



# Kartografické modelování

## III. Fokální a zonální funkce

jaro 2015

**Petr Kubíček**

**kubicek@geogr.muni.cz**

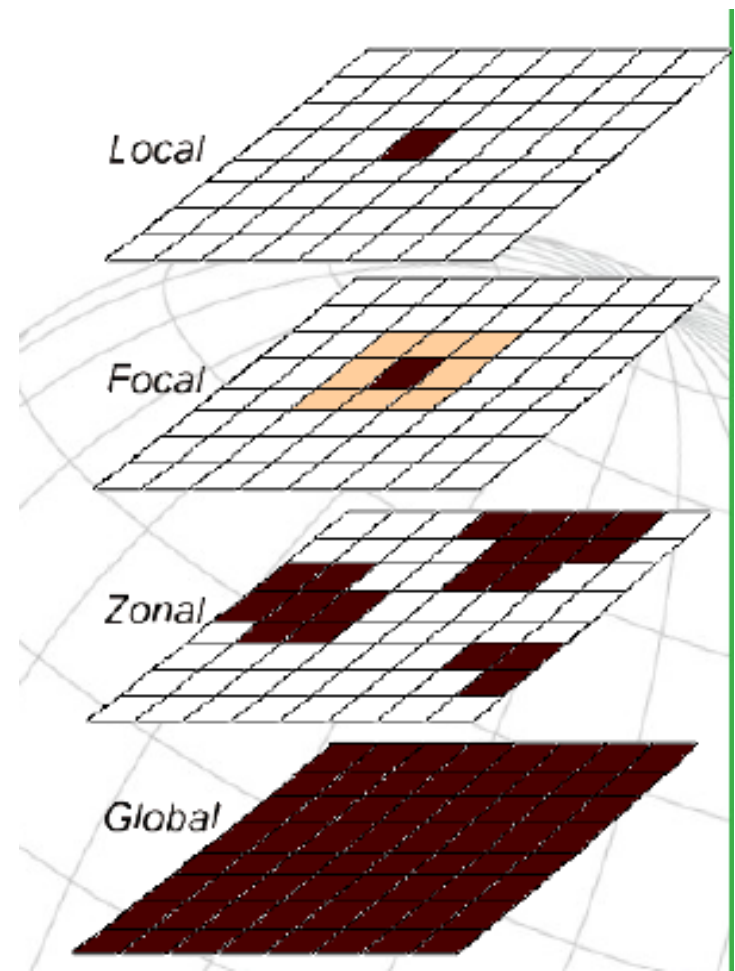
**Laboratory on Geoinformatics and Cartography (LGC)  
Institute of Geography  
Masaryk University  
Czech Republic**

# Dělení funkcí mapové algebry

Z hlediska oblasti ze které je počítána hodnota výsledné buňky dělíme funkce mapové algebry na :

- **Lokální** - na individuální buňce, nová hodnota vzniká z individuální buňky jedné nebo více vrstev.
- **Fokální** - v definovaném okolí, nová hodnota vzniká z definovaného okolí buňky.
- **Zonální** - na specifické oblasti, nová hodnota vzniká ze zóny definované v jiné vrstvě.
- **Globální** - používají se všechny buňky informační vrstvy.

**Kartografické modelování**



# Lokální funkce ArcGIS

- Lokální *statistické* funkce.
- Kombinace více vstupních rastrů (Combine)
- **Nalezení počtu výskytů** splňujících určitá kritéria - *Equal To Frequency, Greater Than Frequency a Less Than Frequency*.
- **Nalezení hodnoty** splňující určitá kritéria - *Popularity a Rank*.
- **Nalezení polohy** splňující určitá kritéria.



