



Aplikace GIS v geologických vědách

Rastrová data

Karel Martínek

**TENTO PROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKÝM SOCIÁLNÍM FONDEM
A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČESKÉ REPUBLIKY**

„ESF rovné příležitosti pro všechny“





Rastrová data, extenze ArcGIS Spatial Analyst

- 1 RASTROVÁ DATA – ÚVOD (ARC VIEW)
 - 1.1 DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ (RASTR, GRID, BUŇKA, PIXEL, SPOJITÝ/NESPOJITÝ RASTR, DIGITÁLNÍ MODEL RELIÉFU/TERÉNU)
 - 1.2 ZOBRAZENÍ RASTROVÝCH DAT
 - 1.3 DOTAZOVÁNÍ
 - 1.4 STATISTIKA RASTRU
- 2 RASTROVÁ DATA – ANALÝZA (SPATIAL ANALYST)
 - 2.1 INTERPOLACE BODOVÝCH DAT
 - 2.2 PROSTOROVÉ OPERACE (LOKÁLNÍ, FOKÁLNÍ, ZONÁLNÍ, GLOBÁLNÍ)
 - 2.3 ANALÝZA TERÉNU (SKLONY, ORIENTACE SVAHŮ)
 - 2.4 ALGEBRAICKÉ OPERACE S RASTRY
 - 2.5 RASTROVÉ DATOVÉ FORMÁTY A JEJICH KONVERZE
 - 2.6 REKTIFIKACE



definování geografických objektů

■ vektorový formát

- bod – souřadnice x, y
- linie – posloupnost dvojic souřadnic x, y
- polygon (plocha) – uzavřená posloupnost dvojic souřadnic x, y

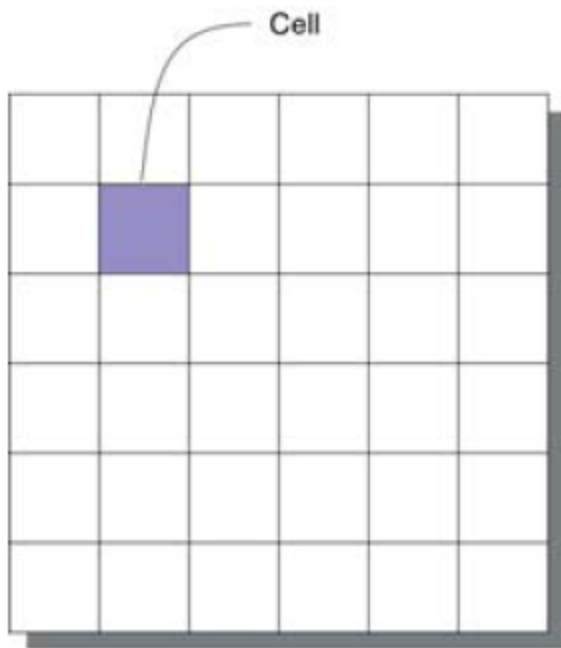
■ rastrový formát

- matice bodů (buněk, pixelů)

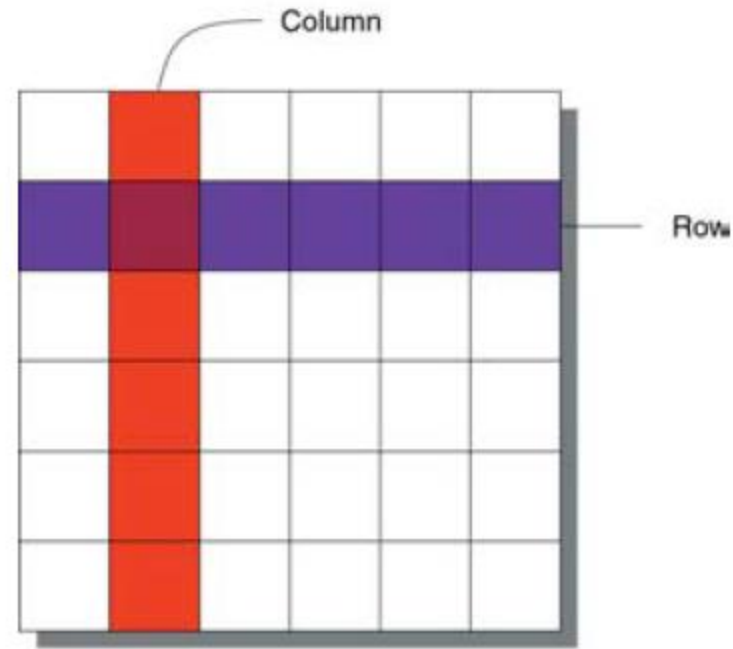
analýzy:

- okolí buňky (8 bodů)
- region (sousedící buňky)
- zóna (např. buňky stejné hodnoty)

definice rastru (gridu)

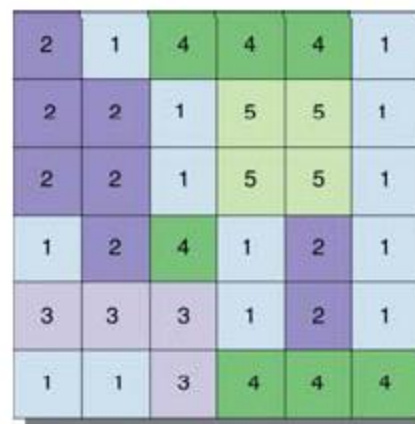
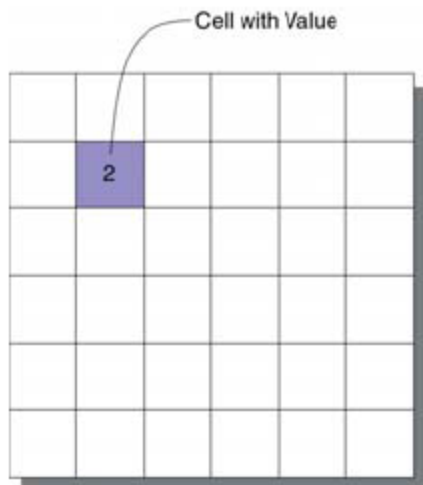


- pravidelná pravoúhlá síť bodů (buněk, pixelů) *cell, pixel*
- všechny buňky mají stejný (definovaný) rozměr a polohu x, y
- buňky jsou uspořádány do řádek (rows) a sloupců (columns) a tvoří karteziánskou matici, která pokrývá celé zájmové území



hodnota buňky, zóny, regiony

- zóna – všechny buňky stejné hodnoty
- region - všechny buňky stejné hodnoty, které spolu sousedí



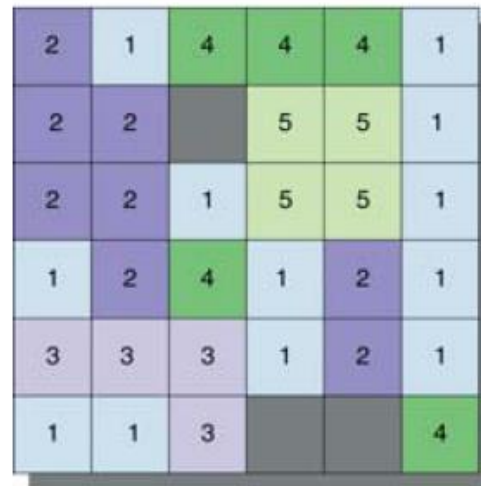
- Zone with value 1
- Zone with value 2
- Zone with value 3
- Zone with value 4
- Zone with value 5

NoData

- hodnota NoData znamená, že není k dispozici žádná informace (hodnota) v tomto místě

