

APLIKOVANÁ GEOINFORMATIKA VIII

Kriging, Mapová algebra



Aplikovaná geoinformatika

Laboratoř geoinformatiky a kartografie

Kriging

- Prostorový interpolátor
- Založeno na předpokladu prostorové autokorelace existujících dat
- Prostorová struktura je podmíněna modelováním na základě semivariogramu
- Chyby jsou počítány pro každý bod – statistické testování hypotéz (Moranův index) → mohou stanovit chybu interpolace
- Podobný princip jako IDW, „jen“ vstupuje více parametrů – semivariogram, vzdálenost a prostorové uspořádání dat v okolí bodu

Kriging – geostatistická definice

The kriging formula

Kriging is similar to IDW in that it weights the surrounding measured values to derive a prediction for an unmeasured location. The general formula for both interpolators is formed as a weighted sum of the data:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

where:

- $Z(s_i)$ = the measured value at the i th location
- λ_i = an unknown weight for the measured value at the i th location
- s_0 = the prediction location
- N = the number of measured values

In IDW, the weight, λ_i , depends solely on the distance to the prediction location. However, with the kriging method, the weights are based not only on the distance between the measured points and the prediction location but also on the overall spatial arrangement of the measured points. To use the spatial arrangement in the weights, the spatial autocorrelation must be quantified. Thus, in ordinary kriging, the weight, λ_i , depends on a fitted model to the measured points, the distance to the prediction location, and the spatial relationships among the measured values around the prediction location. The following sections discuss how the general kriging formula is used to create a map of the prediction surface and a map of the accuracy of the predictions.

Zmaj, AIGIS 1998

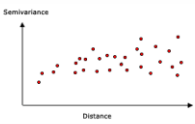
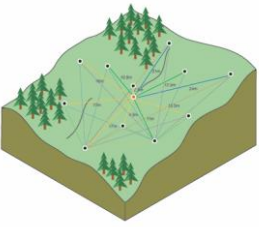
Postup Krigování

- Explorativní – zkoumám míru podobnosti dat ve vztahu k jejich vzdálenosti (semivariogram, korelogram)
- Fitování modelu na zjištěný vztah
- Porovnání modelů
- Modelování povrchu – vlastní výsledek (obdobně jako u IDW)

Exploratorní fáze - výpočet semivariogramu

Semivaríogram(distance_{ij}) = 0.5 * average((value_i - value_j)²)

Often, each pair of locations has a unique distance, and there are often many pairs of points. To plot all pairs quickly becomes unmanageable. Instead of plotting each pair, the pairs are grouped into lag bins. For example, compute the average semivariance for all pairs of points that are greater than 40 meters apart but less than 50 meters. The empirical semivariogram is a graph of the averaged semivariogram values on the y-axis and the distance (or lag) on the x-axis (see diagram below).

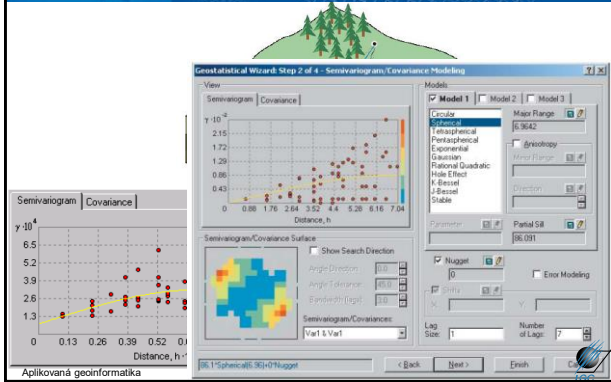
Calculating the difference squared between the paired locations. Zmaj, AIGIS 1998

Explorativní fáze

Semivariogram – testování prostorové autokorelace



Fitování modelu na zjištěný vztah



Fitování modelu

When you look at the model of a semivariogram, you will notice that at a certain distance the model levels out. The distance where the model first flattens is known as the range. Sample locations separated by distances closer than the range are spatially autocorrelated, whereas locations farther apart than the range are not.

