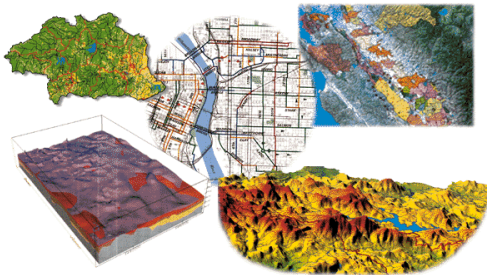


# APLIKOVANÁ GEOINFORMATIKA VI



## Metody prostorové interpolace



Aplikovaná geoinformatika

# Prostorová interpolace

- Vytváření spojitých povrchů většinou z bodových hodnot studovaného jevu.
- **Interpolace** – skupina metod, které slouží k odhadu neznámých hodnot proměnné v jistých bodech (neměřených) na základě hodnot proměnné v bodech měřených.
- **Extrapolace** – odhad hodnot proměnné vně oblasti definované krajními body měření.
- Naprostá většina interpolačních postupů je založena na principu **prostorové autokorelace** – tedy na předpokladu, že hodnoty odhadované veličiny v lokalitách blízkých si budou více podobné než hodnoty v lokalitách vzdálených.

# Co lze například interpolovat?

- výškopis
- množství srážek
- únik energie z budovy
- hluk z dopravy
- zlaté žíly
- půdní typy
- znečištění ovzduší
- výnos plodin na polích
- spádovou oblast
- ...

# Předpoklady úspěšné prostorové interpolace

- Existence dostatečně reprezentativního vzorku měřených dat vhodné vlastnosti měřené veličiny a typ dat (ordinální, intervalová, poměrová)
- Teoretické i empirické znalosti o povaze prostorové diferenciacce studovaného jevu
- Znalost podstaty použitelných interpolačních metod
- Znalost způsobu výběru nejvhodnější metody

# Další aspekty úspěšné prostorové interpolace

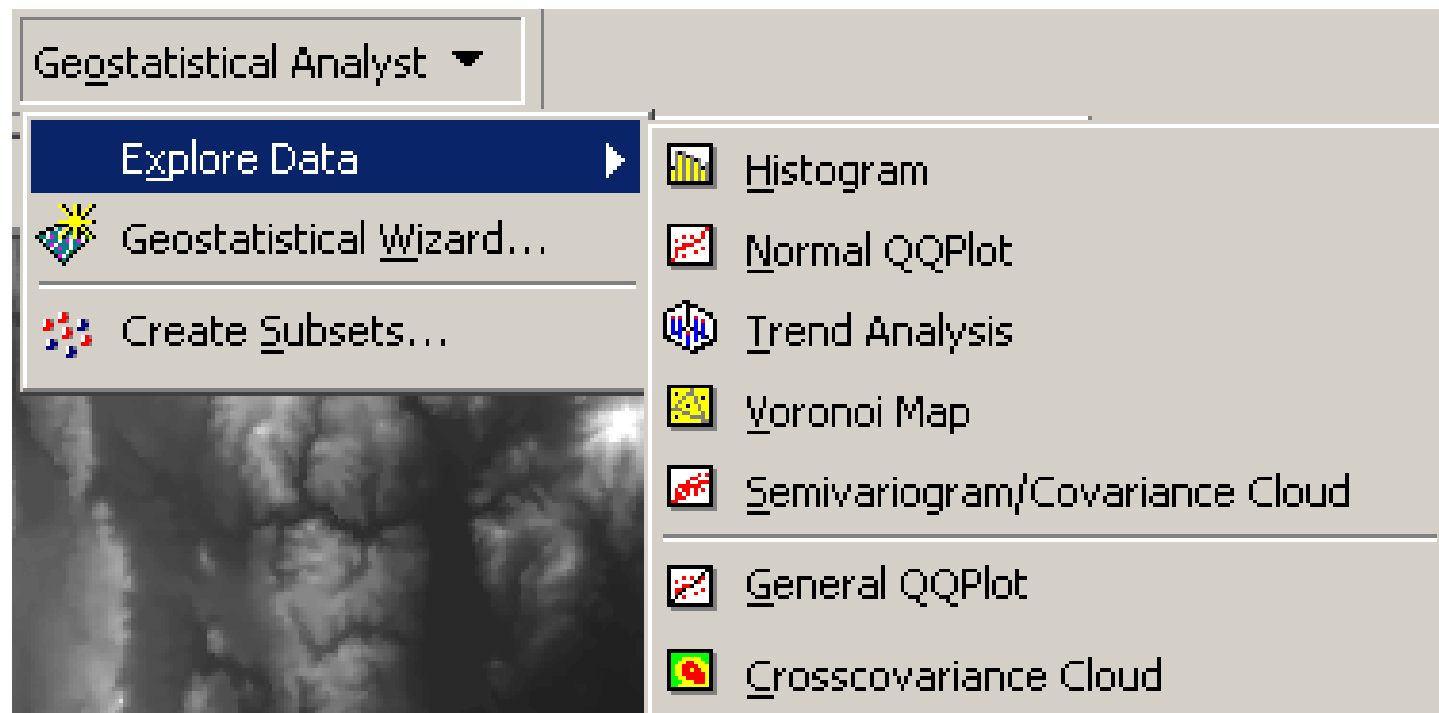
- Způsob prezentace spojitých polí (grid, TIN, izočáry, areály)
- Rozmístění (tzv. sampling) měřených bodů (náhodné x pravidelné)
- Dostupné datové zdroje pro interpolaci
- Vymezení studované plochy – přirozené a administrativní hranice
- Dostupnost bodů měření vně studované plochy

# Průzkumová analýza vstupních dat

- **Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA)**
- Množina statistických metod a speciálních nástrojů, zvláště grafických metod, používaných k lepšímu porozumění datům, k odhalení jejich důležitých vlastností.
- Jejím cílem je zjistit základní informace o charakteru vstupních dat v tomto případě za účelem následné interpolace.