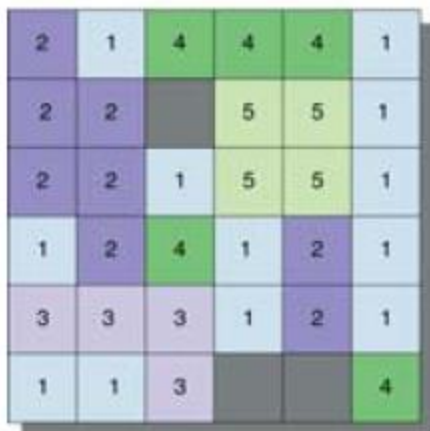


připojená data



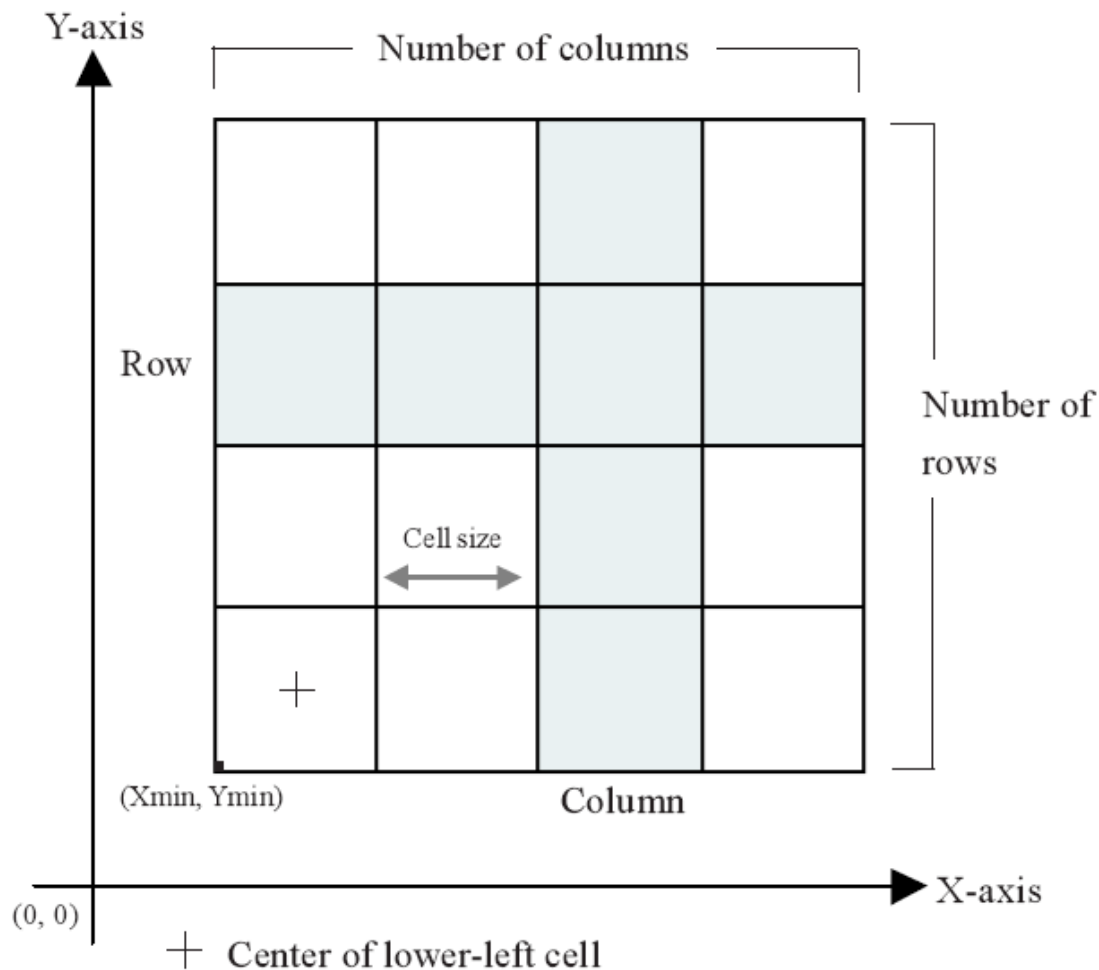
| VAT | |
|-------|-------|
| VALUE | COUNT |
| 1 | 12 |
| 2 | 8 |
| 3 | 4 |
| 4 | 5 |
| 5 | 4 |

- každá buňka rastru má svoji číselnou hodnotu
- může mít připojenu i atributní tabulku s textovou informací



| VAT | | | | |
|-------|-------|---------|--------|---------|
| VALUE | COUNT | TYPE | CANOPY | BUG-DAM |
| 1 | 12 | Maple | 30 | 8 |
| 2 | 8 | Oak | 65 | 10 |
| 3 | 4 | Field | 0 | 0 |
| 4 | 5 | Hickory | 45 | 20 |
| 5 | 4 | Pine | 80 | 35 |

souřadný systém



- je definován v pravoúhlém kartézském systému souřadnicemi x , y a velikostí buňky

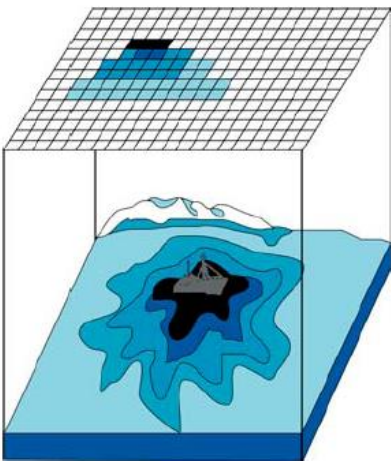
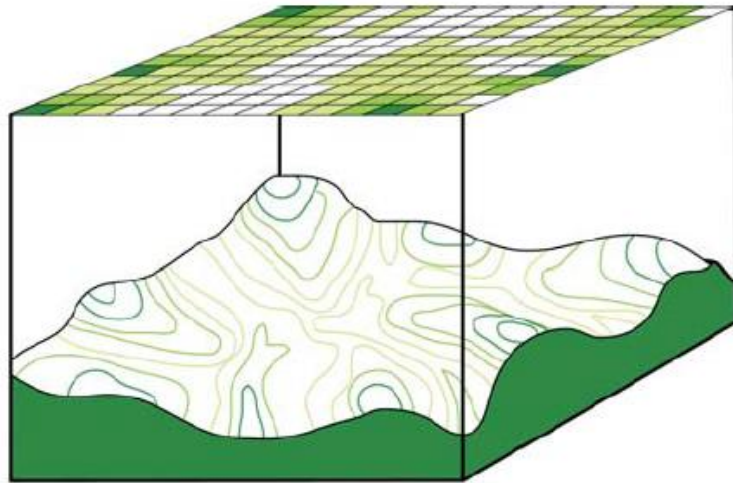
rastry spojité vs. nespojité

např. geologická mapa



- **nespojité** rastry (discrete, categorical, discontinuous) – buňky reprezentují objekty s přesně definovanými hranicemi
- hodnota buňky vyjadřuje určitý jev, který se na daném území vyskytuje
- zóna – buňky stejné hodnoty/region – sousedící buňky stejné hodnoty

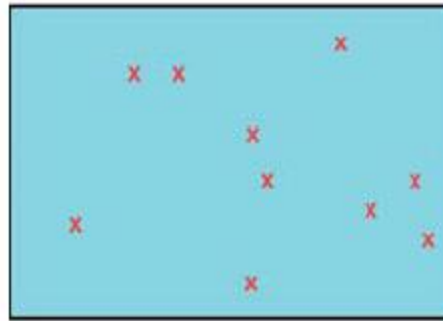
rastry spojité vs. nespojité



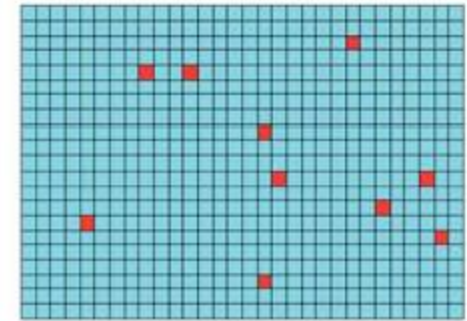
- spojitá data (continuous, surface, nondiscrete data)
 1. povrchy, které v každém svém bodě reprezentují určitou míru sledovaného jevu (nadmořská výška, sklon, orientace svahu, ...)
 2. vyjadřují vztah k určitým lokalitám, ze kterých se šíří sledovaný jev (kontaminace podzemní vody, geochemickégeofyzikální anomálie, ...)



reprezentace geografických objektů



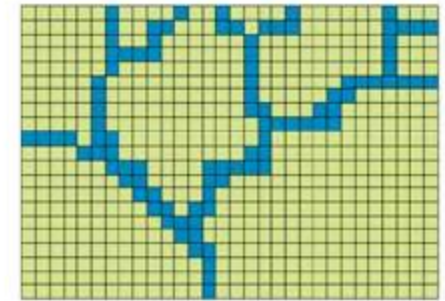
Point features



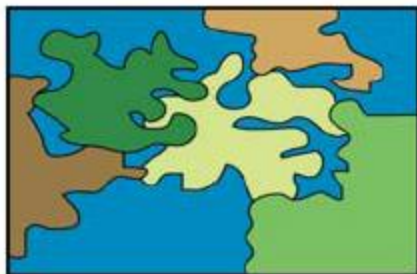
Raster point features



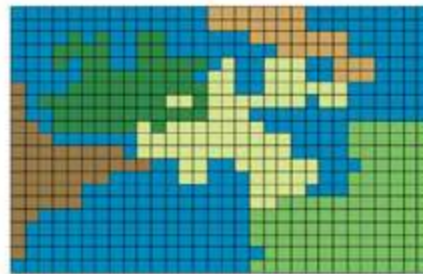
Polyline features



Raster line features

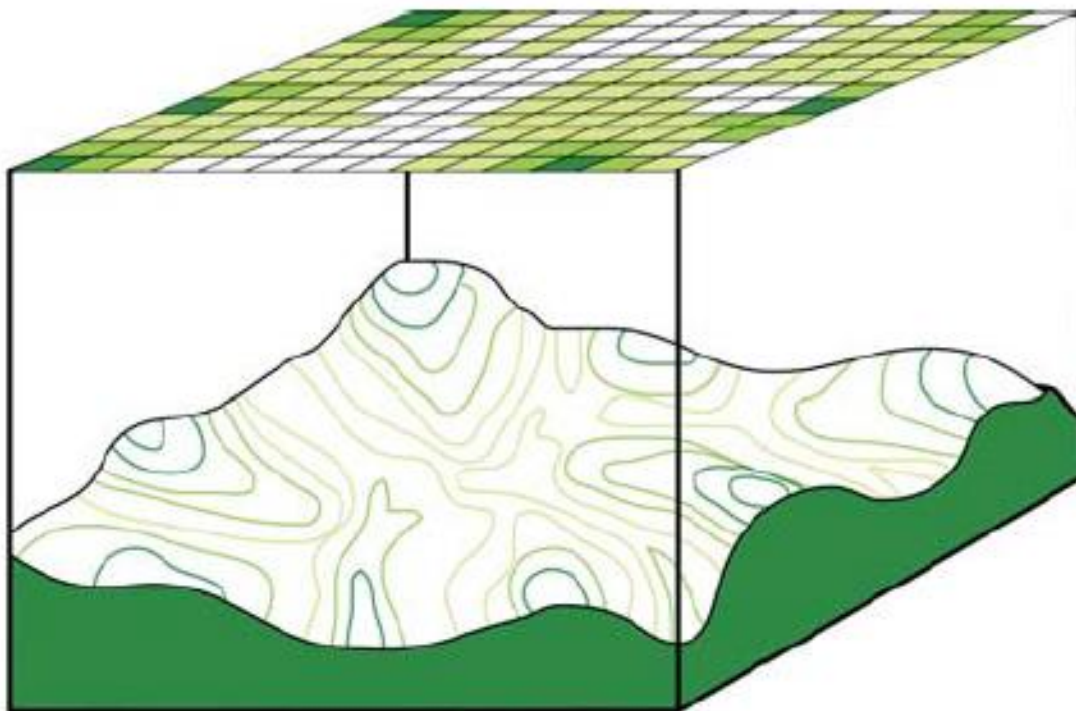


Polygon features



Raster polygon features

digitální model reliéfu (DMR)
digitální model terénu (DMT)
digital elevation model (DEM)





