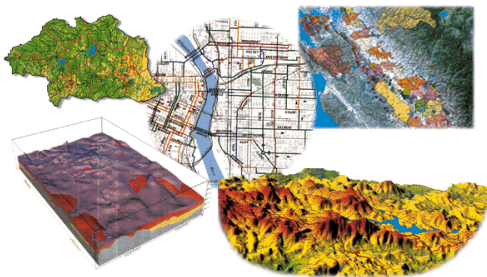


APLIKOVANÁ GEOINFORMATIKA VII

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.

Předpoklady úspěšné prostorové interpolace

- Existence dostatečně reprezentativního vzorku měřených dat vhodné vlastnosti měřené veličiny a typ dat
- Teoretické i empirické znalosti o povaze prostorové diferenciaci studovaného jevu
- Znalost podstaty použitelných interpolačních metod
- Znalost způsobu výběru nejvhodnější metody

Další aspekty úspěšné prostorové interpolace

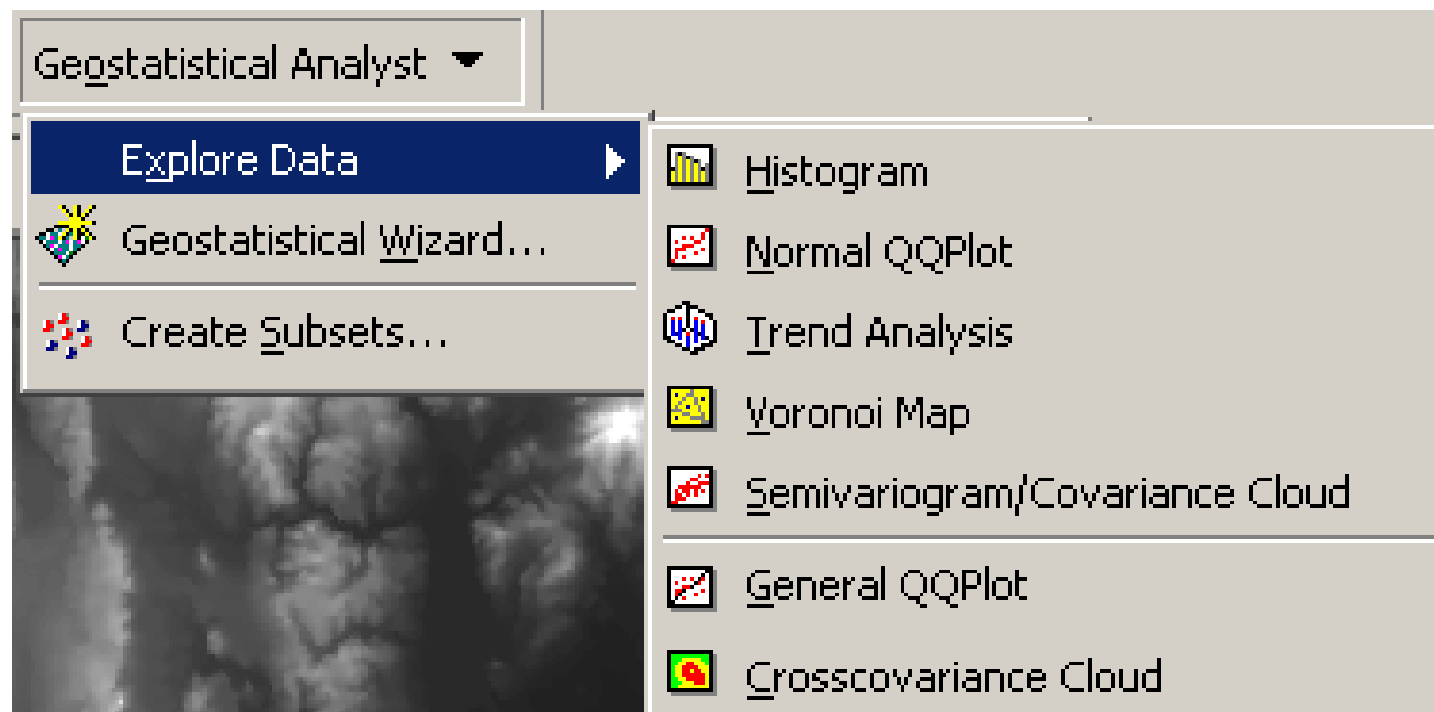
- Způsob prezentace spojitých polí (grid, TIN, izočáry, areály)
- Rozmístění (tzv. sampling) měřených bodů (náhodné x pravidelné)
- Dostupné datové zdroje pro interpolaci
- Vymezení studované plochy – přirozené a administrativní hranice
- Dostupnost bodů měření vně studované plochy

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 (nezávislost na poloze)
- Analýza rozdělení hodnot – analýza histogramu
- Výpočet základní popisné statistiky
- Zkoumání odlehlých hodnot a jejich případné odstranění
- Analýza trendu a jeho případné odstranění