# Lokální statistické funkce

- Vypočítá pro jednotlivé buňky **statistiku z daného počtu rastrů**.
- Majority, Maximum, Mean, Median, Minimum, Minority, Range, Standard Deviation, Sum a Variety.
- **Mean - průměr**
- Vypočítá průměr z jednotlivých buněk vstupních rastrů.
- Výsledek má vždy hodnotu „floating point.“
- `OutRas = CellStatistics(["InRas1", "InRas2", "InRas3"], "Mean")`

1	1	0	0
	1	2	2
4	0	0	2
4	0	1	1

InRas1

0	1	1	0
3	3	1	2
	0	0	2
3	2	1	0

InRas2

	1	0	0
2	0	3	3
0	0	3	2
1	1		0

InRas3

=

	1.0	0.33	0.0
	1.3	2.0	2.3
	0.0	1.0	2.0
2.7	1.0		0.3

OutRas



# Lokální statistické funkce

- **Majority** – nejčastěji se vyskytující hodnota v jednotlivých buňkách.
- Integer, floating point.
- Pokud je více možných výsledků, pak NoData.
- $OutRas = CellStatistics([InRas1, InRas2, InRas3], "Majority")$

1	1	0	0
	1	2	2
4	0	0	2
4	0	1	1

InRas1

0	1	1	0
3	3	1	2
	0	0	2
3	2	1	0

InRas2

	1	0	0
2	0	3	3
0	0	3	2
1	1		0

InRas3

=

	1	0	0
			2
	0	0	2
			0

OutRas



# Lokální statistické funkce

- **Maximum (median, minimum, minority, range, standard deviation, sum)**
- Nejvyšší hodnota (stejně tak pro ostatní statistické funkce)
- Integer, floating point – input=output
- `OutRas = CellStatistics(["InRas1", "InRas2", "InRas3"], "Maximum")`

1	1	0	0
	1	2	2
4	0	0	2
4	0	1	1

InRas1

0	1	1	0
3	3	1	2
	0	0	2
3	2	1	0

InRas2

	1	0	0
2	0	3	3
0	0	3	2
1	1		0

InRas3

=

	1	1	0
	3	3	3
	0	3	2
4	2		1

OutRas



# Lokální statistické funkce

- **Variety – variabilita**
- Určí počet unikátních hodnot v jednotlivých vstupech a buňkách.
- Výstupní rastr je vždy integer.
- $OutRas = CellStatistics([InRas1, InRas2, InRas3], "Variety")$

1	1	0	0
0	1	2	2
4	0	0	2
4	0	1	1

InRas1

0	1	1	0
3	3	1	2
0	0	0	2
3	2	1	0

InRas2

0	1	0	0
2	0	3	3
0	0	3	2
1	1	0	0

InRas3

=

0	1	2	1
0	3	3	2
0	1	2	1
3	3	0	2

OutRas

# Kombinace více rastrů

- Funkce **Combine** kombinuje **několik vstupních rastrů** a přiřadí **novou hodnotu všem unikátním kombinacím jednotlivých buněk**. Původní hodnoty jednotlivých rastrů jsou zapsány do atributové tabulky výstupního rastru.
- **Unikátní kombinace = nová hodnota.**
- Názvy vstupních rastrů jsou užity jako označení sloupců nové atributové tabulky a označují rodičovství nově vzniklých atributů.



# Combine

1	1	0	0
■	1	2	2
4	0	0	2
4	0	1	1

InRas1

0	1	1	0
3	3	1	2
■	0	0	2
3	2	1	0

InRas2

=

1	2	3	4
■	5	6	7
■	4	4	7
8	9	2	1

OutRas

■ Value = NoData

Value	Count	Code
0	5	002
1	5	004
2	3	005
4	2	008

Value	Count	Type
0	5	PAX
1	4	HAR
2	3	WIN
3	3	SAN

Value	Count	InRas1	InRas2
1	2	1	0
2	2	1	1
3	1	0	1
4	3	0	0
5	1	1	3
6	1	2	1
7	2	2	2
8	1	4	3
9	1	0	2