- Prověření požadavků normality a stacionarity
- Analýza rozdělení hodnot – analýza histogramu
- Výpočet základní popisné statistiky
- Analýza kvantilového grafu
- Možnost transformace dat
- Zkoumání odlehlých hodnot a jejich případné odstranění
- Analýza trendu a jeho případné odstranění

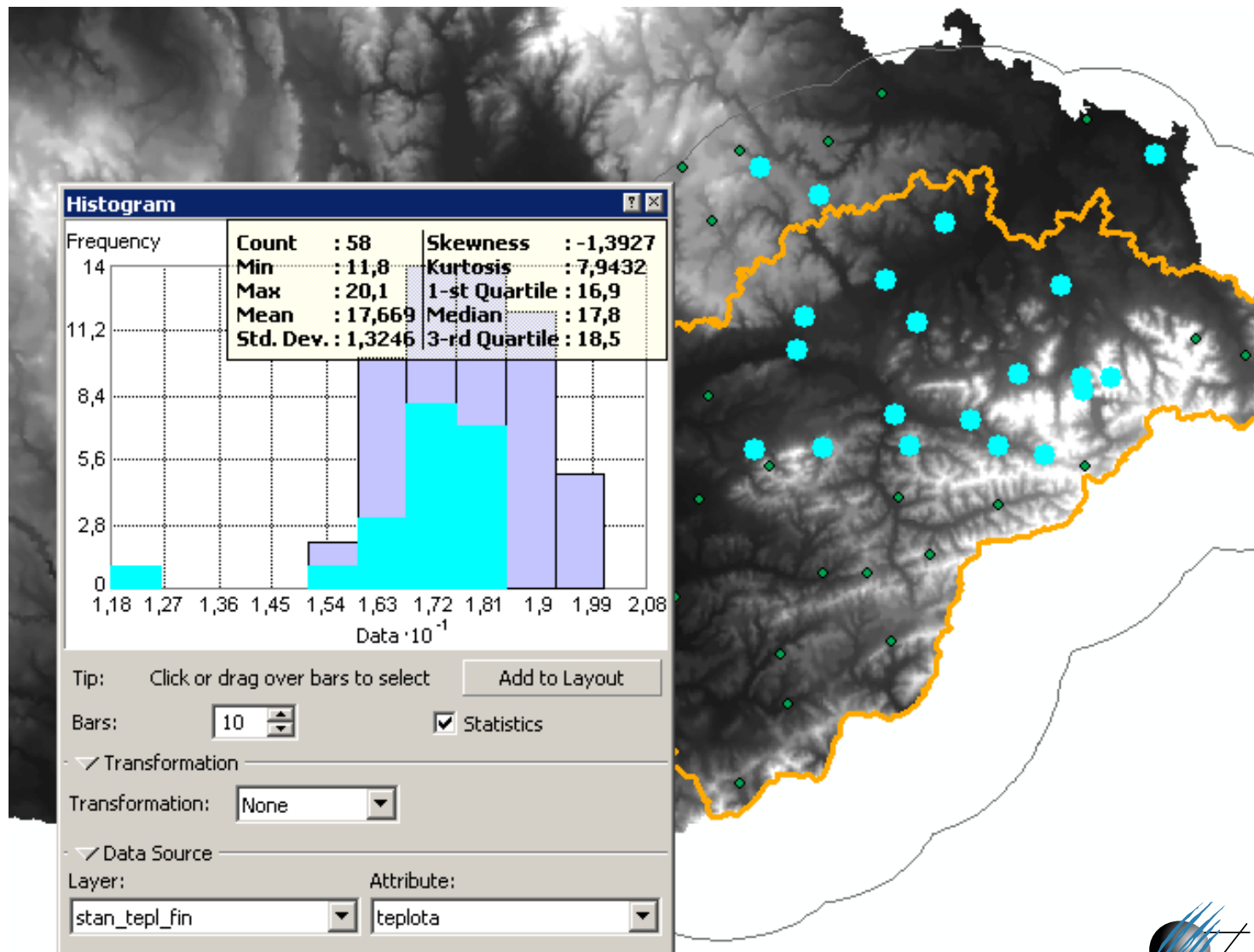
# ESDA v prostředí ArcGISu



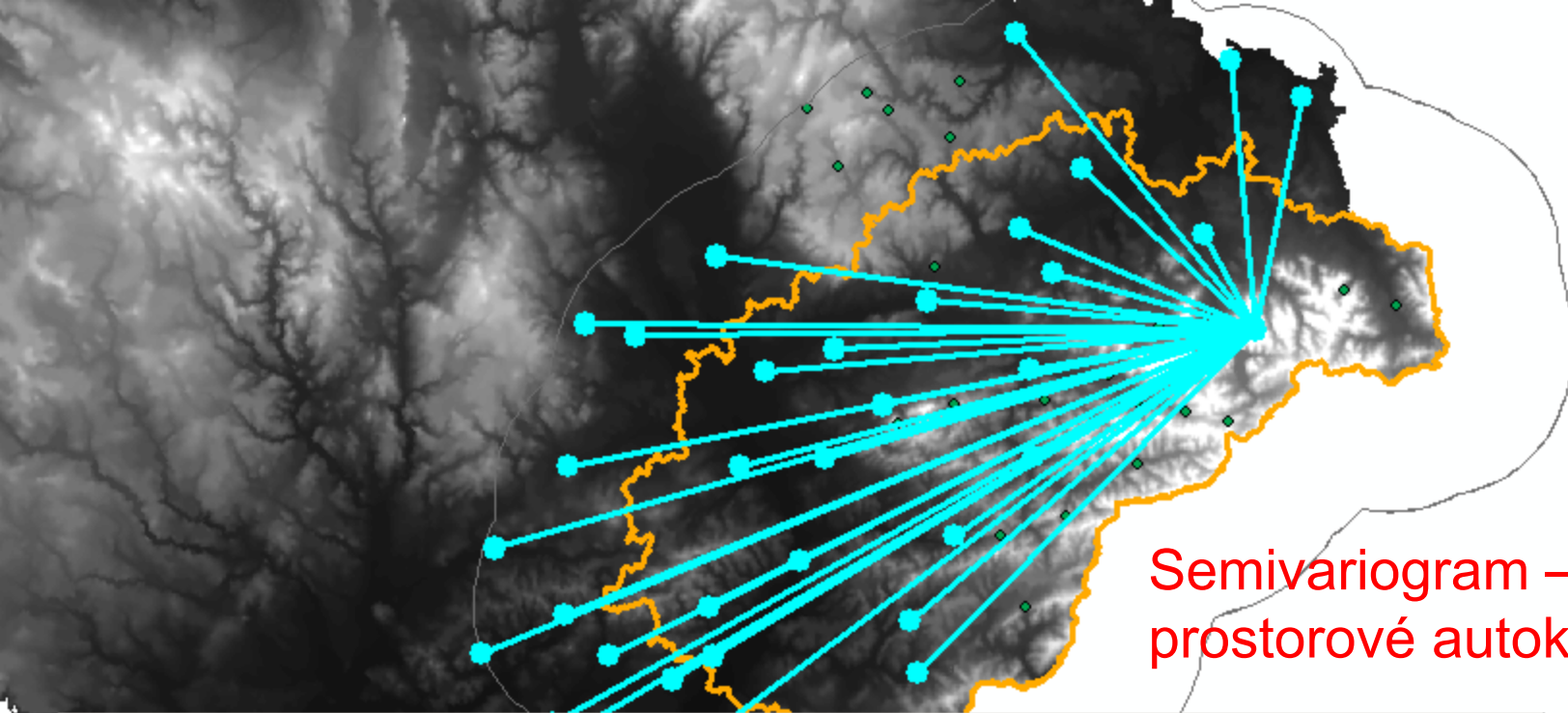
- Možnost interaktivního zkoumání dat (propojení dat s grafy ESDA – pomocí výběru v grafu lze lokalizovat o jaká data se jedná v mapě a naopak)