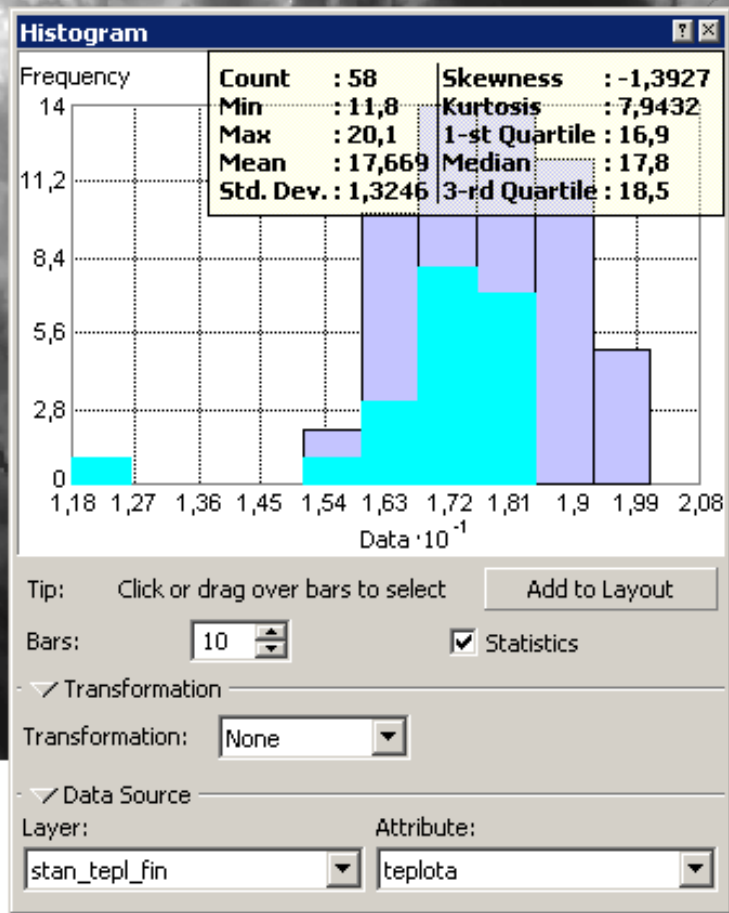
ESDA v prostředí ArcGIS

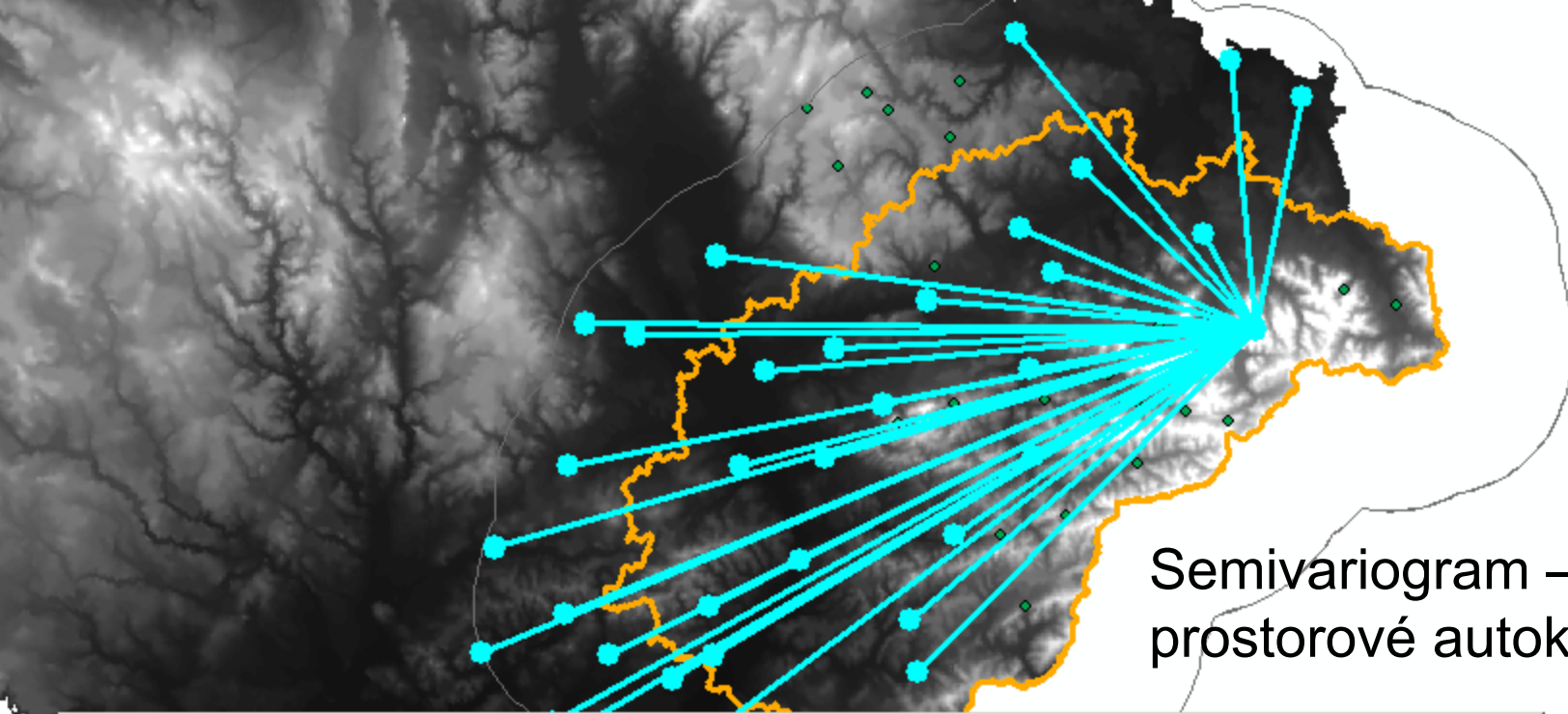


- Možnost interaktivního zkoumání dat (propojení různých pohledů na data – mapa, graf, histogram...)
- Pomocí výběru v grafu lze lokalizovat o jaká data se jedná v mapě a naopak
- Lze zkoumat souvislosti polohy a hodnoty prvku.

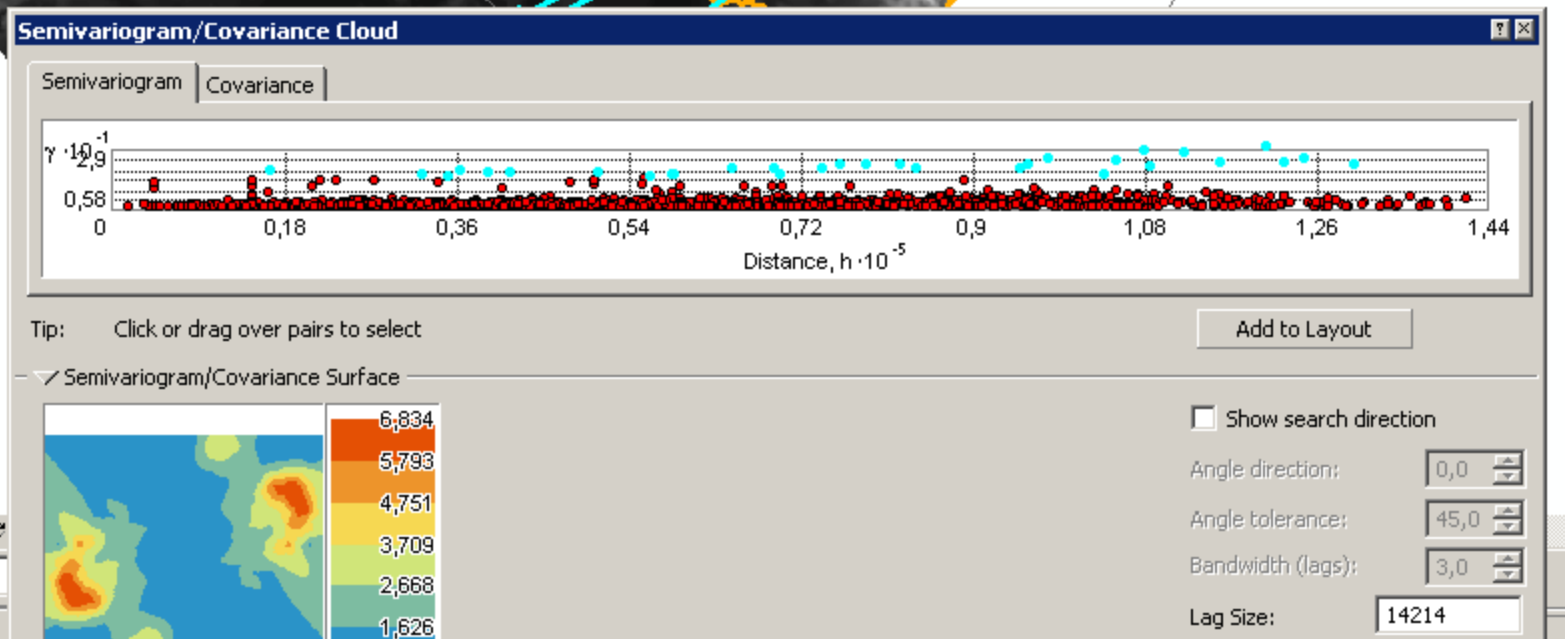
ESDA v prostředí ArcGIS

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
 - produkují hladké povrchy
 - produkují povrch se zlomy (Thiessenovy polygony)
- Metody deterministické a stochastické
 - chování studovaného jevu lze popsat matematickou funkcí – lze extrapolovat za hranice oblasti
 - hodnoty interpolovaného povrchu z daného měřeného vzorku jsou jen jednou z nekonečného množství možných variant – např. Kriging