$OutRas = Combine([InRas1, InRas2])$

# Počet výskytů splňujících určitá kritéria

- Kolikrát jsou hodnoty jednotlivých rastrů „odlišné“ od vstupu (ValRas).
- **Less than Frequency**
- Nepovinný rastr může specifikovat počet výskytů.
- Výstupní rastr je vždy integer
- $OutRas = LessThanFrequency(ValRas, [InRas1, InRas2, InRas3])$

2	2	2	2
2	2	2	2
2	2	2	2
2	2	2	2

ValRas

1	1	0	0
1	1	2	2
4	0	0	2
4	0	1	1

InRas1

0	1	1	0
3	3	1	2
0	0	0	2
3	2	1	0

InRas2

1	1	0	0
2	0	3	3
0	0	3	2
1	1	0	0

InRas3

=

3	3	3
2	1	0
3	2	0
1	2	3

OutRas



# Hodnoty splňující určitá kritéria

**Popularity** – pořadí n-tých výskytů – pozor na striktní pravidla počítání (NoData, všechny odlišné hodnoty, všechny stejné hodnoty).

Vstupní rastr určuje pořadí (popularitu) hodnot (**počet výskytů**).

**OutRas = Popularity(ValRas, [InRas1, InRas2, InRas3])**

2	2	2	2
2	2	2	2
2	2	2	2
2	2	2	2

ValRas

1	1	0	0
	1	2	2
4	0	0	2
4	0	1	1

InRas1

0	1	1	0
3	3	1	2
	0	0	2
3	2	1	0

InRas2

	1	0	0
2	0	3	3
0	0	3	2
1	1		0

InRas3

=

	1	1	0
			3
	0	3	2
			1

OutRas

# Hodnoty splňující určitá kritéria

- Rank Hodnoty vstupních rastrů jsou seřazeny podle buněk, výstupní hodnota pořadí je určena pomocným rastrem (**pořadí výskytů**).
- $OutRas = Rank(ConstRas, [InRas1, InRas2, InRas3])$