rastrová struktura dat

■ výhody

- jednoduchost datové struktury
- snadná kombinace s distančními daty (snímky)
- jednoduché vykonávání analytických operací
- vhodné pro simulace a modelování

■ nevýhody

- velký objem dat
- přesnost závislá na velikosti buňky
- horší vizuální kvalita výstupů
- speciální algoritmy a výkonný HW nutné pro transformace



Praktické cvičení – zobrazení rastrových dat

- načtení stínovaného reliéfu východoafrického riftu
- načtení digitálního modelu reliéfu (DEM)
- tvorba barevného výškopisu
- úpravy průhlednosti, jasu a kontrastu –
soutisk barevného výškopisu a stínovaného
reliéfu
- editace klasifikace DEM – vymapování oblastí
se zápornou nadmořskou výškou (Eritrea)



Praktické cvičení – statistika rastru

- minimum, maximum
- suma hodnot všech buněk
- počet buněk
- aritmetický průměr



Praktické cvičení – dotazování na atributy rastrových dat

- interaktivní metoda – pomocí nástroje Identify (zjistí hodnotu rastru v daném bodě)
- vymapování v celém datasetu pomocí Raster Calculator (např. vymapuje oblasti s nadmořskou výškou od x do y m n.m.)



Rastrové datové formáty a jejich konverze

- **Tiff** (obrázek bez souřadnic, bezeztrátová komprese) vs. **GeoTiff** (obsahuje souřadný systém)
 - mujobrazek.tif – vlastní data
 - mujobrazek.tfw – hlavička se souřadným systémem
- **Imagine Image** (vždy se souřadným systémem)
 - mujobrazek.img
- **ESRI Grid** (vždy se souřadným systémem, velmi komplikovaná datová struktura)
 - několik souborů v netriviální podadresářové struktuře, některé soubory sdílí více gridů
- **JPG** vs. **JGW** (obdoba Tiff, ale ztrátová komprese)

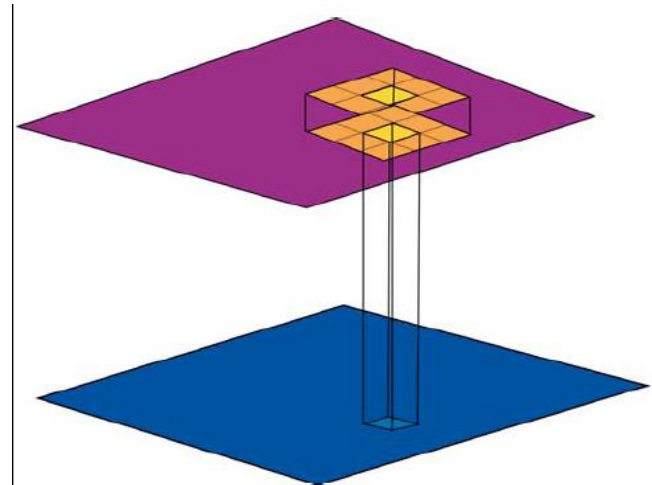
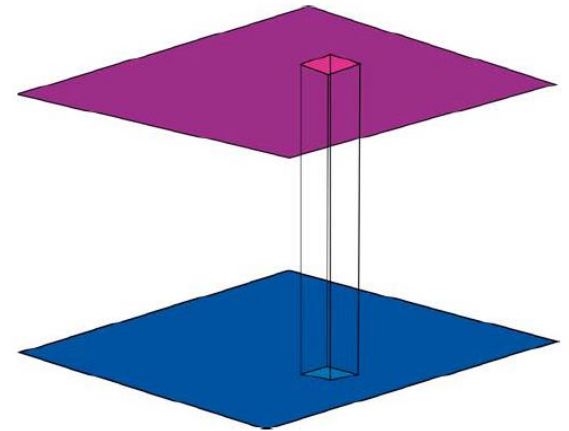


Rastrová data, extenze ArcGIS Spatial Analyst

- 1 RASTROVÁ DATA
 - 1.1 DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ (RASTR, GRID, BUŇKA, PIXEL, SPOJITÝ/NESPOJITÝ RASTR, DIGITÁLNÍ MODEL RELIÉFU/TERÉNU)
 - 1.2 ZOBRAZENÍ RASTROVÝCH DAT
 - 1.3 STATISTIKA RASTRU
 - 1.4 DOTAZOVÁNÍ
- 2 SPATIAL ANALYST
 - 2.1 PROSTOROVÉ OPERACE (LOKÁLNÍ, FOKÁLNÍ, ZONÁLNÍ, GLOBÁLNÍ)
 - 2.2 INTERPOLACE BODOVÝCH DAT
 - 2.3 ANALÝZA TERÉNU (SKLONY, ORIENTACE SVAHŮ)
 - 2.4 ALGEBRAICKÉ OPERACE S RASTRY
 - 2.5 RASTROVÉ DATOVÉ FORMÁTY A JEJICH KONVERZE
 - 2.6 REKTIFIKACE

prostorové operace/funkce

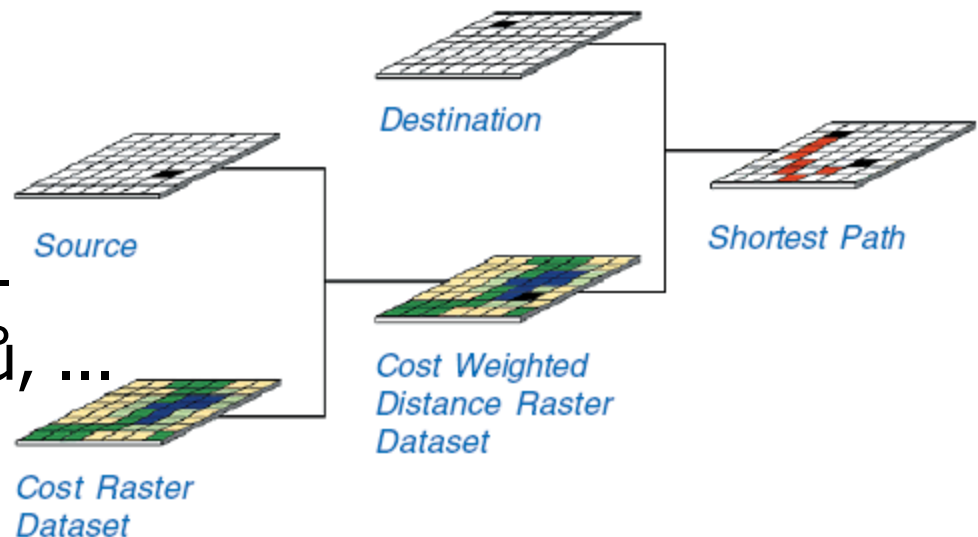
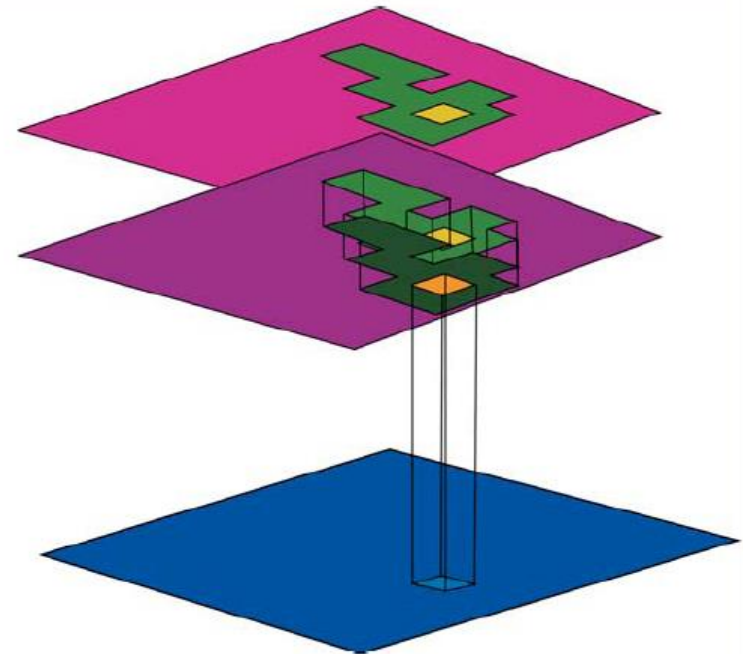
- **lokální** (*local or per cell functions*) – pracující s jednou buňkou (algebraické operace, goniometrické fce, ..)
- **fokální** (*focal*) – pracující se sousedními buňkami (devítiokolím) (průměr, směrodatná odchylka, suma, ...)