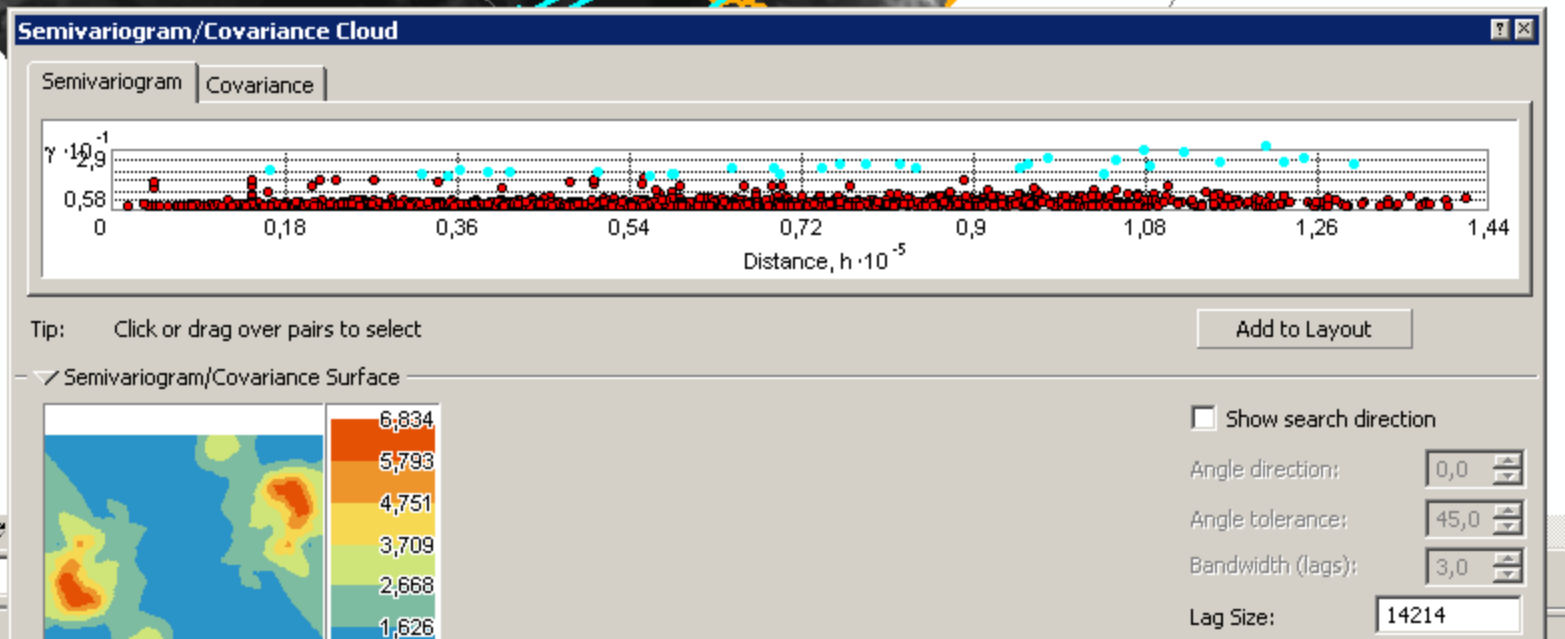
# ESDA v prostředí ArcGISu



analýza histogramu



## Semivariogram – testování prostorové autokorelace



# Rozdělení metod prostorové interpolace

- Metody interpolace bodů, linií a ploch
- Metody lokální a globální
- Metody exaktní a aproximující
- Metody spojité a zlomové
  - hladké povrchy
  - povrch se zlomy (Thiessenovy polygony)
- Metody deterministické a stochastické
  - chování studovaného jevu lze popsat matematickou fci
  - hodnoty interpolovaného povrchu z daného měřeného vzorku jsou jen jednou z nekonečného množství možných variant.

# Globální vs. lokální

## GLOBÁLNÍ

- Využití všech měřených bodů
- Aplikace jedné funkce na všechny měřené body
- Hladké povrchy, redukce vlivu extrémních hodnot
  - Analýza trendu
  - Regresní modely

## LOKÁLNÍ

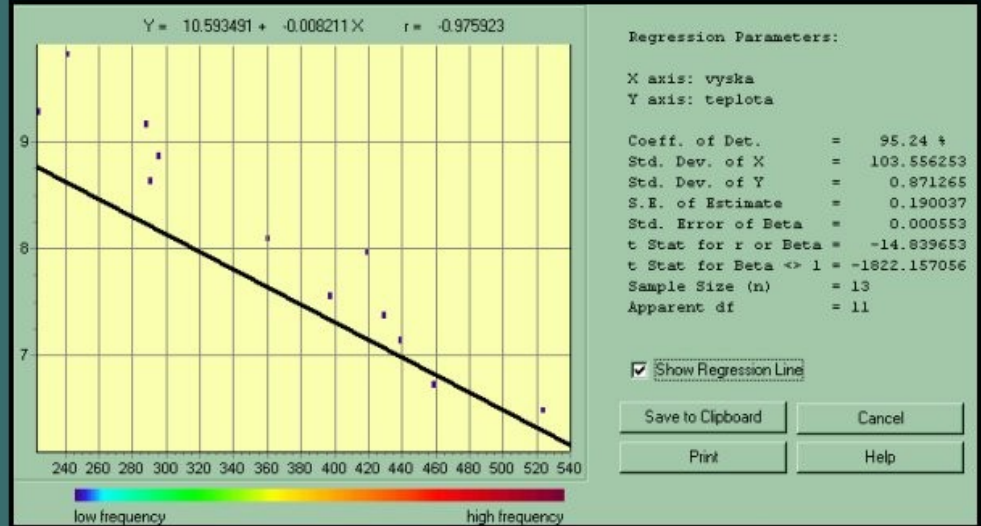
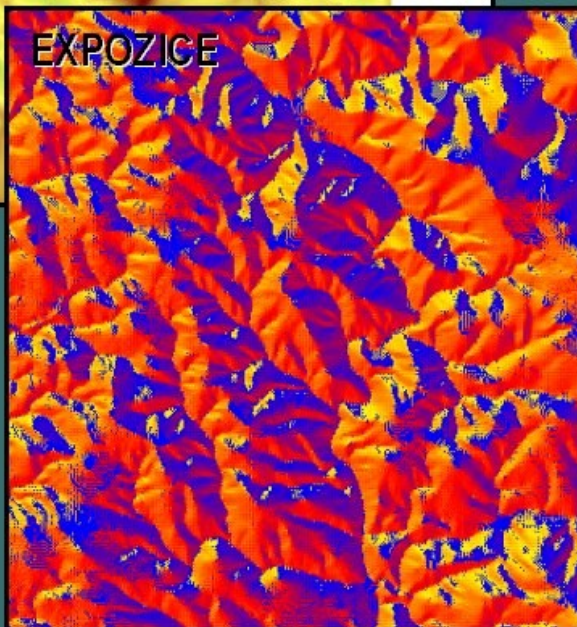
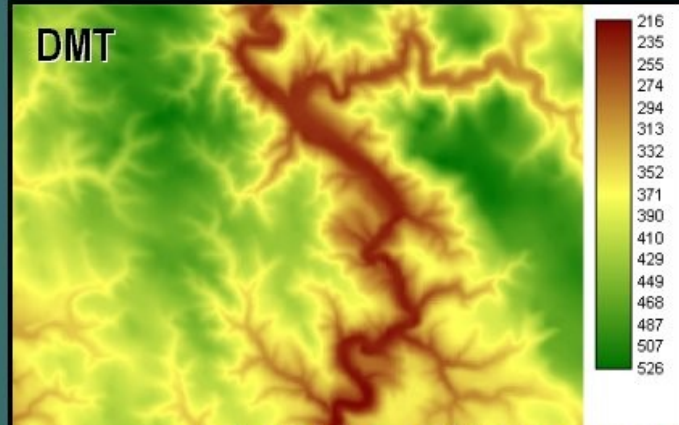
- Aplikace interpolační funkce opakovaně na část dat (okolí bodu)
- Vliv definice okolí bodu na výsledek interpolace
  - Thiessenovy polygony
  - Kriging