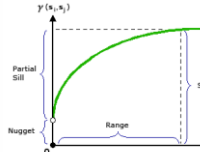


Illustration of Range, Sill, and Nugget components

The value at which the semivariogram model attains the range (the value on the y-axis) is called the sill. A partial sill is the sill minus the nugget. The nugget is described in the following section.

Applikovaná geoinformatika

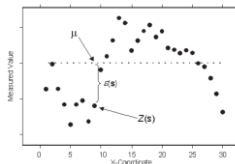
Nejčastější typy Krigingova algoritmu

- **Simple Kriging** předpokládá známou střední hodnotu v celé oblasti
- **Ordinary Kriging** předpokládá neznámou střední hodnotu, konstantní v celé oblasti
- **Universal Kriging** předpokládá trend stejného typu v celé oblasti
- **Cokriging** využívá k predikci další veličinu

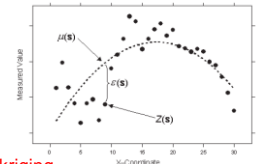
Applikovaná geoinformatika

Nejčastější typy Krigingova algoritmu

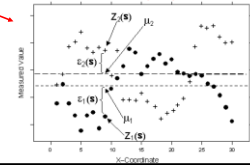
Ordinary Kriging



Universal Kriging

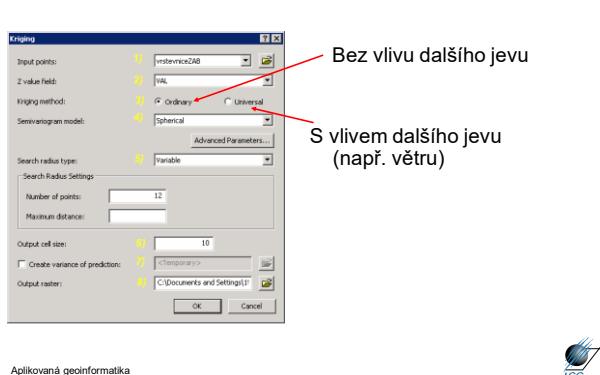


Cokriging

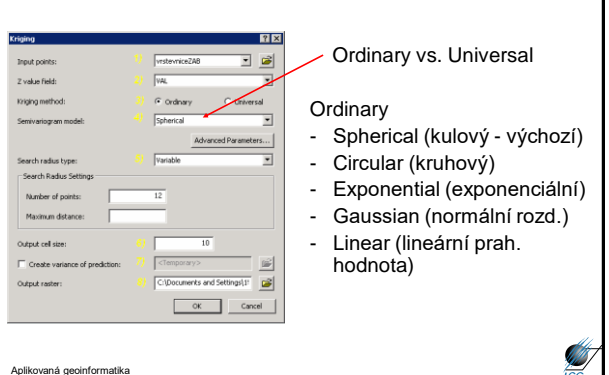


Applikovaná geoinformatika

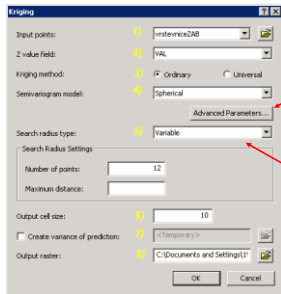
Kriging v ArcGIS



Kriging v ArcGIS



Kriging v ArcGIS



Advanced parameters – krok lagování

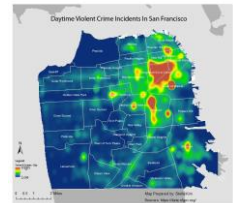
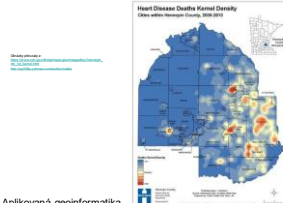
Variable = počet bodů a maximální vzdálenost / Fixed = nastavení vzdálenosti a minimální počet bodů v této vzdálenosti

Aplikovaná geoinformatika



Kernel density

- Výpočet hustoty prvků v okolí bodového nebo liniového prvku
- Využití zejména při analýze a následné vizualizaci dat jako hustota zástavby, trestné činy, dopravní nehody či zdravotnická data