- **zonální** (*zonal*) – pracující s buňkami v zóně (průměr, směrodatná odchylka, suma, ...)

- **globální** (*global*) – pracující se všemi buňkami rastru (nejkratší vzdálenost, ...)

- určené pro **specifické** aplikace (*application*) – sklony, orientace svahů, ...



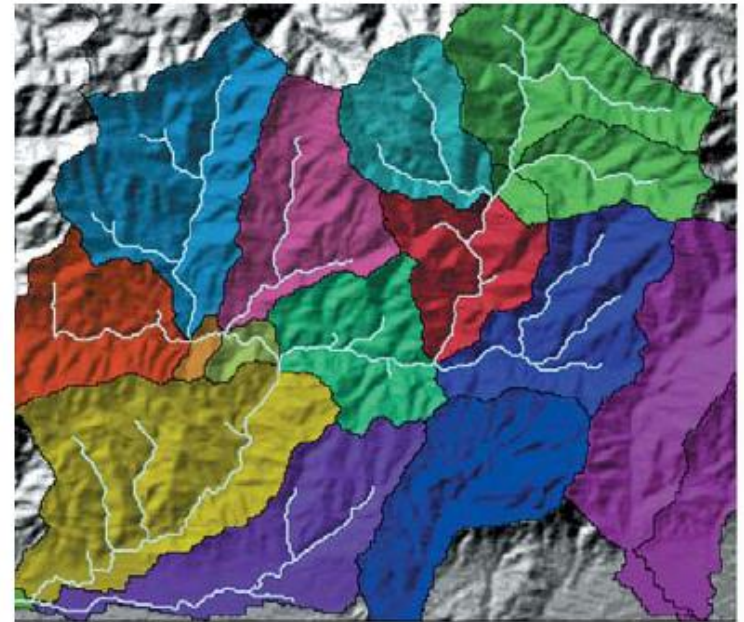


příklady

- **lokální funkce** – hodnota každé buňky výstupního rastru je funkcí hodnot buněk vstupního rastru, např. výpočet statistiky mezi několika rastry, sledování změn v čase (monitoring kontaminace podzemní vody v několika časových řezech,)
 - maximum
 - minimum
 - aritmetický průměr (*mean*)
 - medián (*median*)
 - rozpětí (*range*)
 - střední odchylka (*standard deviation*)
 - suma (*sum*)

příklady

- **fokální** funkce – statistika sousedících buněk (neighborhood statistics) – každá buňka výstupního gridu je funkcí sousedních buněk vstupního gridu (např. při morfologických a hydrologických analýzách – hledání spádnice, akumulace vody, vymapování rozvodí, ...)

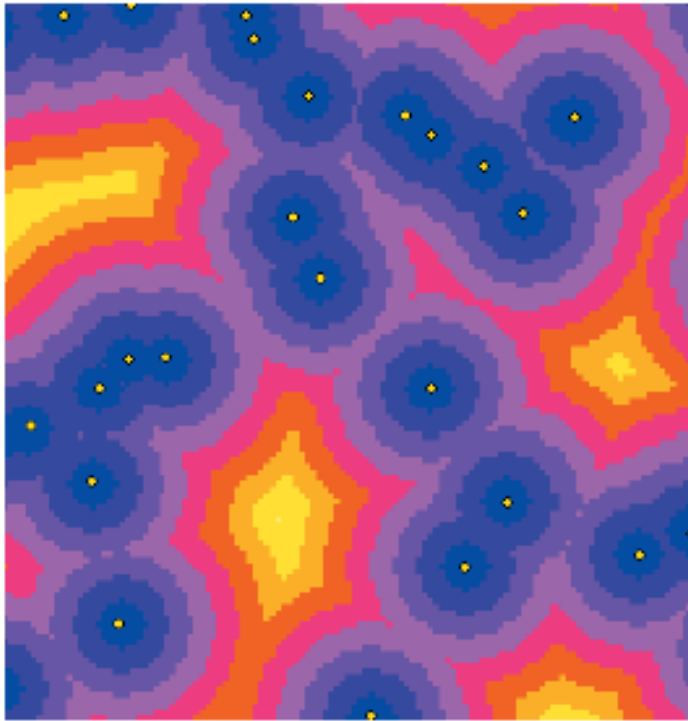


Watersheds for each section of a stream network



příklady

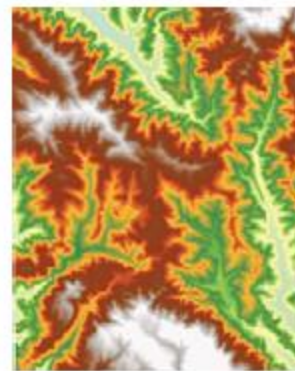
- specifické funkce pro konkrétní aplikace
 - při analýze reliéfu: výpočet sklonu svahů (*Slope*), stínovaného reliéfu (*Hillshade*), orientace svahů (*Aspect*), objemové změny (*Cut, Fill*),



The straight line distance to the nearest town from every location.

- vzdálenost od bodů, linií – mapování nárazníkových zón v hydrogeologii, geochemii, ...

Analýza reliéfu



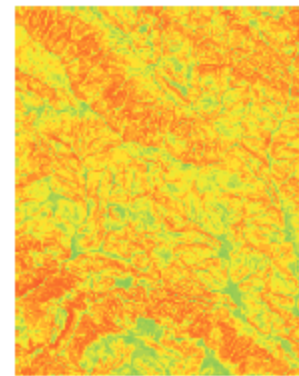
High
Low

Input elevation raster

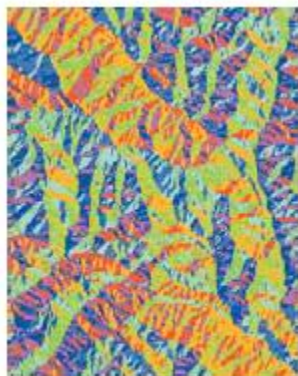


Output contours

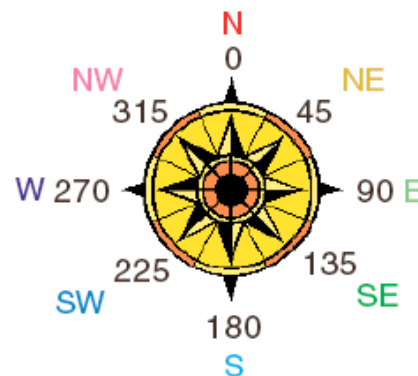
- izolinie (contours)
- svažitosť/sklon (slope)
- směr sklonu (aspect)
- stínovaný reliéf (hillshade)



Output slope



- Flat
- N
- NE
- E
- SE
- S
- SW
- W
- NW

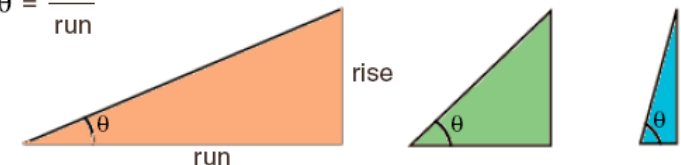


Output aspect

Degree of slope = θ

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

$$\tan \theta = \frac{\text{rise}}{\text{run}}$$



Degree of slope = 30

45

76

Percent of slope = 58

100

375

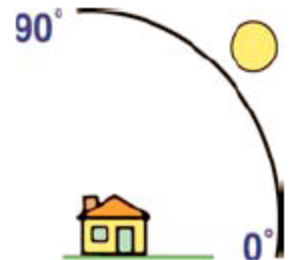


Azimuth is the angular direction of the sun, measured from north in clockwise degrees from 0 to 360. An azimuth of 90 is east. The default is 315 NW.



Output hillshade

Altitude is the slope or angle of the illumination source above the horizon. The units are in degrees, from 0—on the horizon—to 90 degrees—overhead. The default is 45 degrees.