3	3	3	3
3	3	3	3
3	3	3	3
3	3	3	3

ConstRas

1	1	0	0
■	1	2	2
4	0	0	2
4	0	1	1

InRas1

0	1	1	0
3	3	1	2
■	0	0	2
3	2	1	0

InRas2

■	1	0	0
2	0	3	3
0	0	3	2
1	1	■	0

InRas3

=

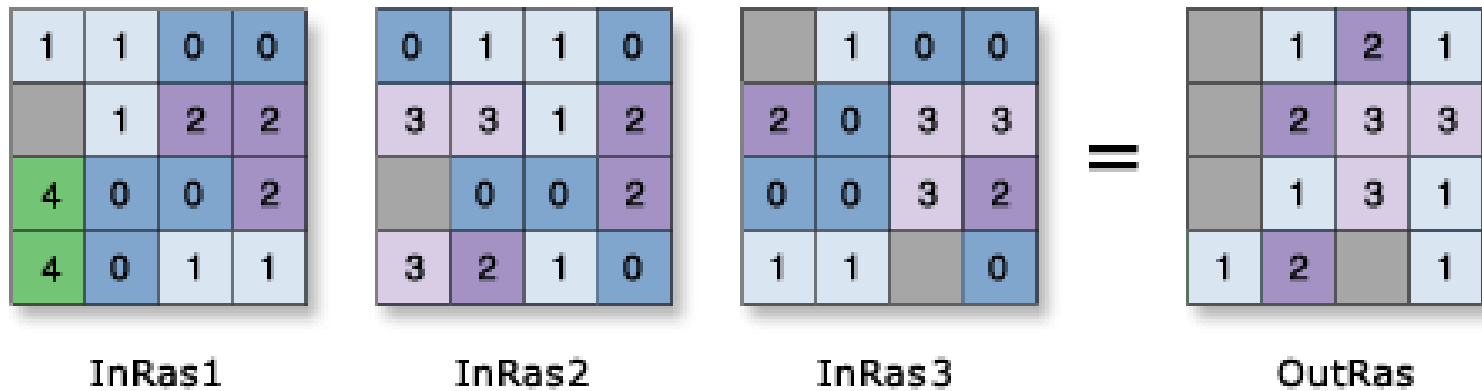
■	1	1	0
■	3	3	3
■	0	3	2
4	2	■	1

OutRas

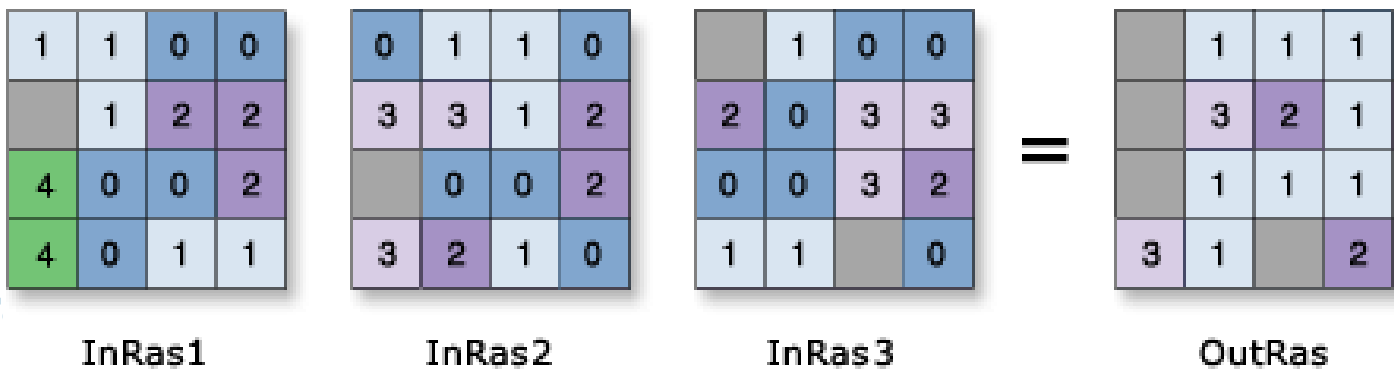


# Nalezení polohy splňující určitá kritéria.

- $OutRas = HighestPosition([InRas1, InRas2, InRas3])$



- $OutRas = LowestPosition([InRas1, InRas2, InRas3])$





# Výběr pomocí podmínky – conditional

- Kontroluje výsledné hodnoty na základě podmínek, které jsou aplikovány na vstupní hodnoty.
- Podmínky lze uplatnit na atributy či polohu buněk.
- Dotaz (podmínka) na atributy explicitně identifikuje všechny buňky, které jsou hodnoceny jako „True“.
- **True** buňkám jsou následně přiřazeny nové hodnoty (případně NoData).
- **False** buňkám jsou přiřazeny hodnoty podle podmínky.
- **Nástroje Con, Pick**

- **Provede podmíněčný výběr na základě požadavku a splnění podmínky.**
- $OutRas = Con(InRas1, 40, 30, "Value \geq 2")$