# Metody exaktní vs. aproximující

- **Exaktní** ve výsledném povrchu zachovávají hodnoty v bodech měření.
- **Aproximující** nahrazují hodnoty v měřených bodech hodnotou vypočtenou, která se více méně liší od hodnoty měřené a je výsledkem použitého algoritmu.

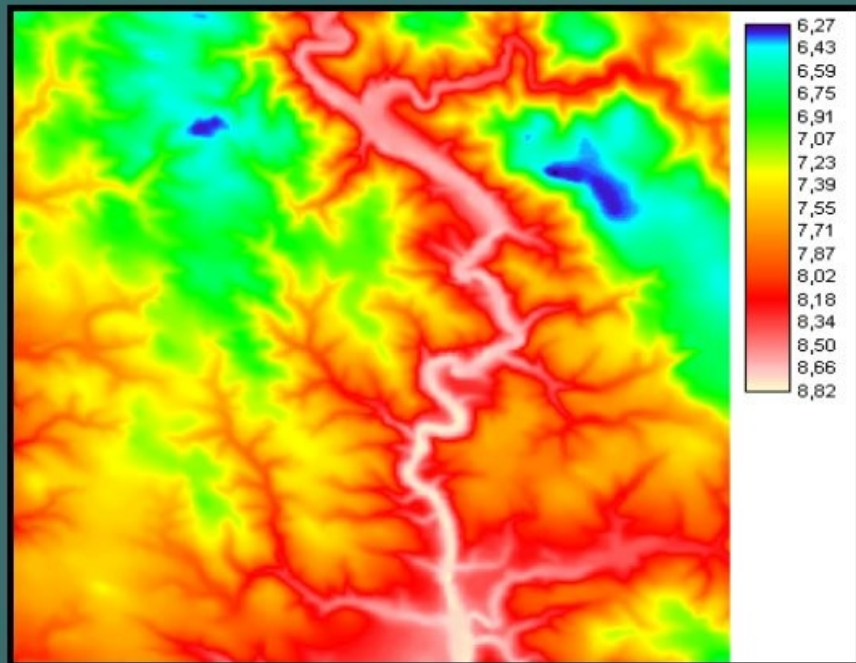
# Globální interpolátory využívající regresní analýzu

- Vazba mezi hodnotami interpolované veličiny a vybranými jinými atributy studovaného prostoru
- Model závislosti interpolované veličiny (např. teploty) na hodnotách jedné nebo více hodnotách nezávislých (nadmořská výška)
- Sestavení regresní závislosti – metoda nejmenších čtverců