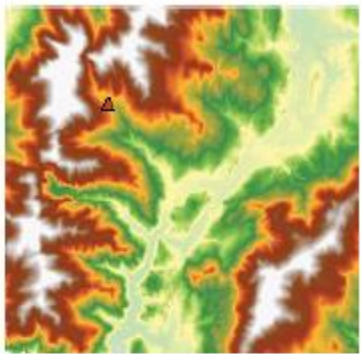
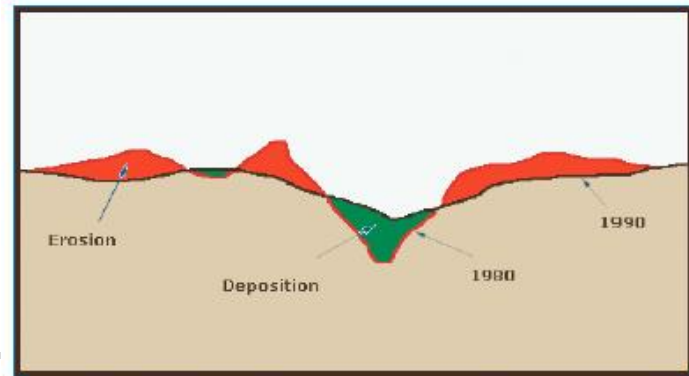


Azimuth 45°



Azimuth 315°

- viditelnost (viewshed)
- objemové změny (cut/fill)

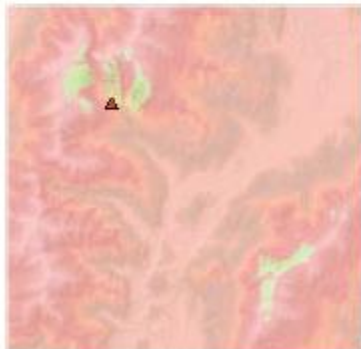


High
Low

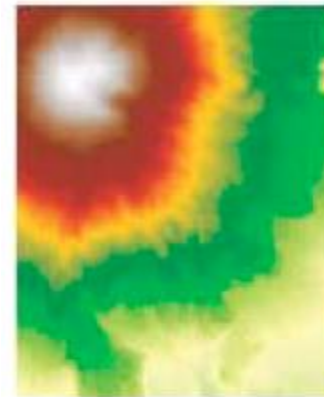
Input elevation raster



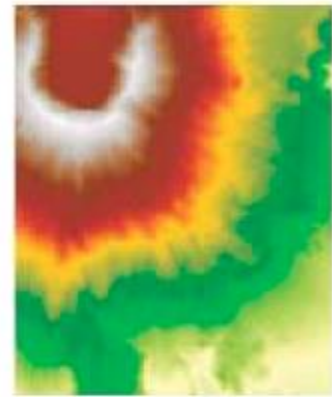
Output viewshed



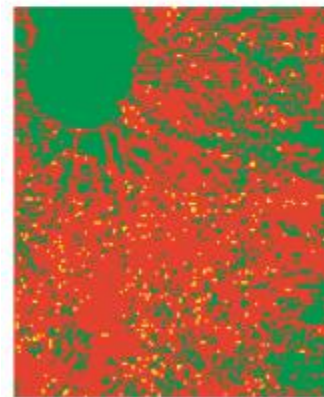
Display a hillshade transparently underneath the result from the Viewshed function.



Before surface



After surface



Cut/Fill Surface
VOLUME
 ■ Net Gain
 ■ Unchanged
 ■ Net Loss

Cut/Fill surface



Praktické cvičení – analýza reliéfu

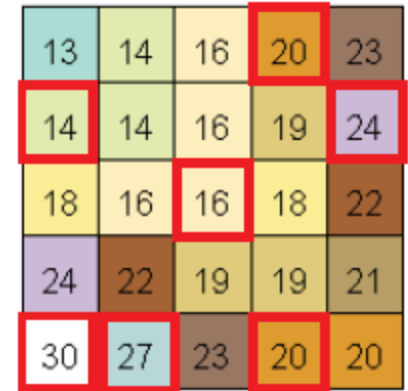
- vytvořte mapu izolinií (contours), grid svažitosti (sklon, slope) a orientace svahů (aspect) v oblasti východoafrického riftu
- z DMR (DEM) vytvořte mapu stínovaného reliéfu s osvitom ze severozápadu a severovýchodu

Interpolace rastru z bodových dat

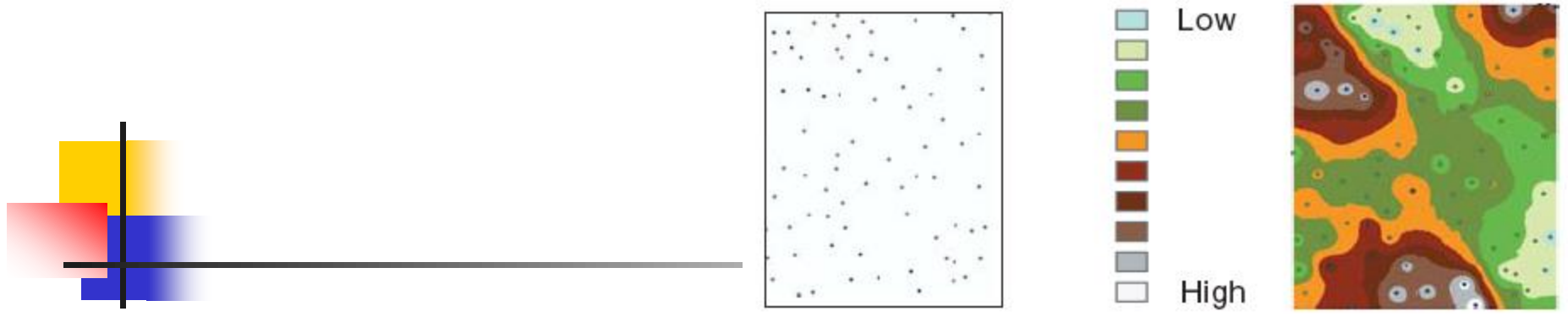
- Interpolace předpovídá hodnotu buňky výstupního rastru z hodnot vstupních bodů.
- Může být použita pro zjištění pravděpodobného výskytu dané veličiny v místě, pro které nejsou dostupná data.
- Základním předpokladem je, že interpolovaná veličina se šíří v prostoru spojitě bez výrazných diskontinuit; výsledkem je spojitý rastr.



Point dataset of known values



Raster Interpolated from the points. Cells highlighted in red indicate the values of the input point dataset.



interpolace nadmořských výšek – tvorba DMR

- vhodné příklady užití: interpolace DMR, geochemických map, map geofyzikálních polí z naměřených bodových dat
- nevhodné užití: pro nespojitá data – geologická mapa, radonová mapa, mapa využití krajiny,
- další nutnou podmínkou je relativně rovnoměrné rozložení dat

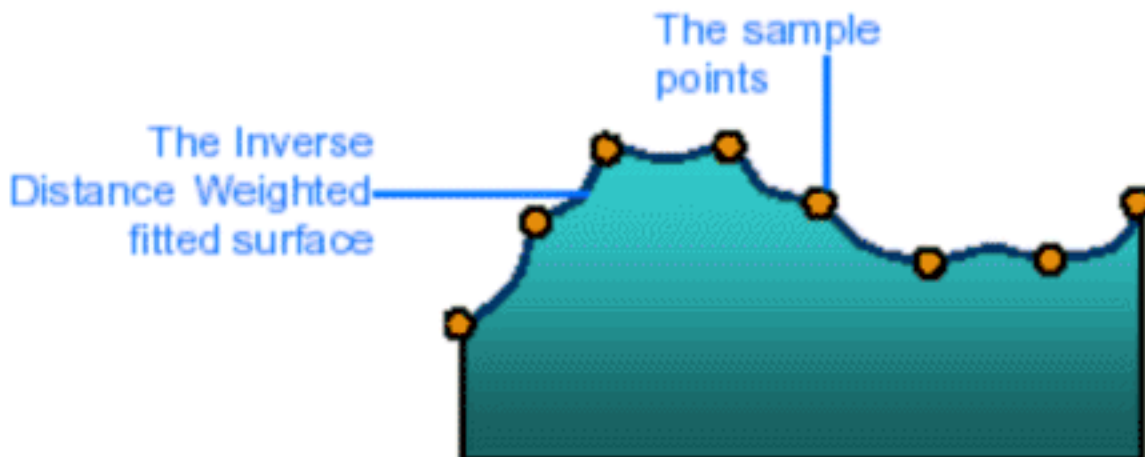


Deterministické metody interpolace

- založené na hodnotách známých bodů, matematická funkce určuje charakter výsledného povrchu
- **IDW** (Inverse Distance Weighted) – průměr z okolních bodů inverzně vážený jejich vzdáleností – zachovává minima, maxima vstupního datasetu, vhodná pro geochemické a geofyzikální veličiny
- **Spline** – prokládá polynom, často amplifikuje minima i maxima, vhodná pro DMR
- **Kriging** – výpočetně náročná metoda, navrhuje různé interpolační algoritmy v různých místech na základě statistického vyhodnocení vstupních bodových dat, vhodná pro nerovnoměrně distribuovaná data

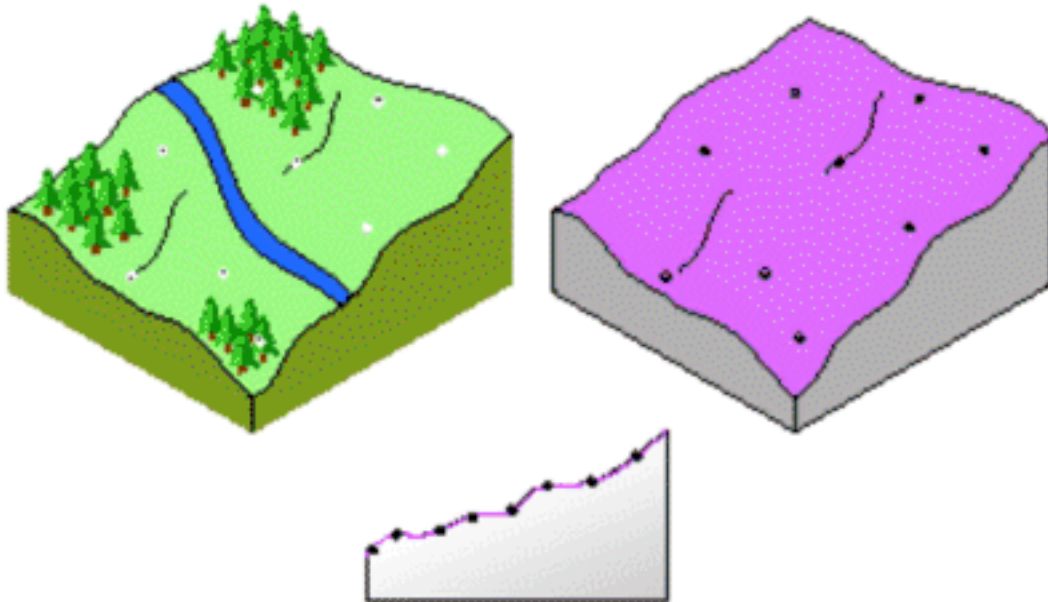
IDW (Inverse Distance Weighted)