Metody globální

- Využití všech měřených bodů
- Aplikace jedné funkce na všechny měřené body
- Hladké povrchy, redukce vlivu extrémních hodnot
- Dělení:
 - Analýza trendu – proměnnou jsou souřadnice měřených bodů
 - Regresní modely – zkoumají vztahy mezi atributy, které jsou pro dané území známé a atributem, jehož hodnoty jsou pro danou plochu interpolovány – např. sestavení pole teplot na základě nadmořských výšek

Metody lokální

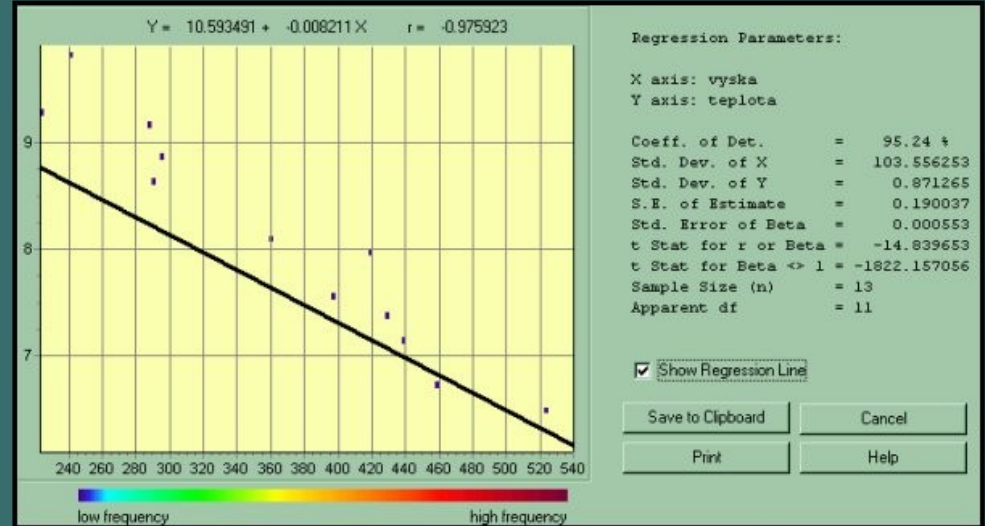
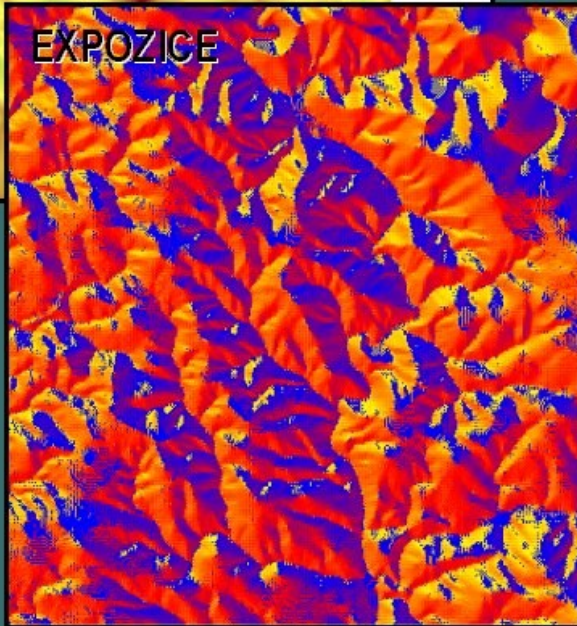
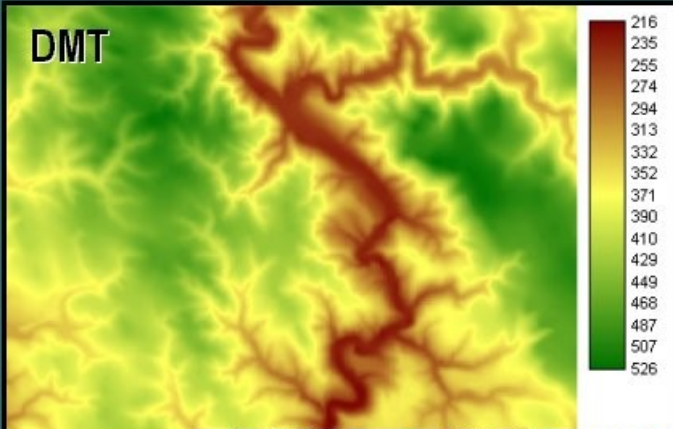
- Aplikace interpolační funkce opakovaně na část dat (okolí bodu)
- Vliv definice okolí bodu na výsledek interpolace
- Příklady:
 - Thiessenovy polygony
 - Kriging
 - Klouzavé průměry
 - ...

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.

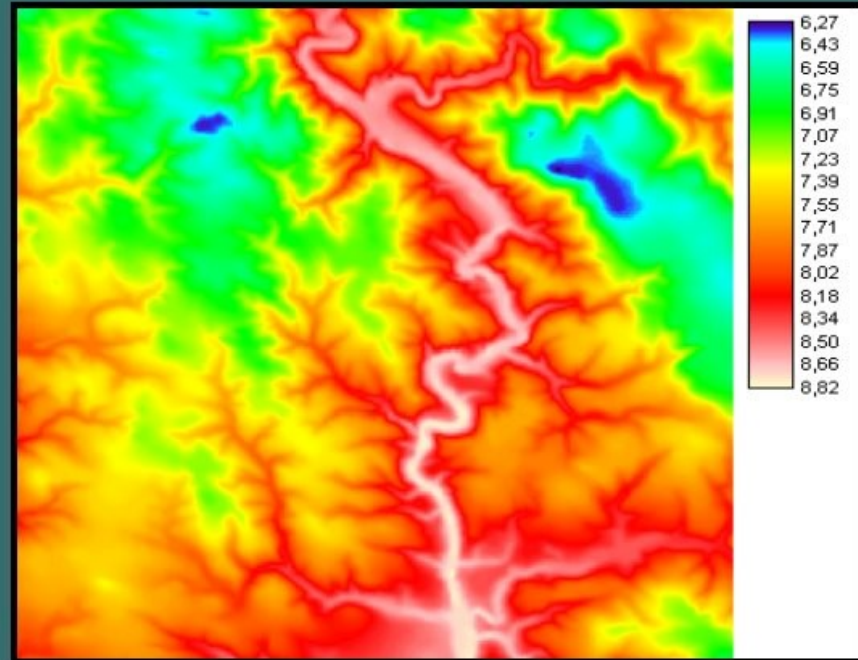
Globální interpolátory využívající regresní analýzu