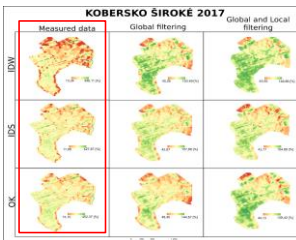
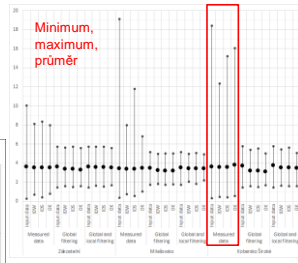


Aplikovaná geoinformatika



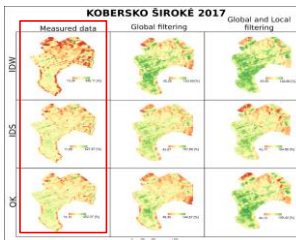
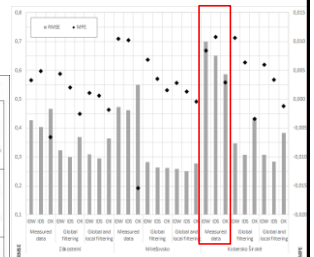
Srovnání interpolačních algoritmů

- Deskriptivní statistika



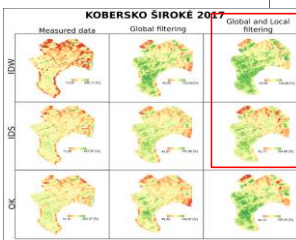
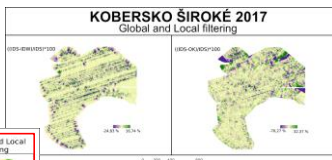
Srovnání interpolačních algoritmů

- Deskriptivní statistika
- RMSE



Srovnání interpolačních algoritmů

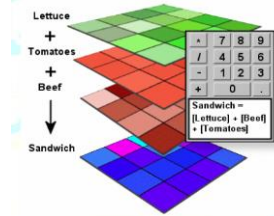
- Deskriptivní statistika
- RMSE
- Mapová algebra (viz dále)



MAPOVÁ ALGEBRA

Mapová algebra

- Umožňuje kombinovat rastrové vrstvy pomocí různých matematických operací
- Používá map jako proměnných a prostorových operací jako operátorů v algebraických výrazech
- Prostředek prostorové analýzy a modelování



Aplikovaná geoinformatika



Základní nástroje (objekty) pro manipulaci s prostorovými daty v mapové algebře

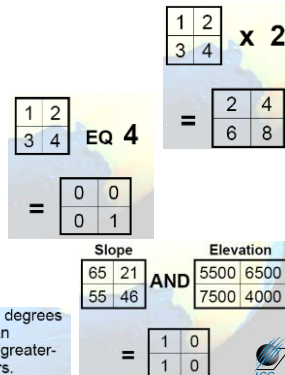
- Operátory
- Funkce
 - z hlediska matematického (aritmetické, logické, trigonometrické, logaritmické)
 - z hlediska mapové algebry – lokální, fokální, zonální, globální
- Aplikační procedury a funkce
 - analýzy vzdálenosti (euklidovská vzdálenost, nejkratší cesta, cost-distance...)
 - analýzy povrchů
 - hydrologické modelování
 - ...

Aplikovaná geoinformatika



Typy operátorů

- Aritmetické
 - + - * / mod (= zbytek po dělení)
 - např. převod metrů na stopy
- Relační
 - <, >, <=, <= ...
- Booleovské
 - AND, OR, XOR ...