1	1	0	0
NoData	1	2	2
4	0	0	2
4	0	1	1

InRas1

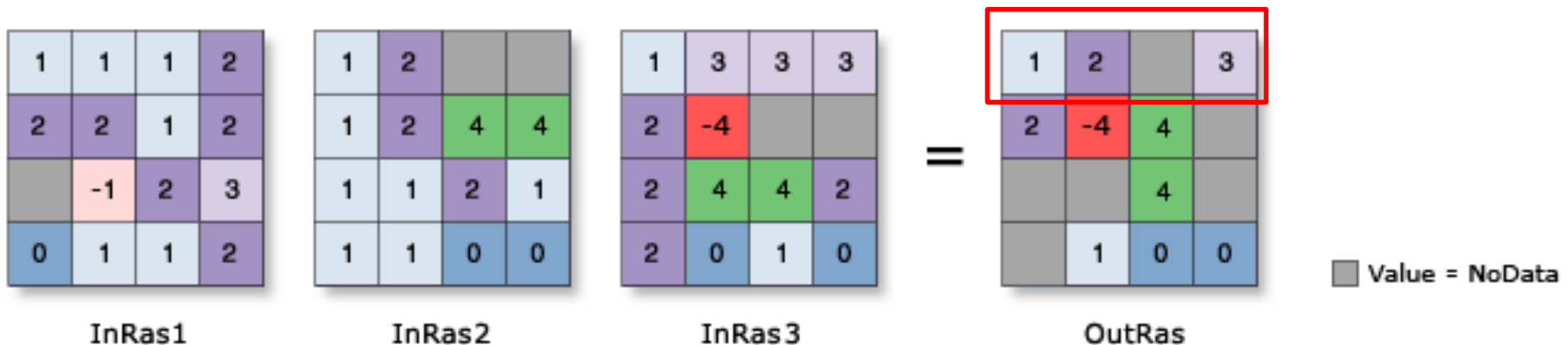
=

30	30	30	30
NoData	30	40	40
40	30	30	40
40	30	30	30

InRas2

 Value = NoData

- Hodnota z pozičního rastru je použita k určení toho, z jakého vstupního rastru má být použita hodnota pro výstupní rastr.
- $OutRas = Pick(InRas1, [InRas2, InRas3])$