**REGRESNÍ MODEL**

**MAPA POTENCIÁLNÍCH TEPLOT**

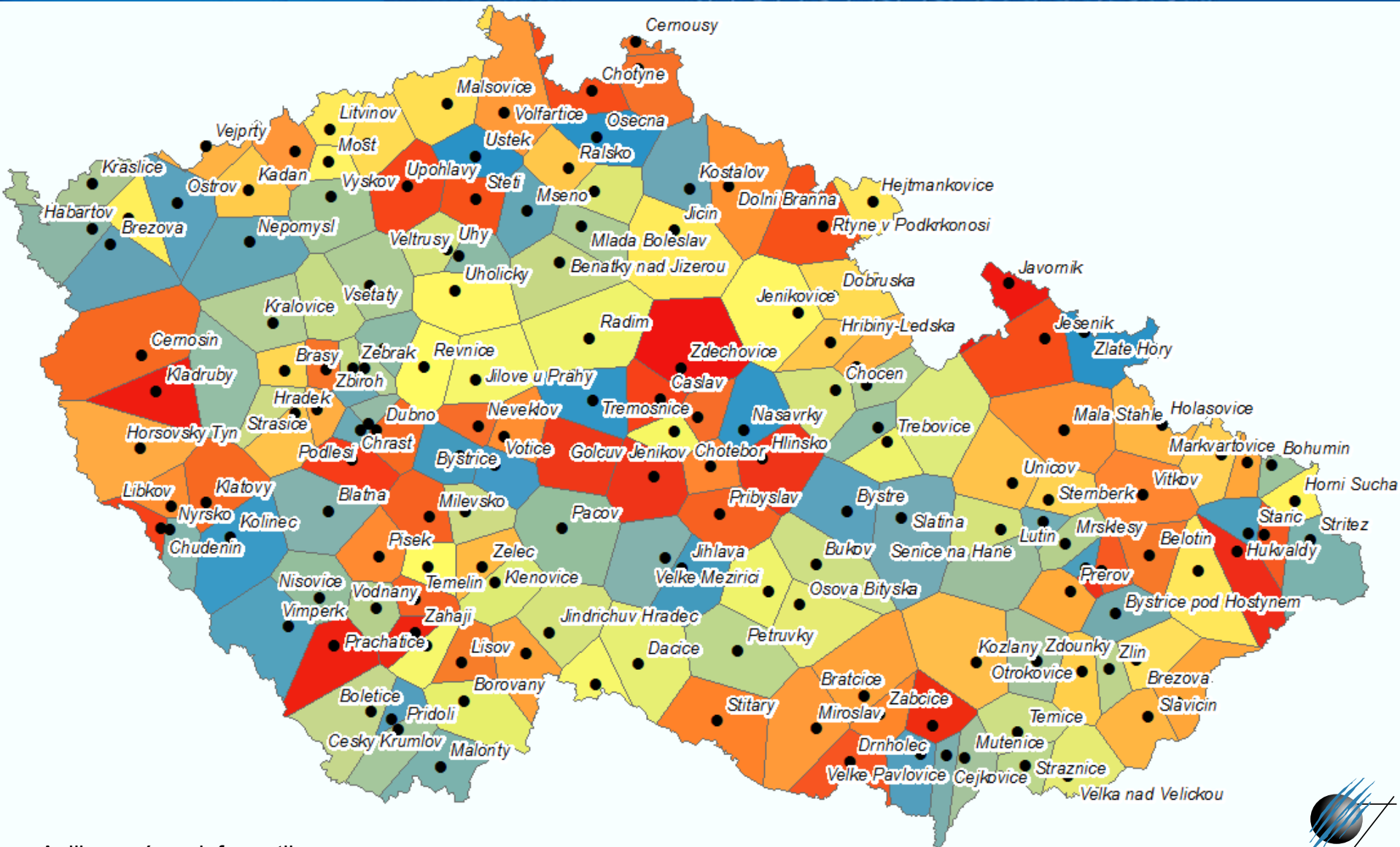


# Thiessenovy polygony, TIN

- Konstrukce – viz. přednáška o TINech a triangulaci
- Hodnoty atributů v neměřených místech jsou určeny z hodnot nejbližšího měřeného místa
- Lze jimi definovat zájmovou oblast patřící nějakému bodu
- TIN – viz. další přednáška



# Thiessenovy polygony, TIN



# Metoda inverzní vzdálenosti (IDW)

- IDW – Inverse Distance Weight
- Předpoklad, že hodnota atributu v určitém bodě je váženým aritmetickým průměrem hodnot okolních měřených bodů
- Váhy určeny jako inverzní vzdálenost měřeného bodu od bodu interpolačního (v ArcGIS parametr **Power**) - záleží na hodnotě exponentu (výchozí je 1 nebo 2)

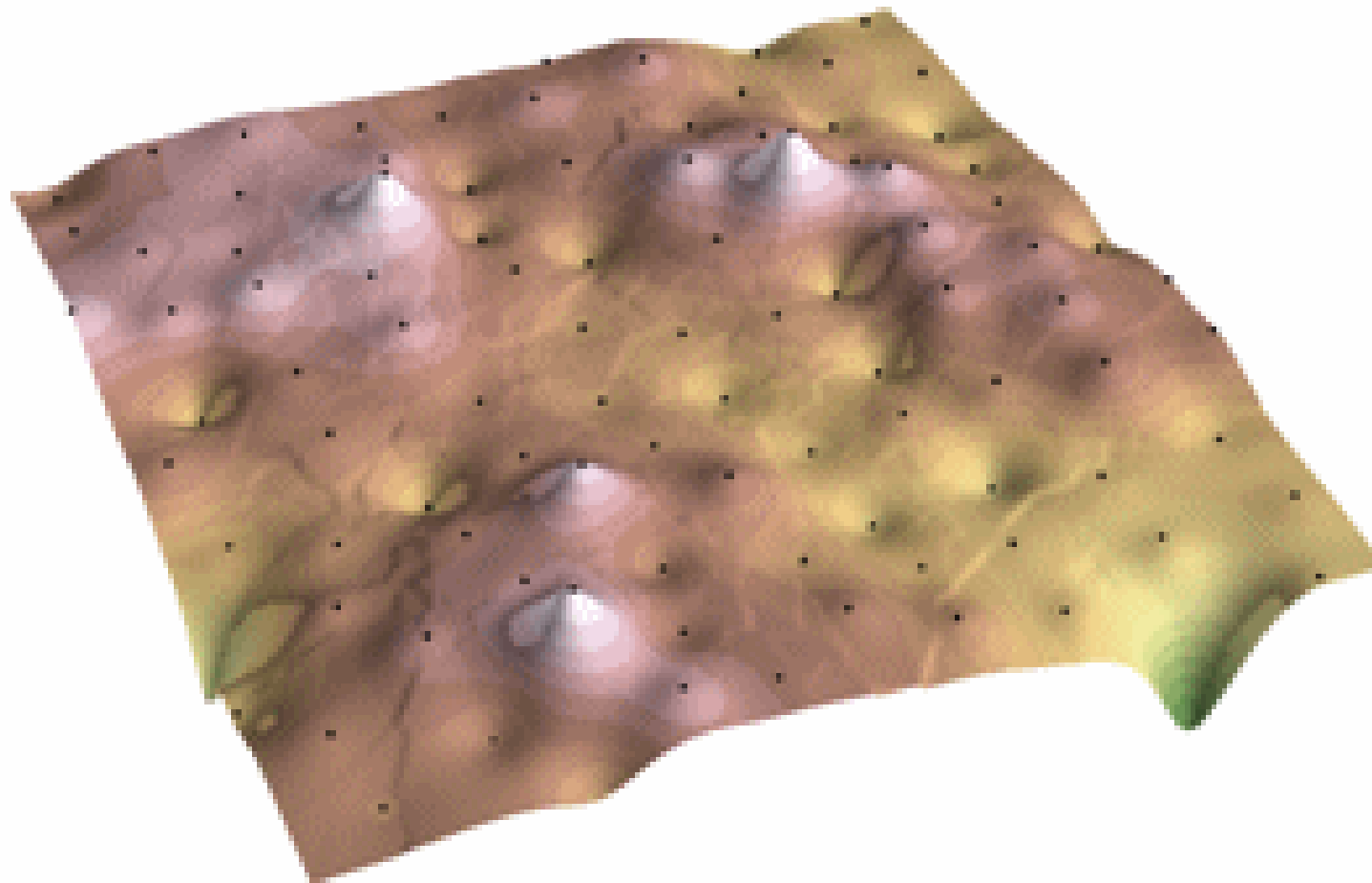
odhad hodnoty Z

$$\hat{Z} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i z_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