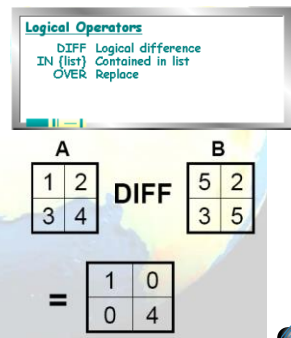
Aplikovaná geoinformatika



Typy operátorů

- Logické
 - in, diff, over
- Kombinatorní

- A DIFF B: If a cell value in raster A and raster B are different, the cell value in raster A is returned. If the cell values are the same, the value zero is returned.
- A IN {value list}: If a cell value in raster A is in the value list, the cell value in raster A is returned. Otherwise, NoData is returned.
- A OVER B: If a cell value in raster A is not equal to zero, the cell value is raster A is returned. Otherwise, the cell value in raster B is returned.

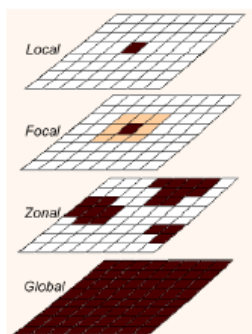


Aplikovaná geoinformatika



Funkce z hlediska mapové algebry

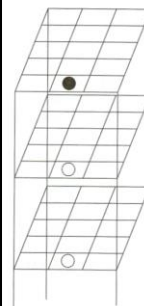
- Lokální
- Fokální
- Zonální (+blokové)
- Globální



Aplikovaná geoinformatika



Lokální operace



Output Matrix
↑
Lokální funkce je např. i reklasifikace

Input Matrix
+
Input Matrix

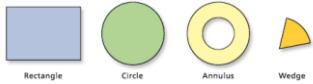
Figure 4.1 Local function. Local functions are cell-by-cell functions that compare each individual grid cell from one matrix with its corresponding grid cell in the second and all succeeding matrices.

Aplikovaná geoinformatika



Fokální funkce

- Výstupní hodnota buňky je počítána jako určitá operace s touto buňkou a s buňkami jejího okolí
- Okolí buňky lze definovat různým způsobem



```
FOCALSUM ([!row!])
FOCALSUM ([!row!]) RECTANGLE, 5, 3)
FOCALSUM ([!row!]) CIRCLE, 2)
FOCALSUM ([!row!]) ANNULUS, 2, 3)
FOCALSUM ([!row!]) WEDGE, 4, 390, 330)

Kernel.txt
5 3
1 1 0 1 0
1 0 0 1 1
0 1 1 0 0
```

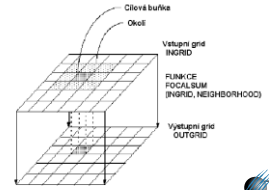
ArcGIS 9.2

Aplikovaná geoinformatika



Fokální funkce

- Problematika **okrajů rastru** (zmenšení okolí nebo replikace řádku, sloupce rastru)
- Fokální statistika** (využití např. výšková členitost)
- Filtrace obrazu** (konvoluce, okénko okolí vstupuje svými hodnotami do výpočtu)
 - vhodný nástroj nejen pro zpracování obrazu, ale např. i pro shlázení DEMu či výsledku interpolace



Aplikovaná geoinformatika



Statistické údaje pro fokální, zonální a blokové operace

Types of neighborhood statistics

The following statistics can be computed within the neighborhood of each processing cell, then sent to the corresponding cell location on the output raster.

Statistic	Description
Majority	Determines the value that occurs most often in the neighborhood.
Maximum	Determines the maximum value in the neighborhood.
Mean	Computes the mean of the values in the neighborhood.
Median	Computes the median of the values in the neighborhood.
Minimum	Determines the minimum value in the neighborhood.
Minority	Determines the value that occurs least often in the neighborhood.
Range	Determines the range of values in the neighborhood.
Standard deviation	Computes the standard deviation of the values in the neighborhood.
Sum	Computes the sum of the values in the neighborhood.
Variety	Determines the number of unique values in the neighborhood.

Aplikovaná geoinformatika



Focal Flow

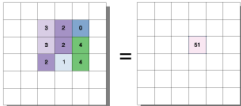
- Princípem funkce je, že buňky z okolí, které mají vyšší hodnotu než centrální buňka „tečou“ směrem dovnitř (od větší k menší hodnotě)
 - voda, která teče z kopce; šíření nižší koncentrace do vyšší apod.
- Výsledkem je grid, jehož buňky nesou hodnotu odpovídající tomu, kolik do nich „proudí“ buněk z okolí.