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



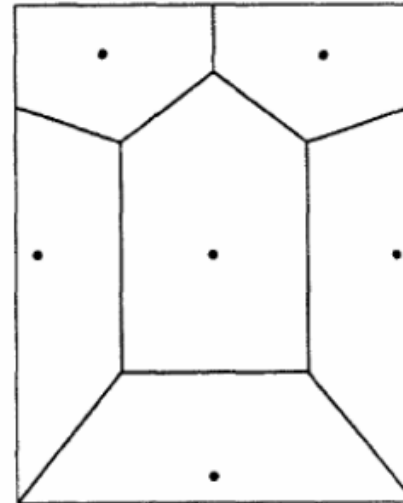
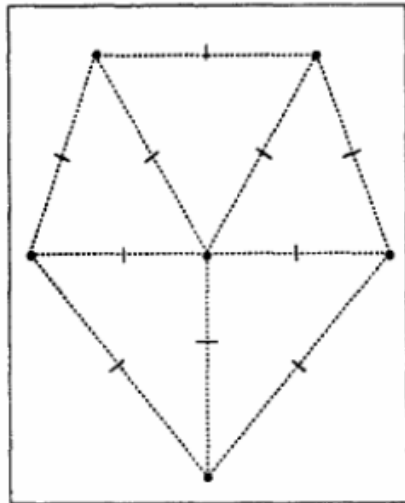
REGRESNÍ MODEL

MAPA POTENCIÁLNÍCH TEPLOT



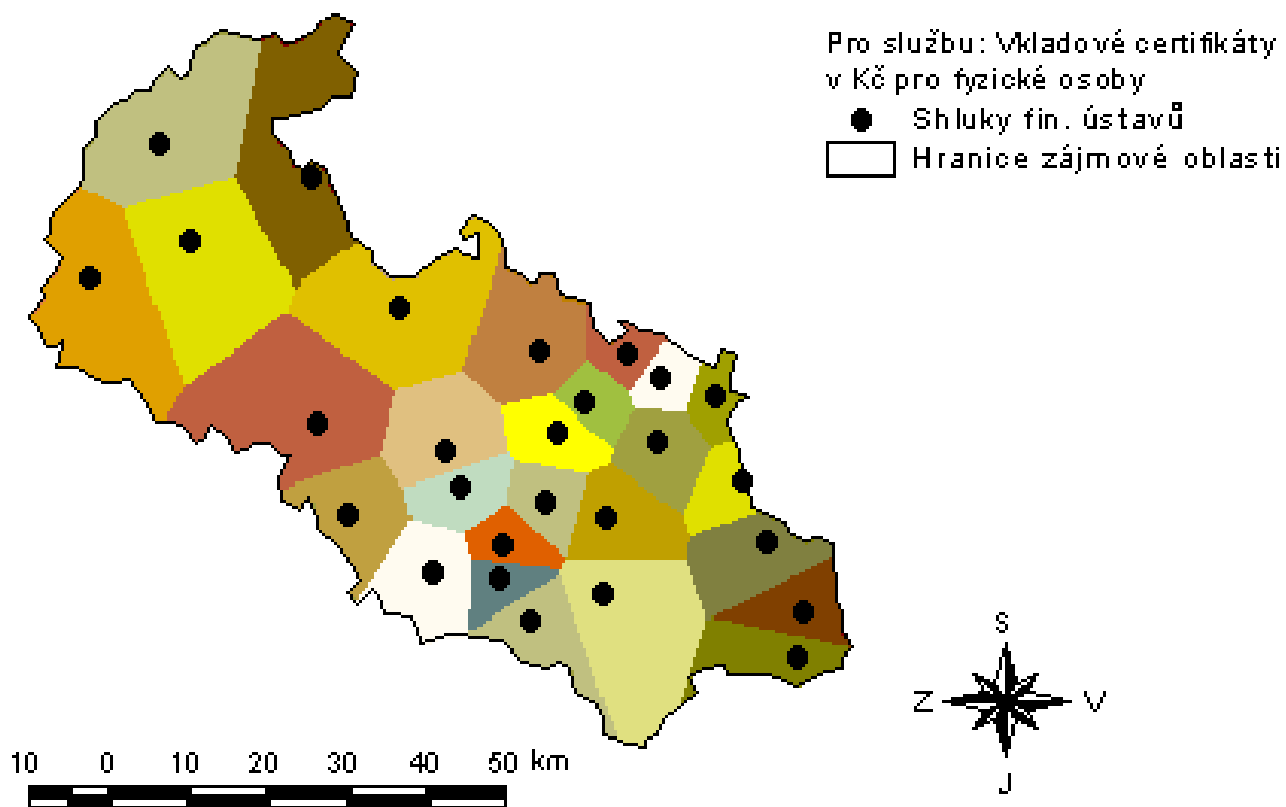
Thiessenovy polygony

- = Voroného diagram (Voronoi diagram)
- Lokální exaktní metoda – měřenému bodu je definováno jeho okolí pomocí Thiessenových polygonů
- Hodnoty atributů v neměřených místech jsou určeny z hodnot nejbližšího měřeného místa
- Vznikají ostré hranice – nevhodné pro spojité jevy (teplota apod.)
- Ukázka tvorby:
http://is.muni.cz/th/143320/fi_b_a2/animace/voroneho_diagram.html



Thiessenovy polygony

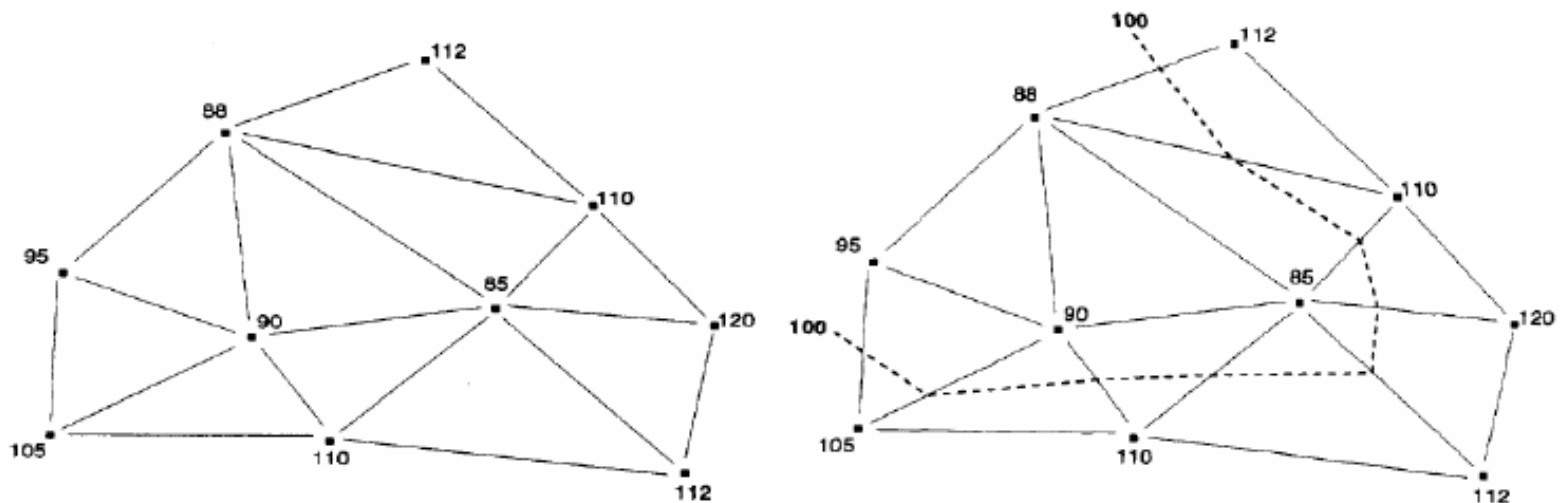
Obr.5. Servisní oblasti - Thiessenovy polygony



http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_1999/sbornik/Kralova/Kralova.htm