- počet okolních buněk ze kterých se počítá vážený průměr je stanoven konstantní nebo pracuje se všemi body v určité vzdálenosti od interpolované buňky



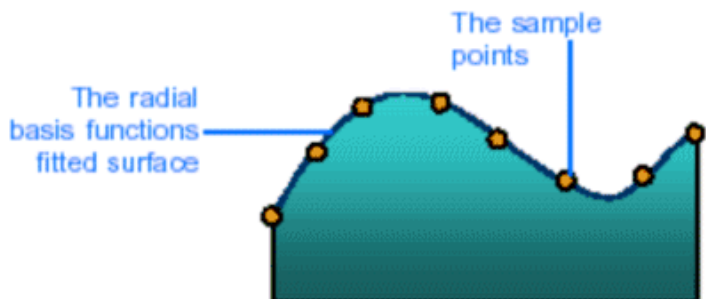
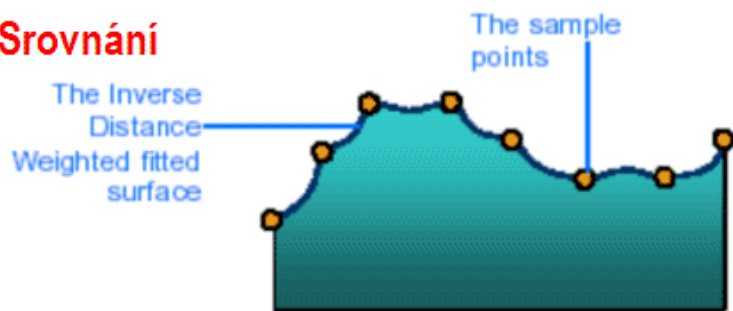
Spline

- minimalizuje zakřivení výstupního povrchu procházejícího vstupními body.
- vhodná pro zvolna se měnící veličiny (hladina podzemní vody, šíření kontaminantů, DMR od středních měřítek)



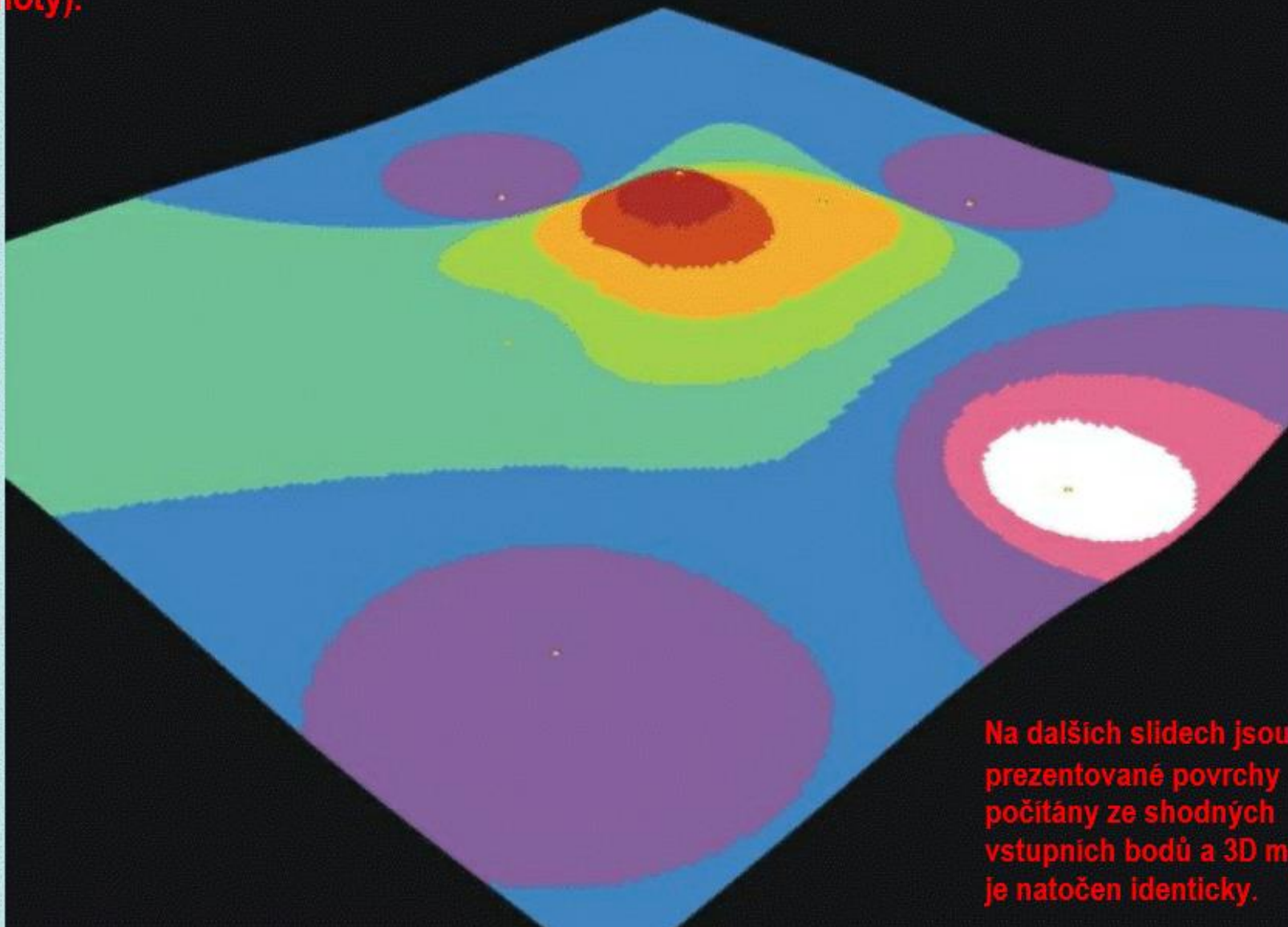
Spline – 2 algoritmy

Srovnání



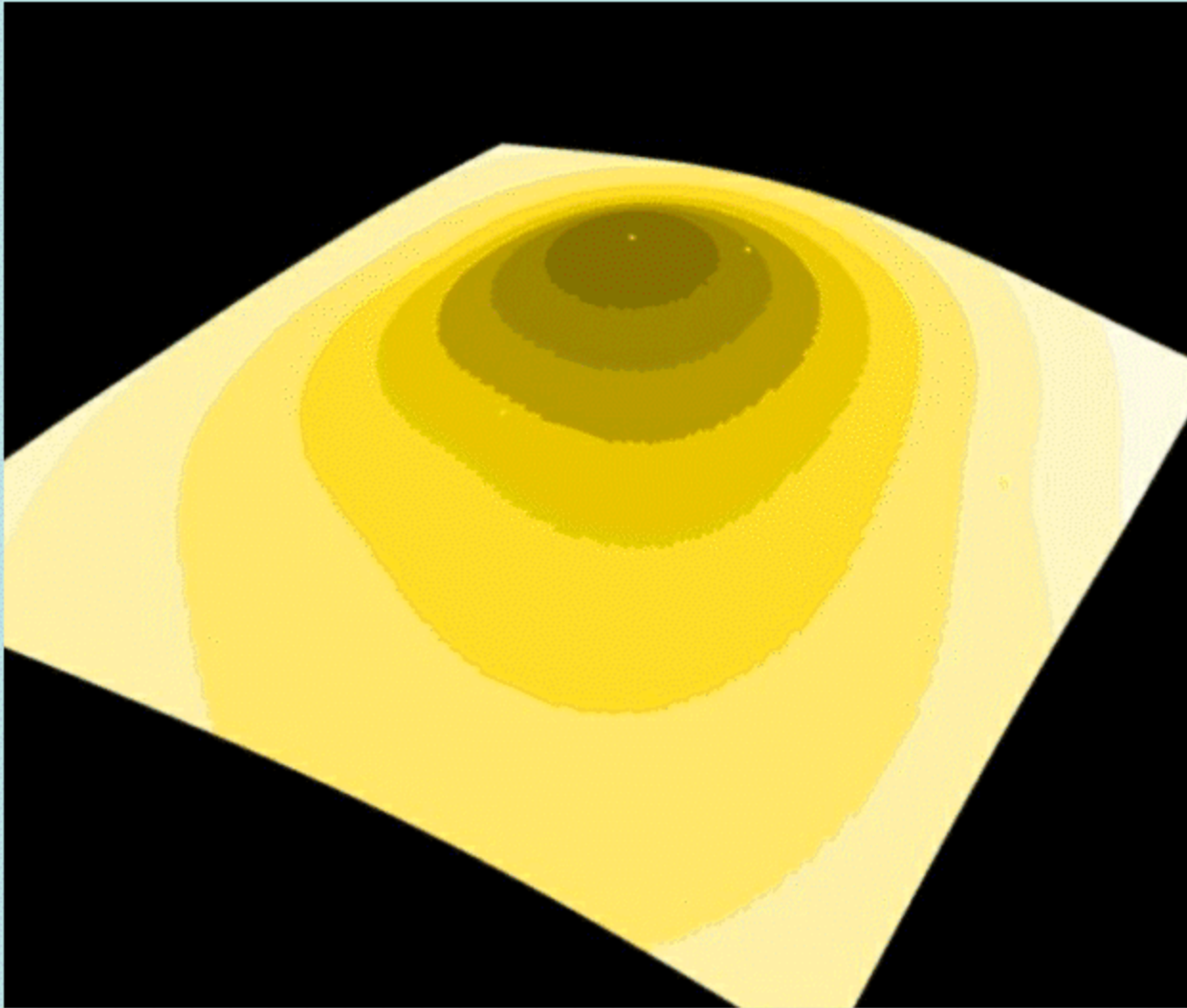
- **Regularized** – vytváří více zhlazený povrch, který se postupně mění k hodnotám, které leží mimo známé vstupní body
- **Tension** – vytváří povrch, který je méně zhlazený, hodnotami vstupních bodů jsou ovlivněny menší oblasti