Aplikovaná geoinformatika



Focal Flow

The Neighborhood Function on an Individual Neighborhood



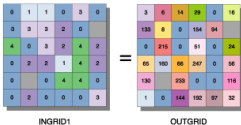
6	7	8
5		1
4	3	2

Corresponding bit position

8	7	6	5	4	3	2	1
128	64	32	16	8	4	2	1

Base 10 bit values

The Neighborhood Function on a Grid



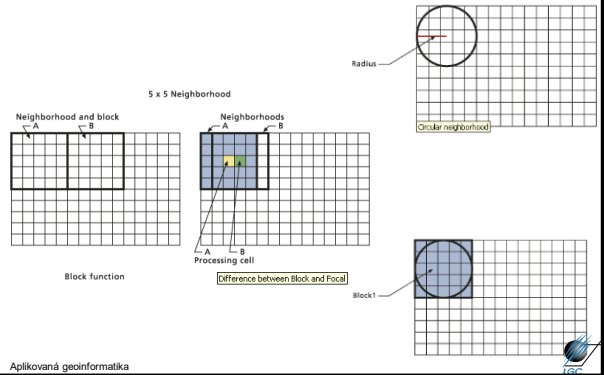
Neighbor hood cell positions

Expression: FOCALFLOW(INGRID1)

Aplikovaná geoinformatika



Blokové funkce



Aplikovaná geoinformatika



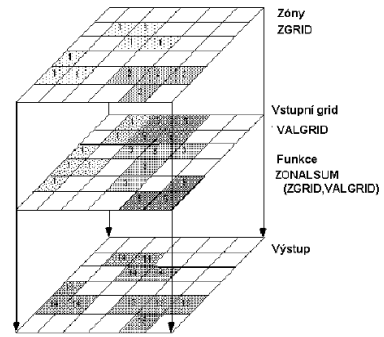
Zonální funkce

- Výpočty se provádí v rámci definovaných zón, nikoliv v okolí
- Zóny lze definovat rastrem nebo i vektorem (polygon) – v ArcGISu.
 - zonální statistika
 - zonální geometrie
 - crosstabulation (kombinace dvou tabulek)

Aplikovaná geoinformatika



Zonální funkce



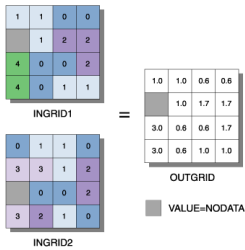
Aplikovaná geoinformatika



Zonální statistika

Mean

- The zone input must be integer.
- The data type of the output will always be floating point.



Expression: ZONALMEAN(INGRID1, INGRID 2)

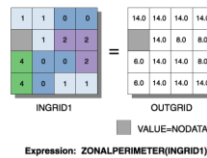
Aplikovaná geoinformatika



Zonální geometrie

Perimeter

- The perimeter of a zone is the sum of the lengths of the boundaries of each connected region in the zone. Both external boundaries and internal boundaries (islands) are taken into account. The length of an external or internal side is in map units, which are derived from the current cell size.
- The perimeter for a zone is assigned to each cell in the zone.
- The perimeter should be similar (with some resampling error) for the same zone regardless of the resolution of the zone raster. Variations in perimeter calculations can occur if the resolution is changed with the output cell size option.
- The perimeter is in linear map units.
- The perimeter for a zone is assigned to each cell in the zone on output.
- Zones do not have to be connected. If a zone is not connected, the perimeter for each disconnected region is added, and only one perimeter is assigned to the zone.



