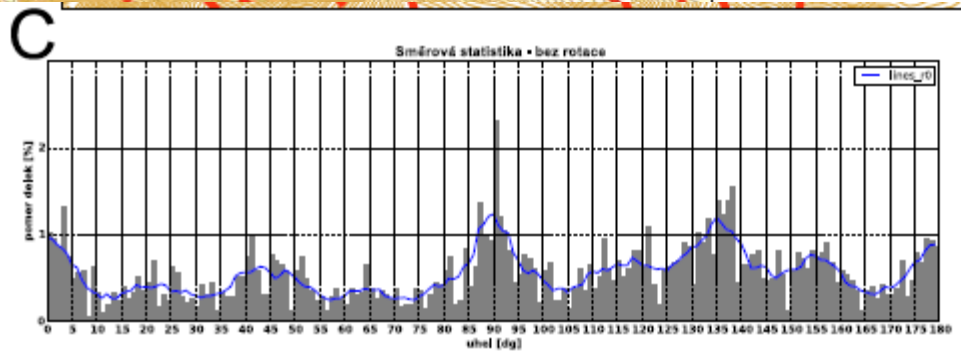
- vybrat nejdelší linii li z L ,
- vytvořit obalovou zónu kolem li ,
- vybrat všechny linie kompletně obsažené v obalové zóně,
- odebrat linie nevyhovující azimutové podmínce,
- pokud je počet vybraných linií větší než prahová hodnota $P5$, tak:
 - označit linie jako shluk,
 - vypočítat kolem shluku obalovou zónu,
 - vypočítat charakteristiky shluku (průměrnou délku a azimut linií a zapsat je do atributů obalové zóny),
 - vytvořit reprezentativní linii shluku,
- vymazat označené linie.





**A lineamenty bez odstranění artefaktu,
B lineamenty s odstraněním artefaktu**

**C směrové statistiky lineamentů bez odstranění artefaktu,
D směrové statistiky lineamentů s odstraněním artefaktu**



Kartografické mod

GIS 4 Geomorphology

Geomorphometry of Mountain Landscapes & Upland Watersheds... a little Wildlife, too



[Welcome !](#)

[Ask a Question](#)

[GIS Consulting & Training](#)

Landforms I: Hammond

Hammond-type macro landform mapping is accomplished using a DEM and the Spatial Analyst extension. Hammond's method was created for region-scale landform delineation. The steps below were reworked from Morgan et al. (2005). I have retained Morgan's workflow, but modified the neighborhood operator (changed from a 20×20 pixel radius to a 50×50 pixel rectangle), clarified several reclassification routines, and added language to match that used in the latest version of ArcGIS. The tools you need are: Spatial Analyst Extension, Focal Statistics, Reclassify, Slope, Raster Calculator, Project Raster, and Clip (raster). Input and output filenames are in quotes. We'll do the Hammond/Dikau landform model here. Look for the MORAP model in its own lesson.

LANDFORM = SLOPE + RELIEF + PROFILE

Tools You Will Use:

Focal Statistics: Spatial Analyst tools > Neighborhood > Focal Statistics

GIS LESSONS

[Channel Analysis Project](#)

[Interested in a GIS Career?](#)

[DEM Data Sources](#)

[Tips for ArcGIS](#)

[Useful GIS Links](#)

[Watershed Delineation](#)

[Minimum Eroded Volume](#)

[Terrain Roughness – 12 Ways](#)

[LIDAR: Acquire Data & Process](#)

[Vineyard Prospecting](#)