$$w = \frac{1}{d^k}$$

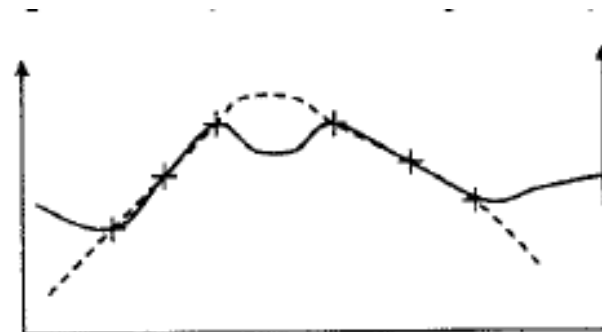
$$w = e^{-kd}$$

# Metoda inverzní vzdálenosti (IDW)

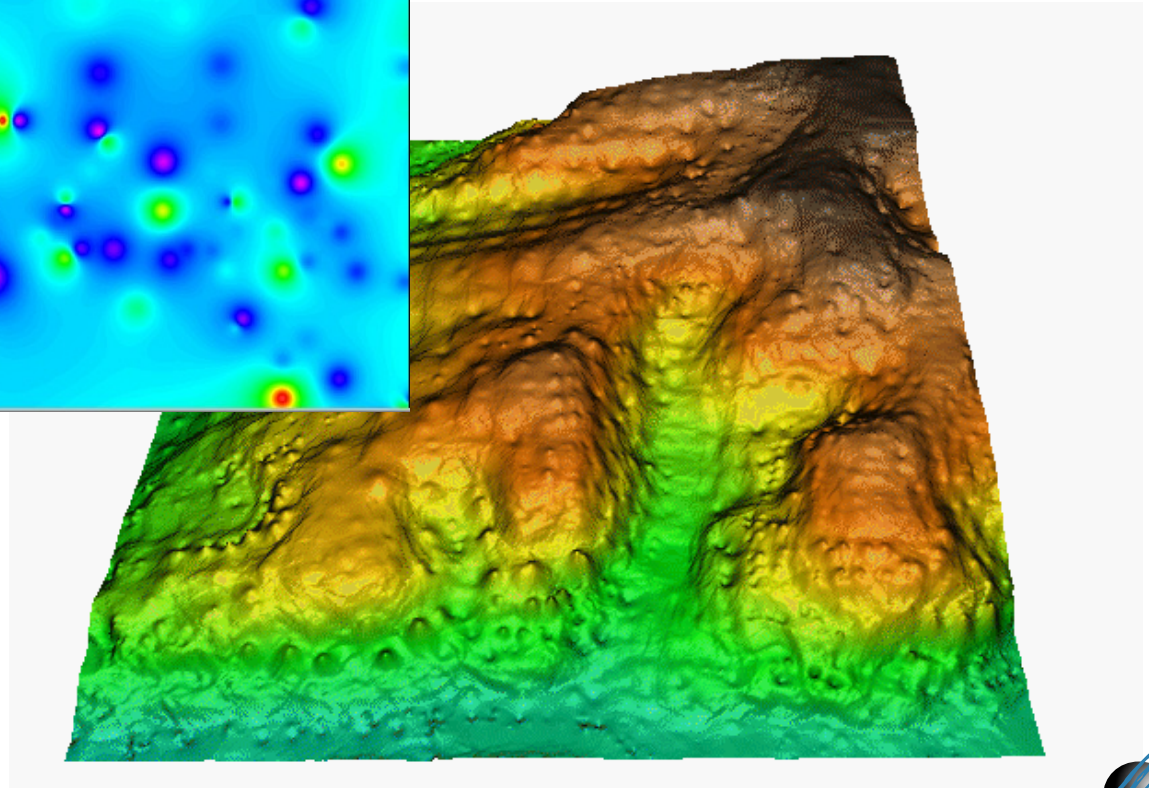
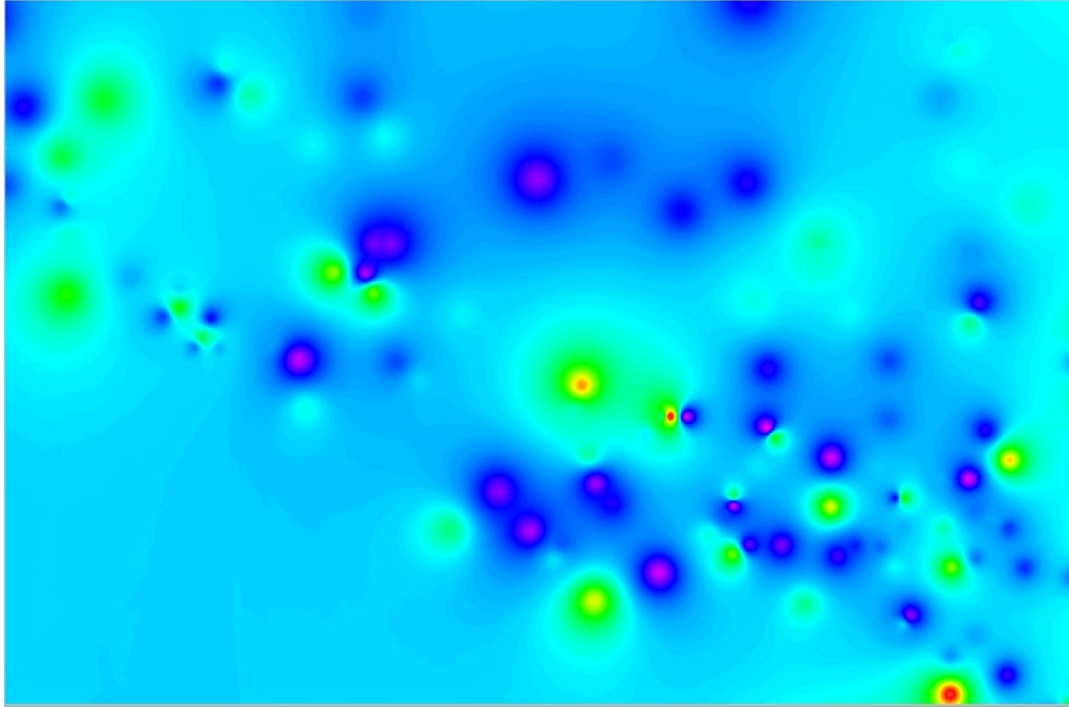


# Metoda inverzní vzdálenosti (IDW)

- Protože IDW je založena na lokálním průměrování, neposkytuje odhady mimo rozsah hodnot měřených bodů. Výsledkem jsou často nereálné tvary výsledného povrchu
- Vznik tzv. bulls eyes
- Závislost na způsobu definování okolí, ze kterého se interpoluje (viz. cvičení)