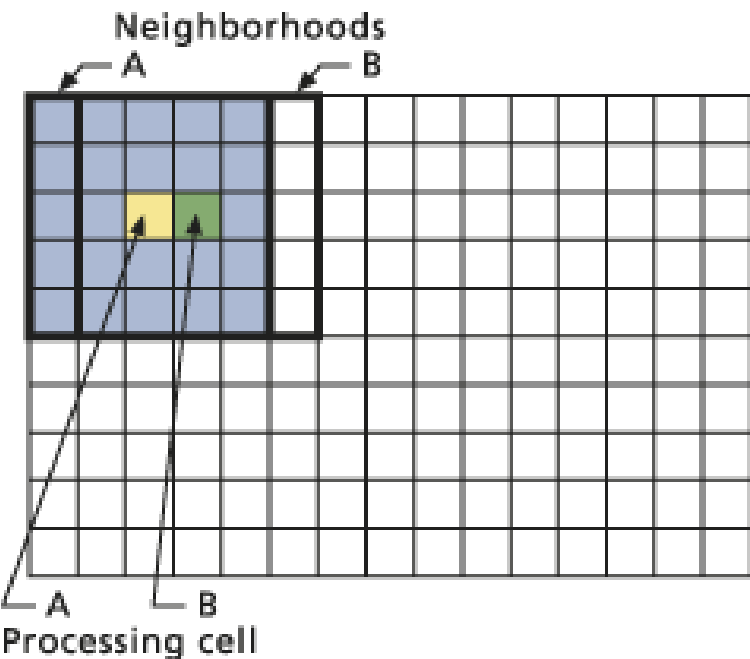


# Fokální funkce

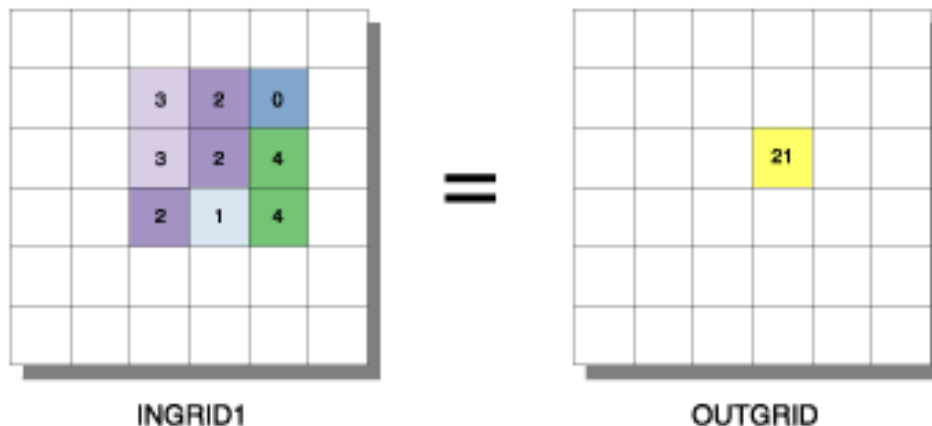
- **Fokální** - v definovaném okolí, nová hodnota vzniká z definovaného okolí buňky.
- **Fokální funkce** se dělí na **statistické funkce** a na **analýzy proudění**. Většinou se provádějí na okolí 3x3 sousedních buněk, ale systémy často umožňují definovat sousedské okolí podle uživatele.
  - – Ze **statistických funkcí** jde o stanovení např. aritmetického průměru v okolí, sumy, odchylky, min, max, rozpětí a další.
  - – U **analýz proudění** se počítá směr proudění (maximální gradient z hodnot dané buňky do okolních), rychlost proudění a další. Analýzy proudění jsou základem většího počtu dalších pokročilých analýz, jako jsou hydrologické analýzy, modelování eroze.



# Statistické funkce - zpracování



The Neighborhood Function on an Individual Neighborhood

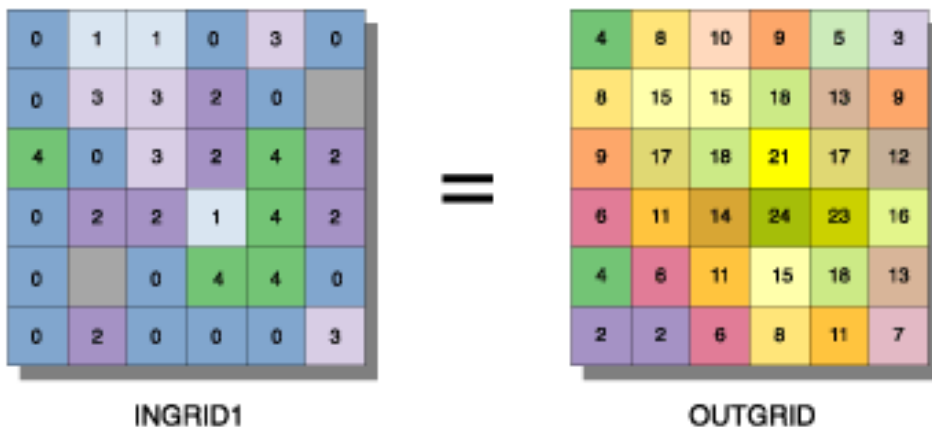


VALUE=NODATA

- focalSum (3x3)
- NoData ignorováno (pokud není všude).