TIN – síť nepravidelných trojúhelníků

- Lokální exaktní metoda
- Měřené body spojeny liniemi do sítě trojúhelníků – lze interpolovat body na linii mezi měřenými body
- Konstrukce trojúhelníků – Delaunay triangulace
 - do kružnice opsané jakémukoliv z trojúhelníků nepadne jiný bod
 - mohou být vytvořeny z Thiessenových polygonů
- Využívá se při tvorbě vrstevnic, tvorbě DEM apod.



Metoda inverzní vzdálenosti (IDW)

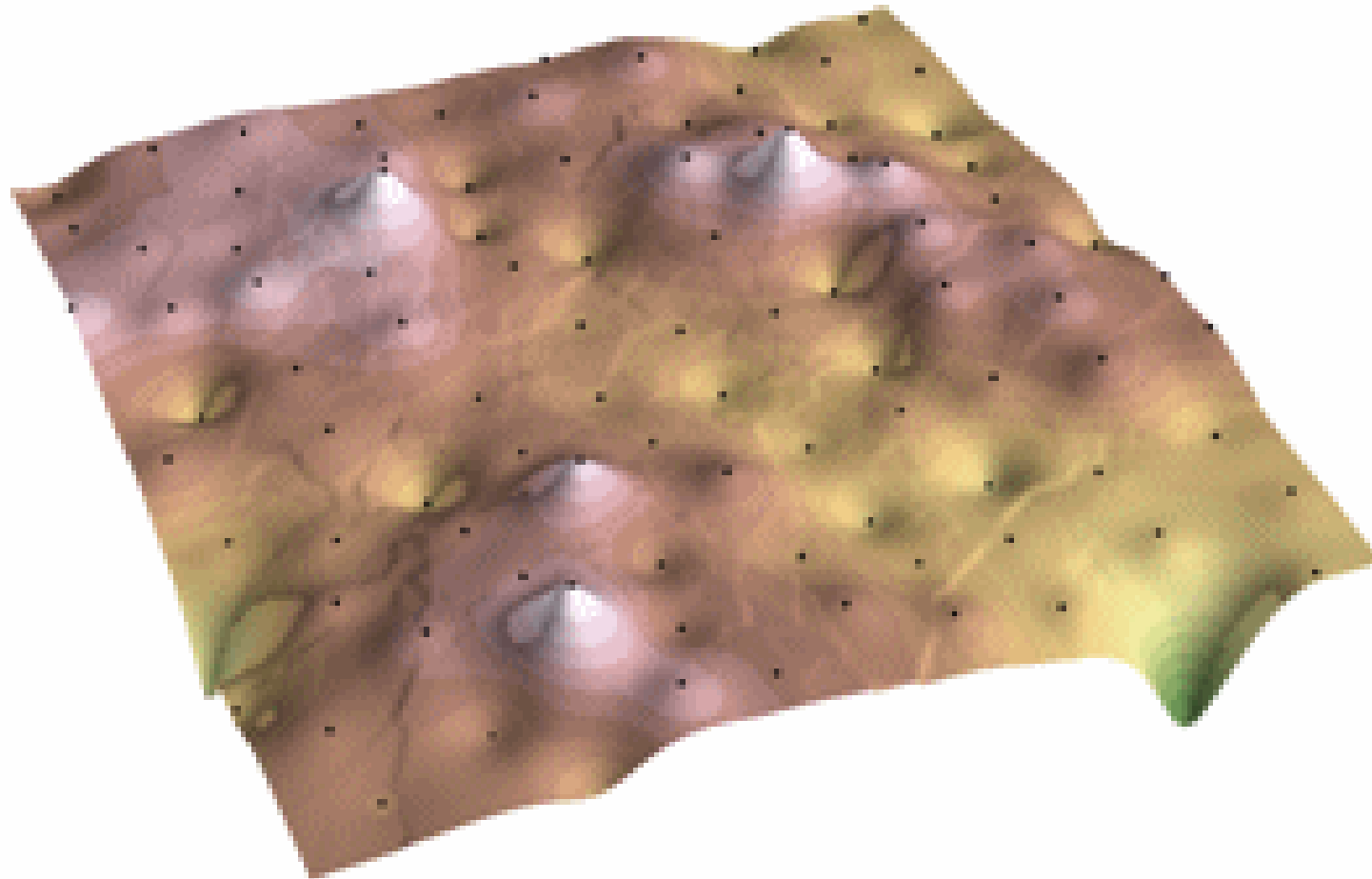
- IDW – Inverse Distance Weight
- Předpoklad, že hodnota atributu v určitém bodě je váženým aritmetickým průměrem hodnot okolních měřených bodů
- Váhy určeny jako inverzní vzdálenost měřeného bodu od bodu interpolačního (v ArcGIS parametr Power) – záleží na hodnotě exponentu (výchozí je 1 nebo 2)

odhad hodnoty Z

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

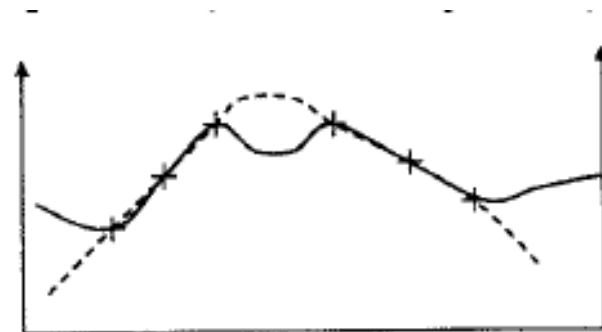
$$w = \frac{1}{d^k} \quad w = e^{-kd}$$

Metoda inverzní vzdálenosti (IDW)