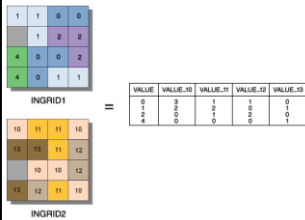
Expression: ZONALPERIMETER(INGRID1)

- area
- perimeter
- thickness
- centroid

Aplikovaná geoinformatika



Crosstabulation



Expression: TabulateArea ZoneRas VALUE ClassRas VALUE Tabarea1.dbf 1

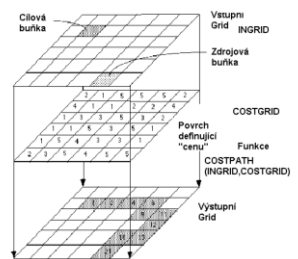
Aplikovaná geoinformatika



- Výstupem je tabulka
- Výstup může být i histogram (Histogram by zones v ArcView 3.x)

Globální funkce

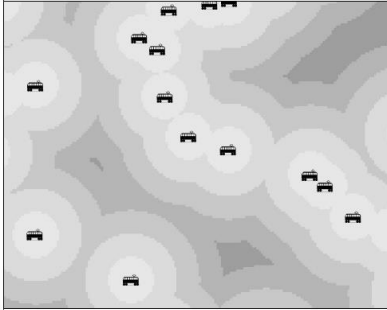
- Hodnota každé buňky výsledného rastru je počítána ze všech buněk zdrojového rastru.
 - analýzy vzdálenosti – hledání optimální trasy
 - morfometrické analýzy
 - hydrologické modelování



Aplikovaná geoinformatika



Globální funkce – ukázka



obr. 3.44 – vzdálenost od vlakových nádraží (rastrová reprezentace)

Aplikovaná geoinformatika



Shrnutí v ArcGIS

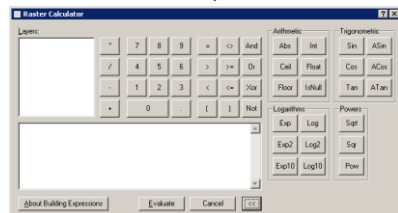
- Raster Calculator
- Spatial Analyst Tools
 - Map Algebra
 - Math
 - Neighborhood
 - Overlay
 - Reclass
 - ...
- Model builder – sestavování algoritmů
- VB Script, Python (v ArcView AVENUE)
- V různých programových prostředcích se stejné prostorové operace jmenují různě, neexistuje jednotná terminologie

Aplikovaná geoinformatika



Raster calculator

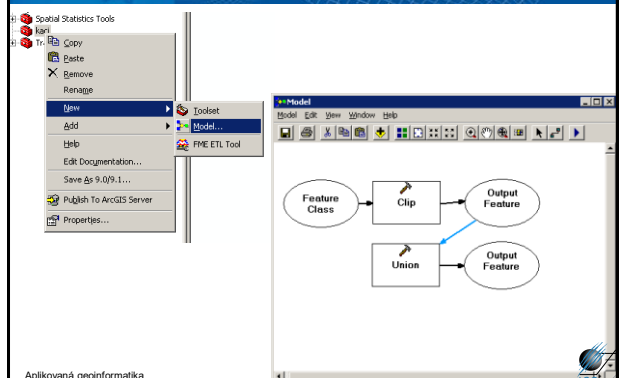
- Sloučený nástroj z dřívější Map Query a Map Calculator
- Umožňuje provádět jak prostorové dotazování, logické operátory (výsledkem je bitmapa 0,1)
- Umožňuje základní aritmetické operace



Aplikovaná geoinformatika



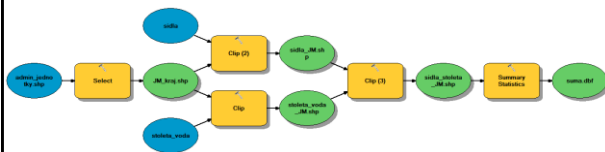
Model builder



Aplikovaná geoinformatika



Model builder



Aplikovaná geoinformatika



Mapová algebra – další aplikační úlohy

- Výpočet euklidovské vzdálenosti
- Určování příslušnosti
- Cost distance, weighted distance
- Cost povrchy
- Optimální trasa
- Mapování hustoty
- ...
- Více viz. přednášky předmětu Z8102 Geostatistika

Aplikovaná geoinformatika