IDW - počítá se jako jejich vážený průměr, kde se váha jednotlivých vstupních (měřených bodů) zmenšuje s rostoucí vzdáleností od středu počítané buňky (předpovídané hodnoty).

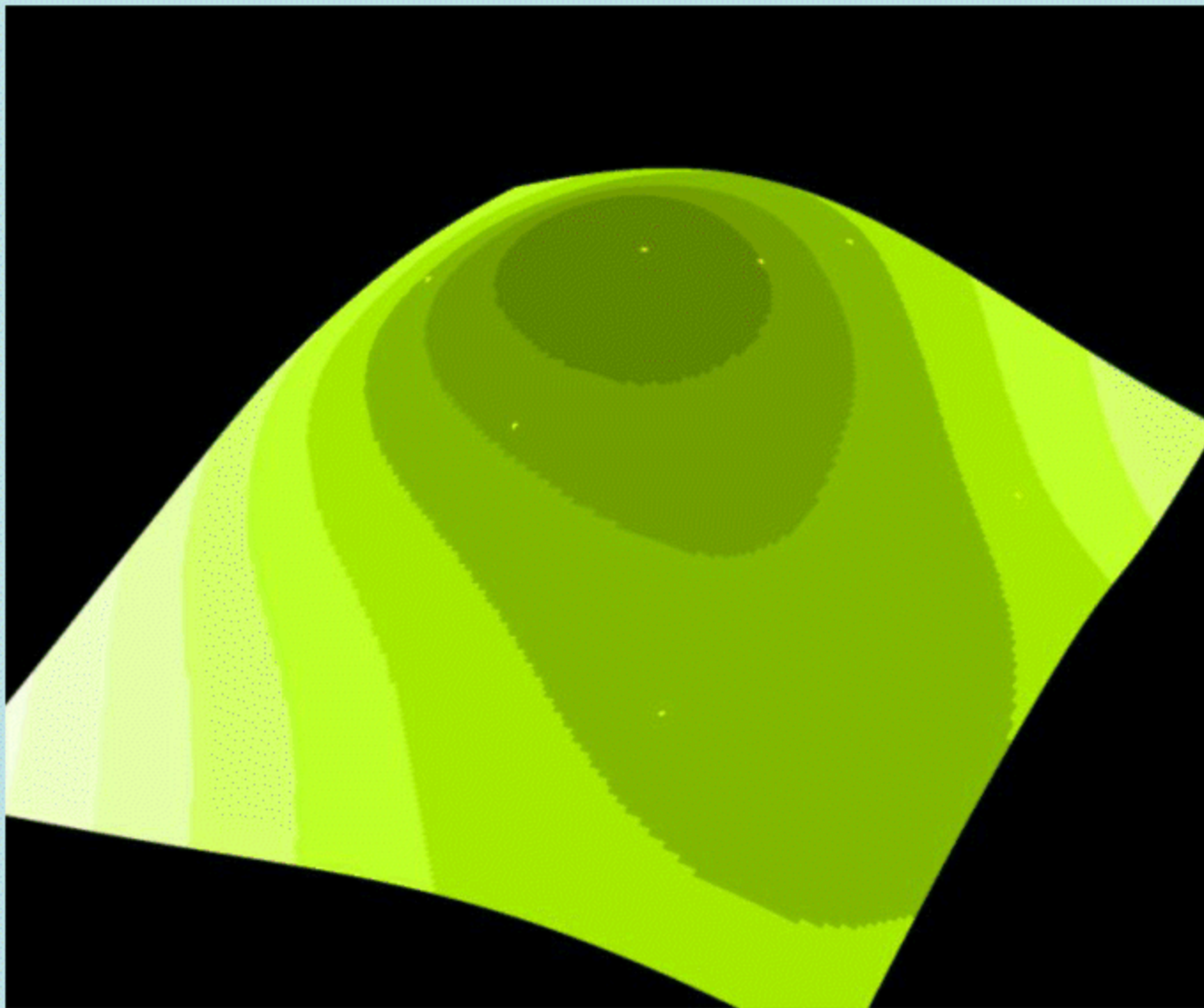


Na dalších slidech jsou prezentované povrchy počítány ze shodných vstupních bodů a 3D model je natočen identicky.

Spline, tension - vytváří povrch, který je celkově **méně zhlazený**. Lze říci, že vytváří povrchy, ve kterých jsou hodnotami vstupních bodů ovlivněny menší oblasti než v případě algoritmu *Regularized*.

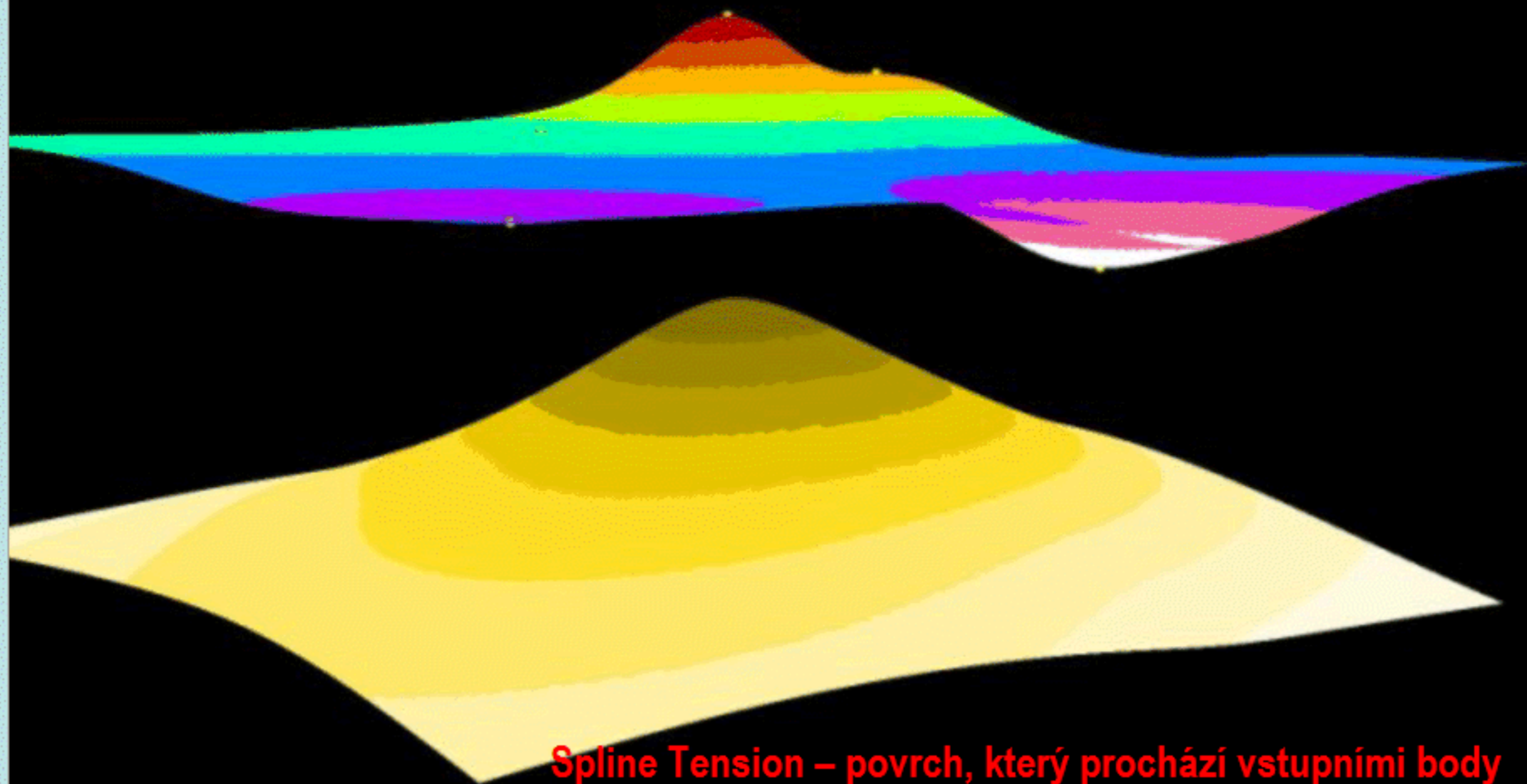


Spline, Regularized - vytváří **více zhlazený povrch**, který se postupně mění k hodnotám, které leží mimo známé vstupní body.