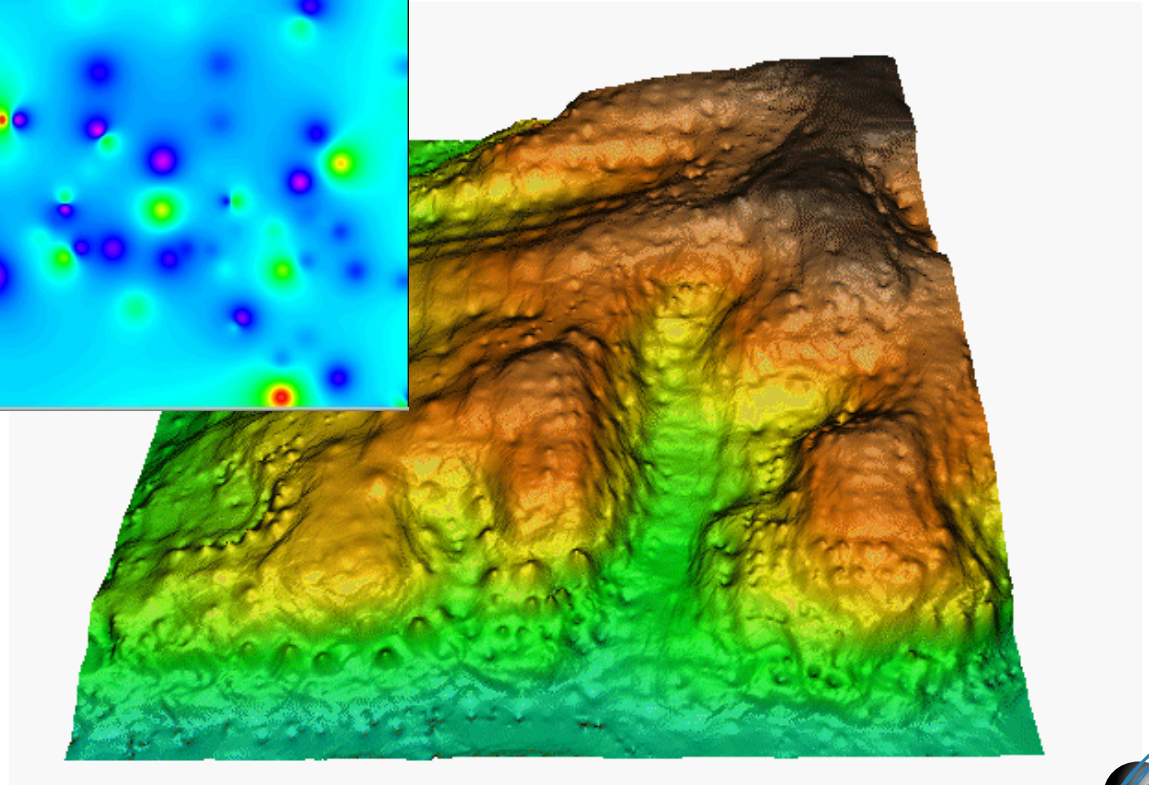
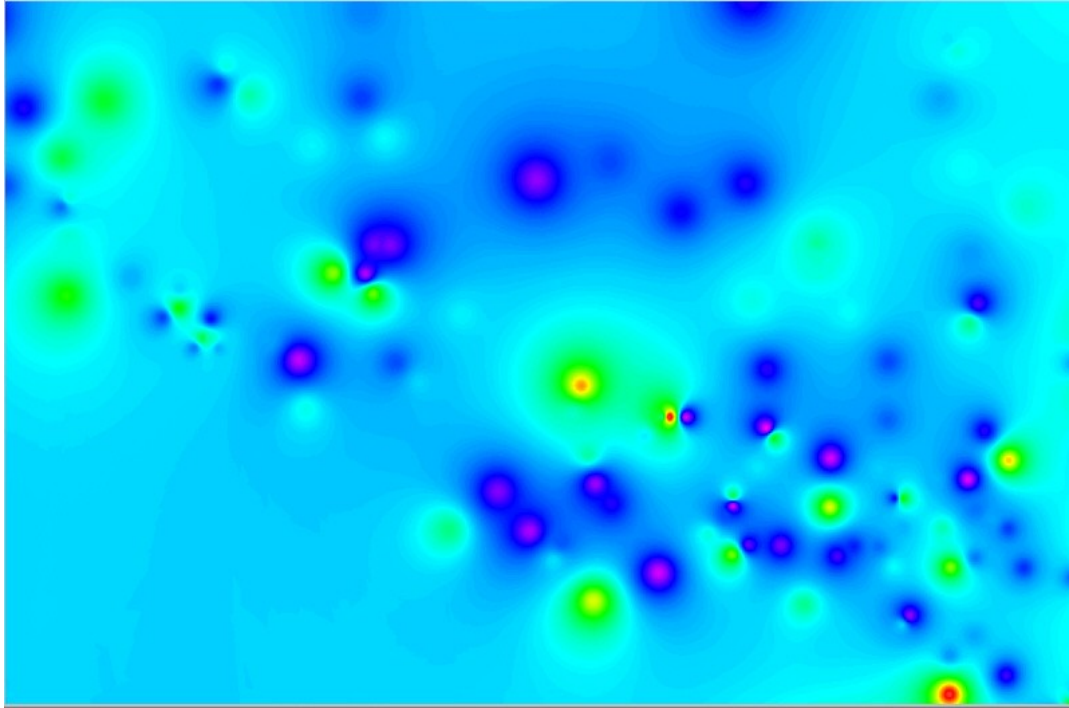


Metoda inverzní vzdálenosti (IDW)

- 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 – okolo vstupních bodů se tvoří koncentrické izolinie
- Nedokáže vypočítat hodnoty vyšší nebo nižší než jsou hodnoty vstupních dat – potřebujeme naměřit extrémny



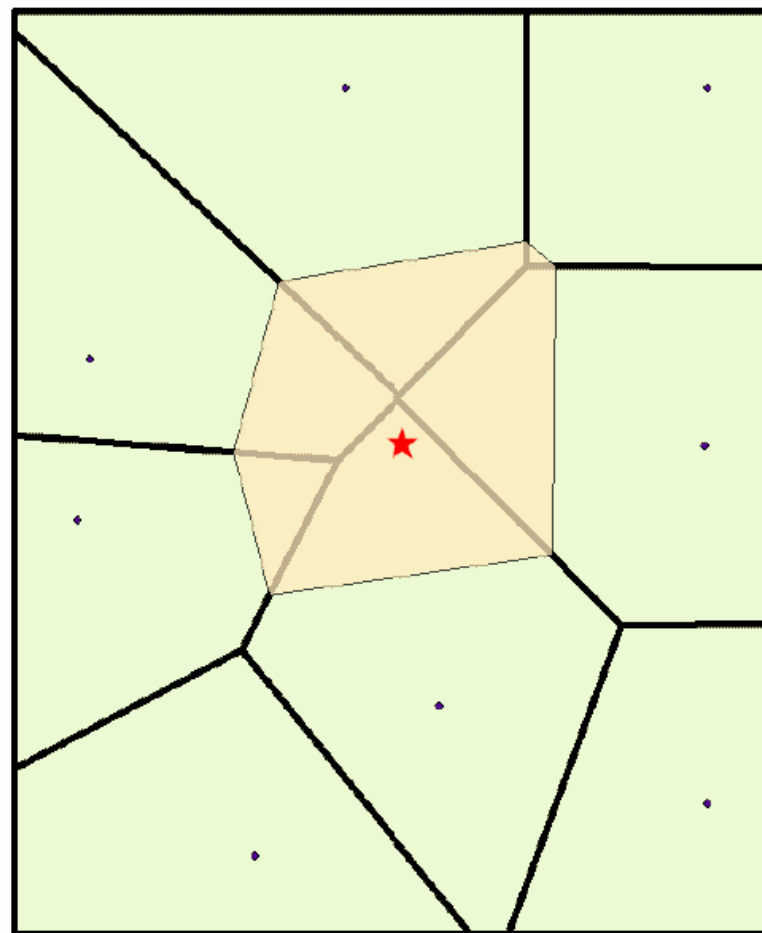
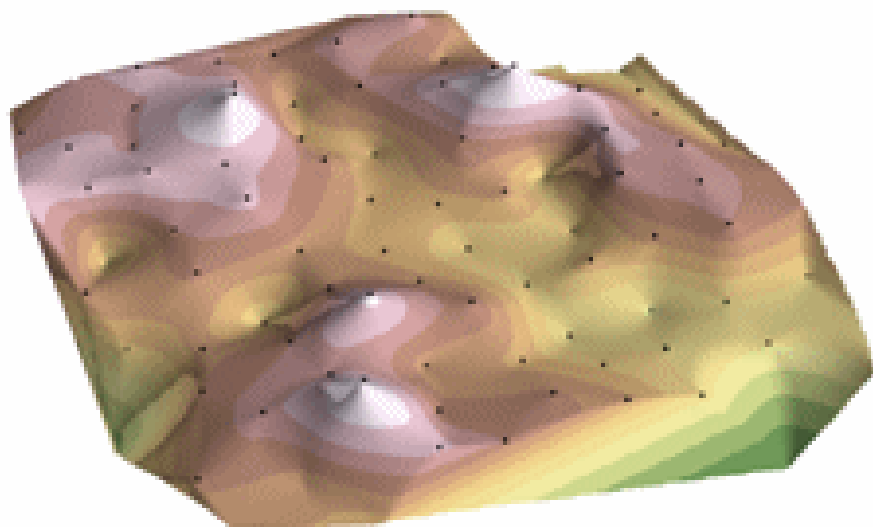
Metoda inverzní vzdálenosti (IDW)