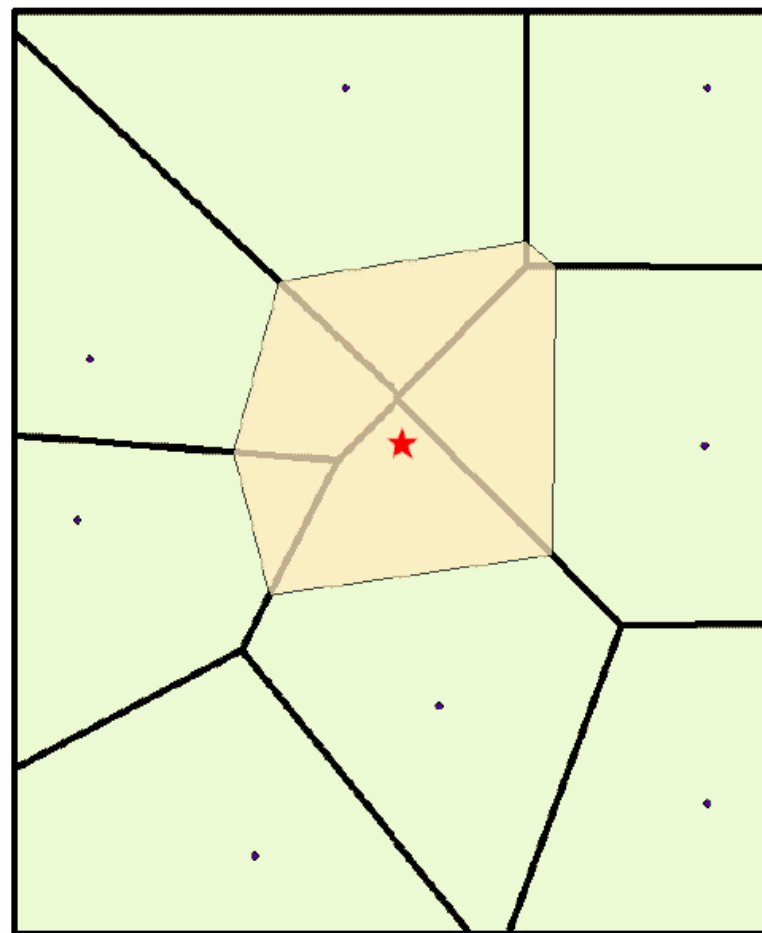
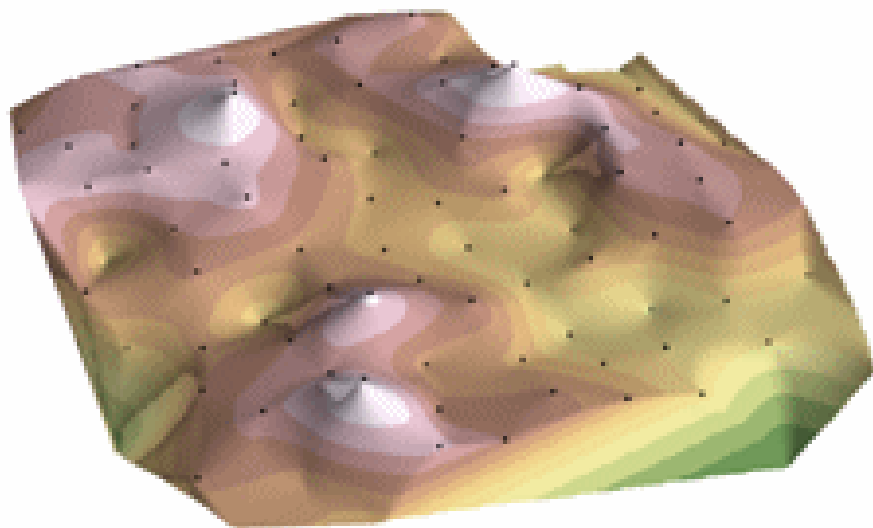
# Metoda inverzní vzdálenosti (IDW)



# Natural neighbor interpolation

- Metoda podobná IDW, jiný postup pro počítání vah
- Nejprve se vytvoří Thiessenovy polygony, které definují okolí jednotlivých bodů
- Konkrétní bod – nový polygon, váhy jsou určeny podílem plochy, která vznikne překryvem nového polygonu s původními
- Spolehlivé pro velké objemy dat (napsali v helpu ArcGISu 😊)

# Natural neighbour interpolation

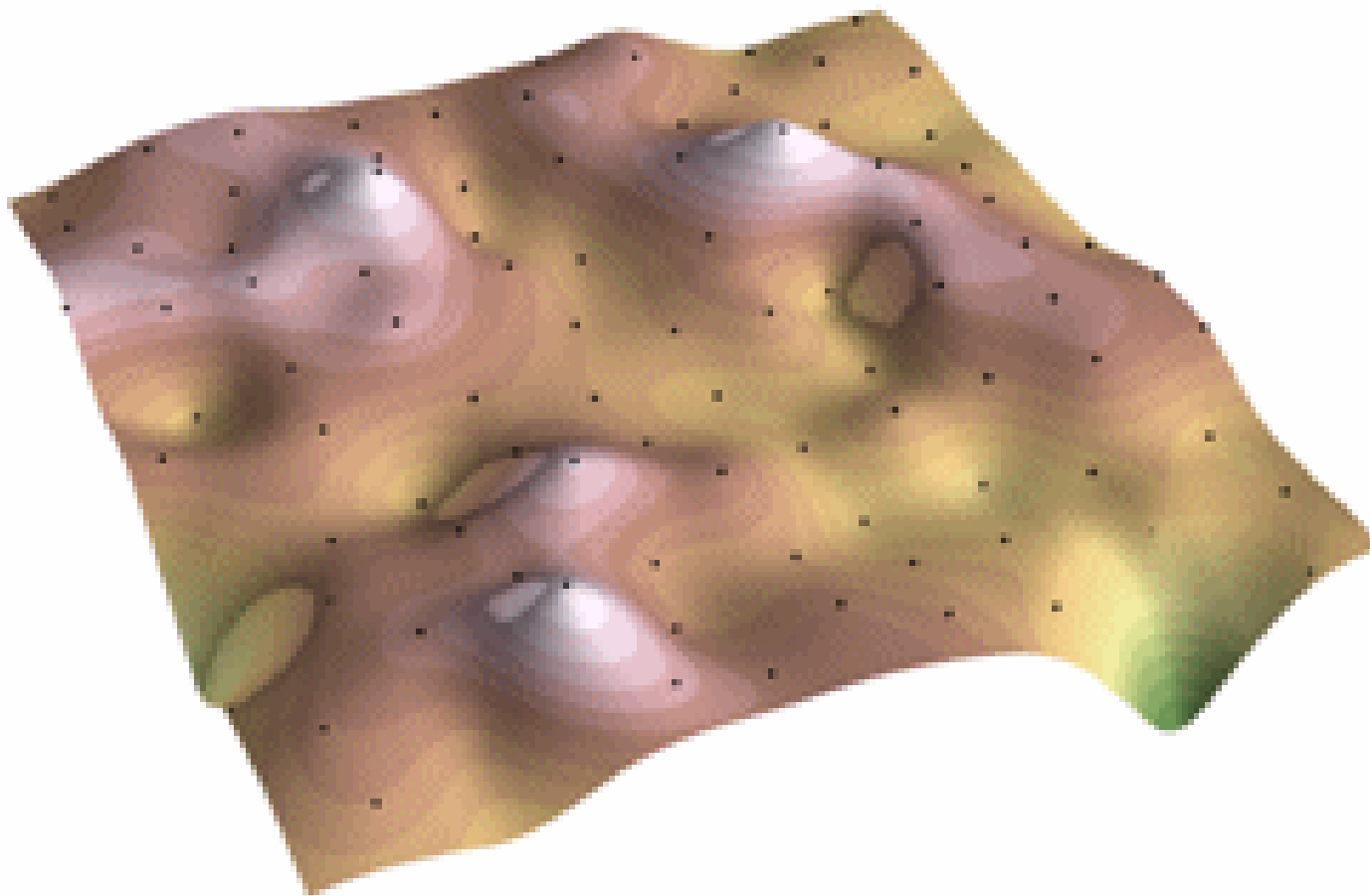


# Splinové funkce

- Matematicky definované křivky, které po částech a exaktně interpolují jednotlivé body povrchu, lokální interpolace
- Hladké křivky, kontinuální spojení jednotlivých částí interpolovaného povrchu
- Povrch je interpolován tak, aby procházel co nejbližše měřeným bodům a také aby zachoval podmínku minimální křivosti