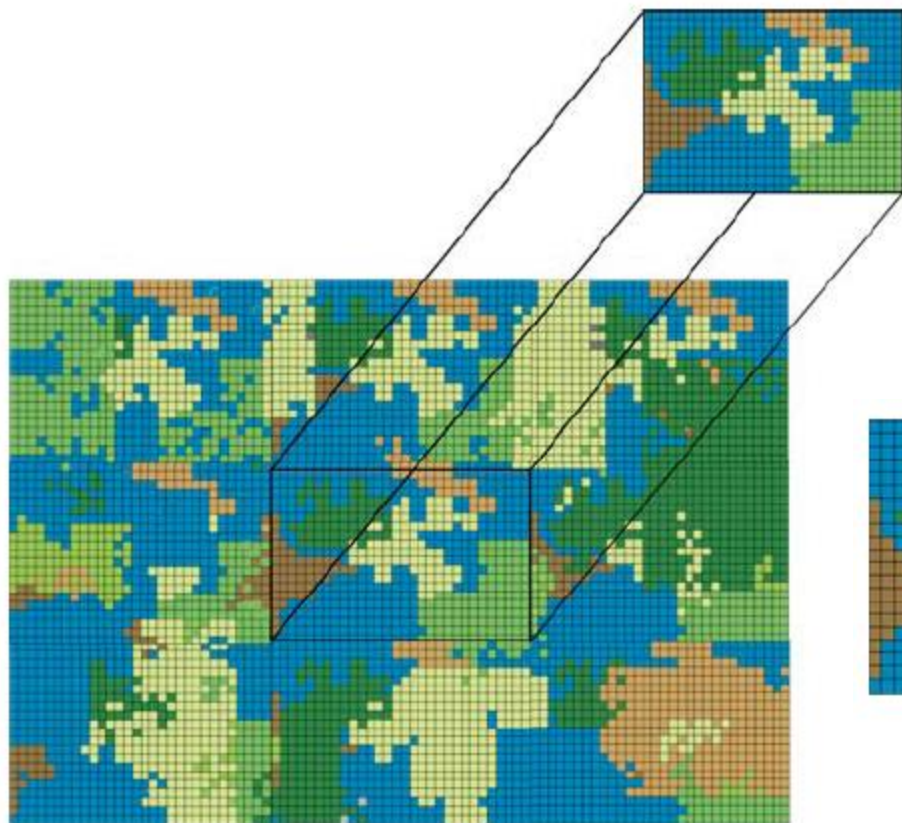
Srovnání povrchů interpolovaných metodou IDW a Spline (stejné vstupní body i natočení 3D modelu)

IDW vstupní body ovlivňují vzhled povrchu, ale se vzrůstající hodnotou jejich vliv slábne. Povrch není tak zhlazený jako u metod spline



Spline Tension – povrch, který prochází vstupními body a zároveň má co nejmenší křivost.

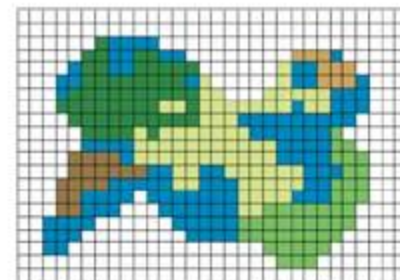
rozsah analýzy (Extent) a maska (Mask)



Performing analysis on a small section of the raster



Raster dataset



Analysis result using a mask



Praktické cvičení – interpolace rastru z bodových dat

- interpolujte mapu pH z bodových měření půdních vzorků pomocí metody IDW

Algebraické operace s rastry

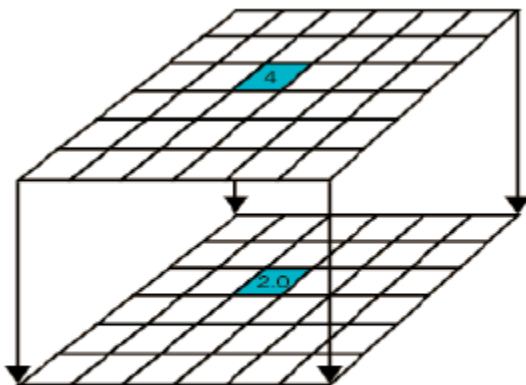
- rastrový kalkulátor (Raster Calculator) umožňuje užití matematických operátorů (aritmetických, logických, vztahových) a matematických funkcí
- vstupní buňky musí být prostorově totožné

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 |
| 2 | 3 | 3 |
| | 0 | 1 |

Input raster Inlayer1

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 0 |
| 2 | 3 | 3 |
| 1 | 1 | 1 |

Input raster Inlayer2



Sqrt([Inlayer1])

| | | |
|-----|-----|-----|
| 1.0 | 1.5 | 0.0 |
| 2.0 | 3.0 | 3.0 |
| | 0.5 | 1.0 |

*Output raster—
mean of Inlayer1 and
Inlayer2*

- logické operátory (Boolean)

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 |
| 2 | 3 | 3 |
| | 0 | 1 |

Input raster Inlayer1

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 0 |
| 2 | 3 | 3 |
| 1 | 1 | 1 |

Input raster Inlayer2

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |
| | 0 | 1 |

*Output raster
[Inlayer1] & [InLayer2]*

- vztahové/relační operátory (relational)

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 |
| 2 | 3 | 3 |
| | 0 | 1 |

Input raster Inlayer1

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| | 1 | 1 |

*Output raster
[Inlayer1] <> 3*

- aritmické
- logaritmické
- trigonometrické
- mocniny
-

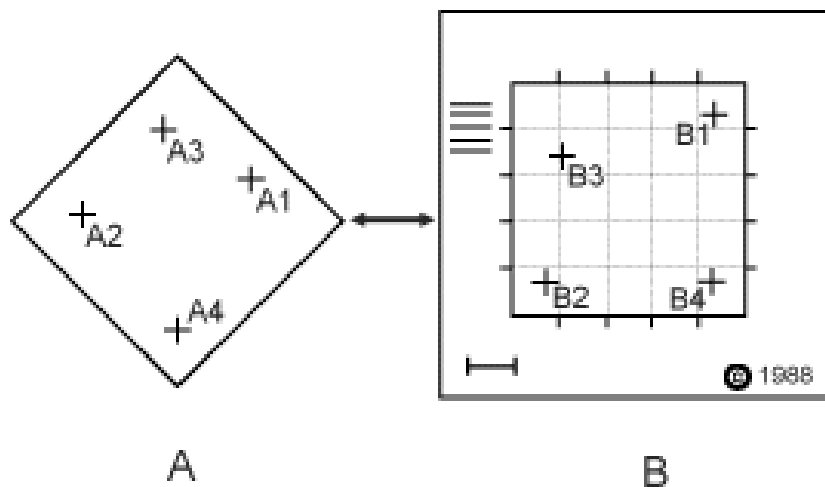


Praktické cvičení – Raster Calculator

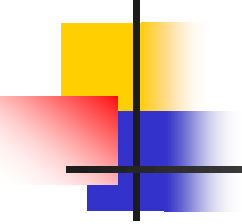
- vymapujte oblasti, kde jsou hodnoty pH v půdě vyšší než 7 a zároveň nadmořská výška větší než 1500

Rektifikace (geometrická korekce, geometrická registrace, georeferencování)

- originální data obsahují velké polohové chyby – nelze je užít jako mapy
- účelem korekce je vyloučit zkreslení tak, aby bylo možno snímek vlícovat do mapy
- georeferenční korekce se provádí pomocí **vlíčovacích bodů** – body, které lze přesně lokalizovat na rastru (snímku) a jsou známy jejich mapové souřadnice



- nová poloha se počítá pomocí transformační rovnice: polynom 1. řádu (pouze translace, rotace, změna velikosti; nejméně 3 vl. body), polynom 2. řádu (6 bodů), 3. řádu (10 bodů), ...
- v případě polynomů vyšších řádů lze získat lepší shodu pro body blízké vlíčovacím bodům, ale tam, kde body chybí, se vyskytnou větší chyby

- 
- transformační fce najde správnou polohu, pak dojde k **převzorkování**, zde je nutno najít vhodnou hodnotu buňky; 3 metody:
 - **metoda nejbližšího souseda** (*nearest neighbor*), hodnota buňky se převezme z nejbližšího souseda; vhodné pro diskrétní data (tematické mapy)
 - **bilineární interpolace** (*bilinear interpolation*) – vážený průměr (vzdáleností) čtyř nejbližších buněk; výstup může být lokálně nespojitý (snímky)
 - **kubická konvoluce** (*cubic convolution*) – výpočet ze 16 nejbližších buněk; spojitý výstup, méně ostrý (snímky)



Praktické cvičení - rektifikace

- rektifikujte naskenovanou topografickou mapu do systému S-JTSK Křovák
- nástroje: Georeferencing (ArcView)
- postup:
 - umístění vlíčovacích bodů
 - kontrola chyb
 - převzorkování (*rectify*)