Metoda přirozeného souseda

- Nejprve se vytvoří Thiessenovy polygony, které definují okolí jednotlivých bodů
- Přidá se interpolovaný bod – síť se přebuduje
- Tvoří se nový polygon, vznikne překryv nového polygonu s původními polygony měřených bodů
- Váhy pro interpolaci nového bodu ze sousedních jsou určeny plochou, která vznikne překryvem nového polygonu s původními polygony měřených bodů
- Metoda je efektivní, pokud jsou měřené hodnoty umístěny pravidelně

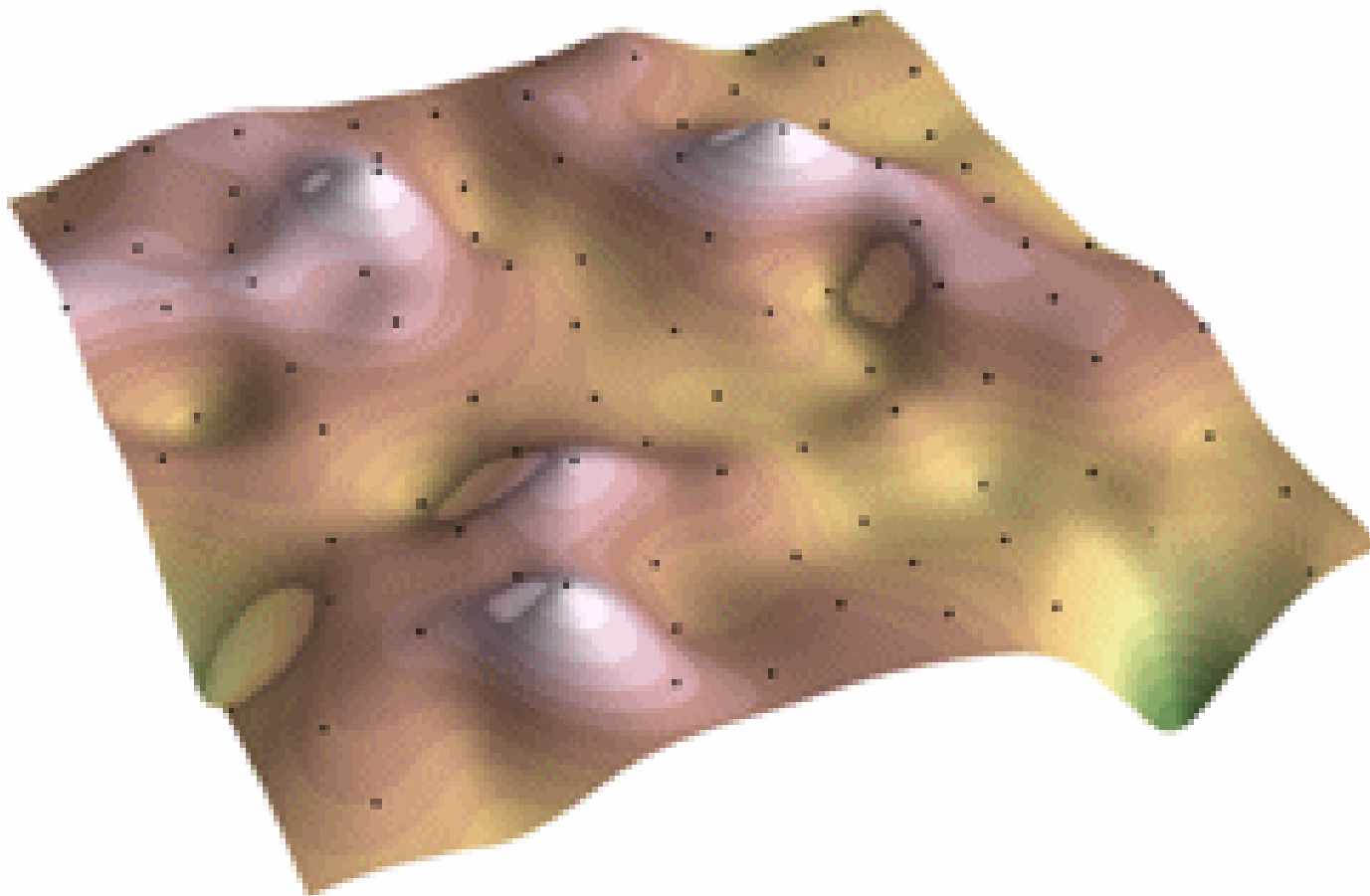
Metoda přirozeného souseda



Splinové funkce

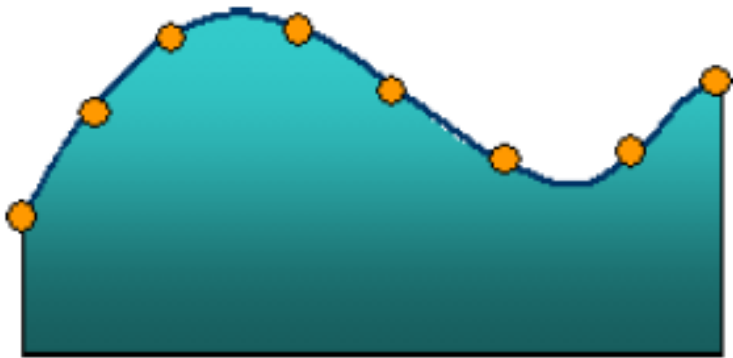
- Lokální interpolace
- Matematicky definované křivky, které po částech a exaktně interpolují jednotlivé body povrchu
- Hladké křivky, kontinuální spojení jednotlivých částí interpolovaného povrchu
- Povrch je interpolován tak, aby procházel co nejbližše měřeným bodům a také aby zachoval podmínku minimální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