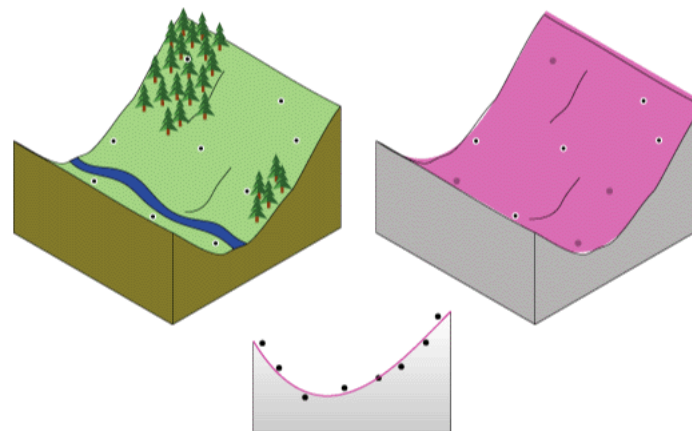
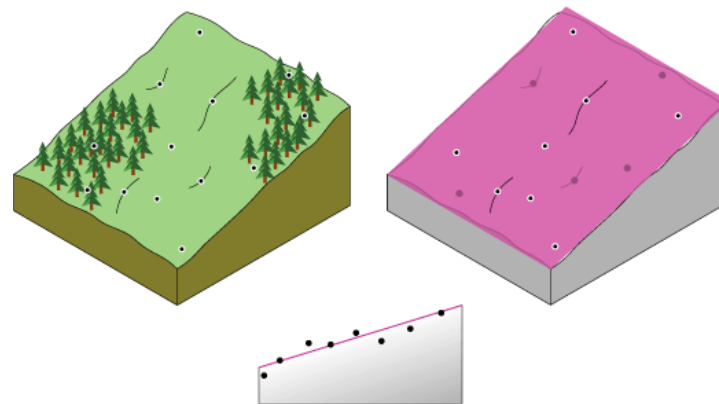


# Splinové funkce

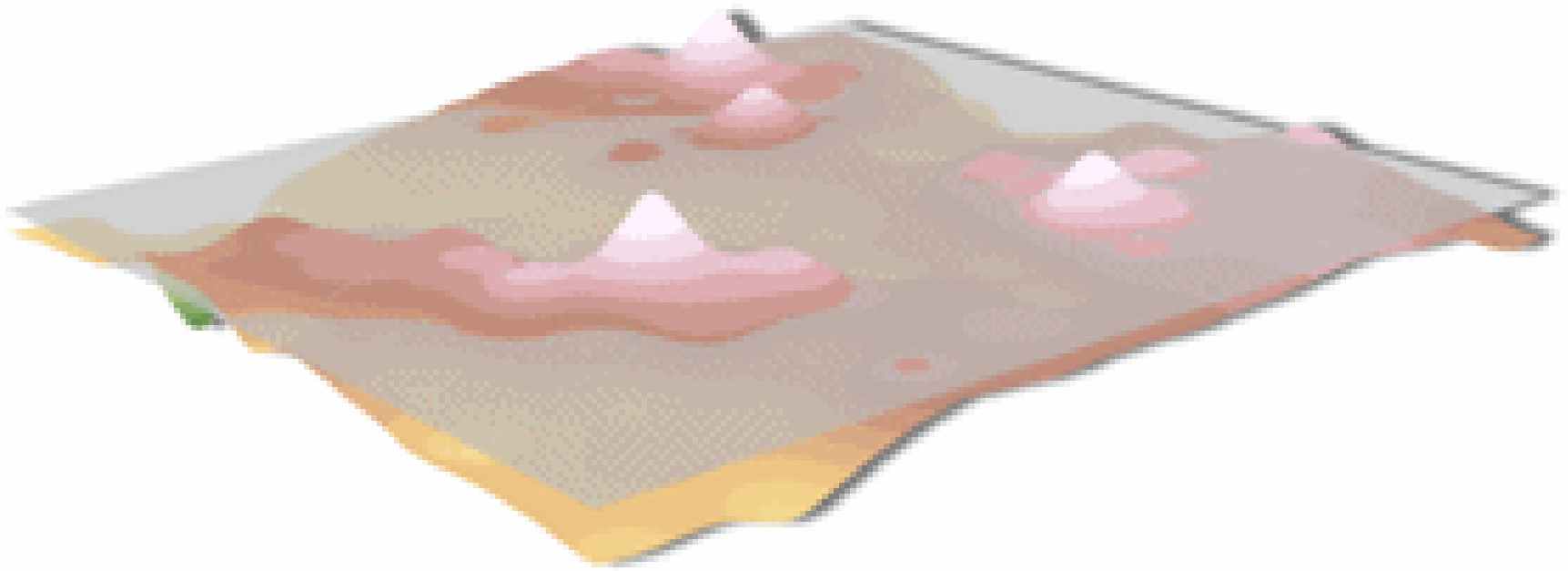


# Interpolace pomocí trendu

- Globální metoda
- „Napasování“ hladkého povrchu, který je určen matematickou funkcí na daný povrch
- Princip je v mnohonásobné regresi hodnot atributu oproti geografickým souřadnicím



# Srovnání interpolace pomocí trendů a IDW



IDW – podkladový rastr  
Trend – (šedě průhledně)

# Jiné interpolační algoritmy

- **Lokální polynomická interpolace**
  - regresní závislost se počítá vždy jen pro určitou část interpolovaného povrchu
- **Radial basis functions**
  - exaktní interpolátor využívající splinové funkce a umělé neuronové sítě
- **Prostorové klouzavé průměry**
  - modifikace IDW – nová hodnota vypočtená např. z prostého (neváženého) průměru, z modu.
- ...
- Geostatistické metody – **Kriging** → viz příště

# Jak je to v ArcGIS

- Spatial Analyst
- Spatial Analyst Tools
- Geostatistical Analyst
- 3D Analyst
  
- Např. IDW lze nalézt ve všech třech variantách, liší se možnostmi zadávání parametrů interpolace