Splinové funkce

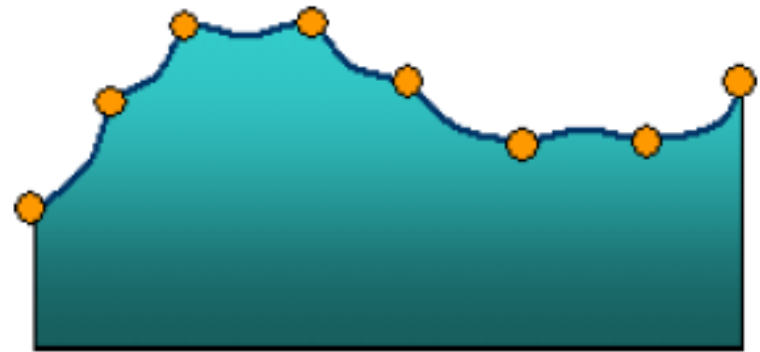


Splínové funkce x IDW

Splínové funkce umí interpolovat i extrémny mimo měřené body – někdy ovšem i falešné.



spline



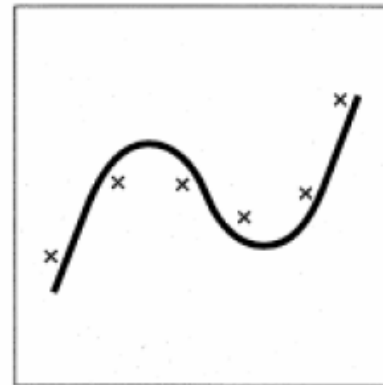
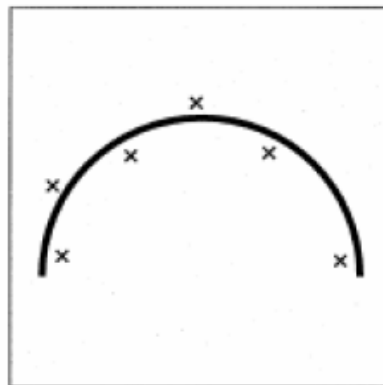
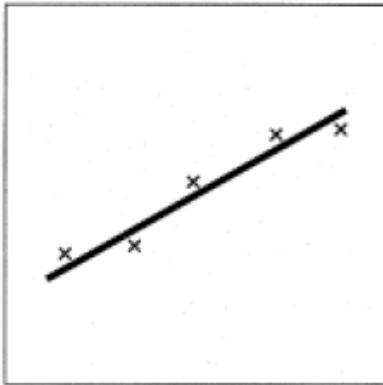
IDW

Interpolace pomocí trendu

- Globální aproximační metoda
- „Napasování“ hladkého povrchu, který je určen matematickou funkcí na daný povrch
- Při vybírání stupně polynomické funkce se lze řídit pravidlem:
 - příčný řez polynomické funkce řádu p může mít nejvýše $p - 1$ střídajících se maxim a minim.

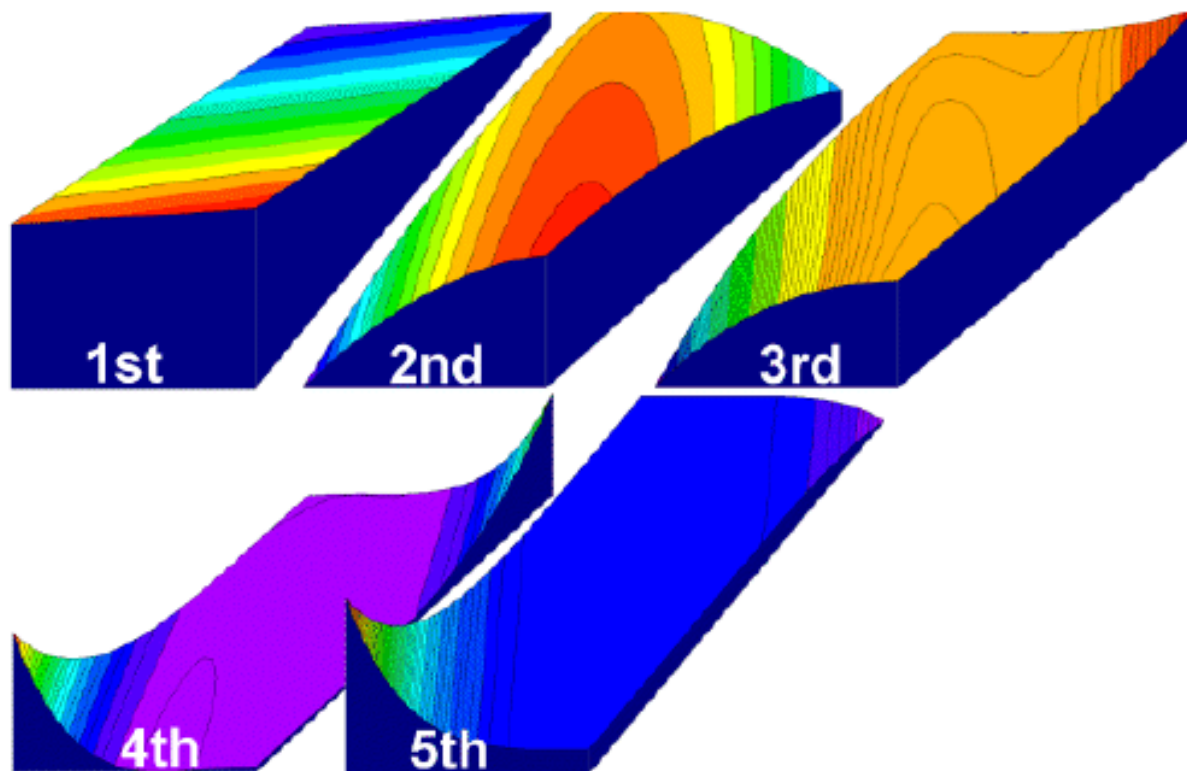
Interpolace pomocí trendu

- polynom prvního řádu popisuje nakloněnou rovinu
- polynom druhého řádu popisuje jednoduchý pahorek nebo údolí
- polynom třetího řádu popisuje vrchol a údolí



Interpolace pomocí trendu

- Polynomy vyšších řádů se moc nepoužívají
- Povrch reprezentovaný takovým polygonem totiž vykazuje chyby na okrajích interpolovaného povrchu - extrémní až nesmyslné hodnoty (záporné srážky apod.)



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 jako např. prostý (nevážený) průměr nebo modus hodnot okolí.
 - okolí nejčastěji ve tvaru čtverce nebo kruhu
- Metody založené na strukturní analýze – např. Kriging
- ...

Kde to hledat v ArcGIS

- Spatial Analyst Tools
- Geostatistical Analyst
- 3D Analyst

- Např. IDW lze nalézt ve všech třech variantách, liší se možnostmi zadávání parametrů interpolace