Kartografické modelování

The Neighborhood Function on a Grid

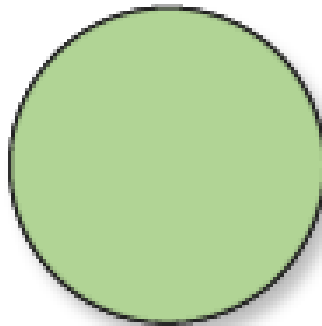


# Vyhledávací oblast

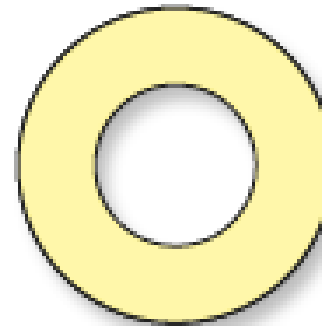
- **Různé tvary oblasti**



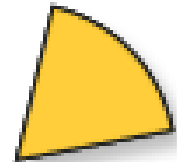
Rectangle



Circle



Annulus



Wedge

- **Možnost využití masky/kernelu a případných vah**

5	4			
1	1	1	0	0
0	0	1	1	1
0	0	1	1	1
1	1	1	0	0

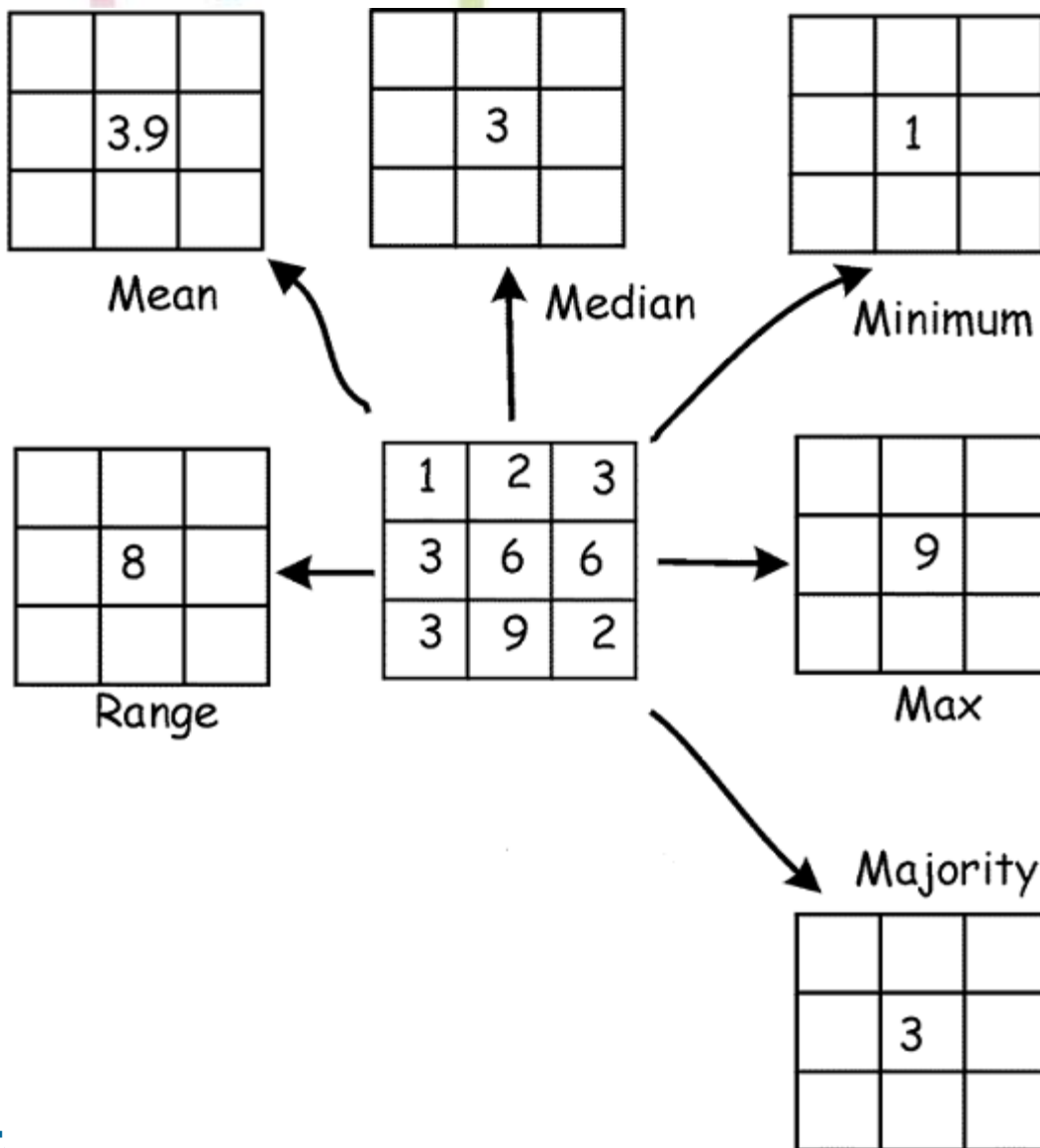
Irregular kernel

3	3	
0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

Weighted kernel



# Příklad fokálních statistických funkcí



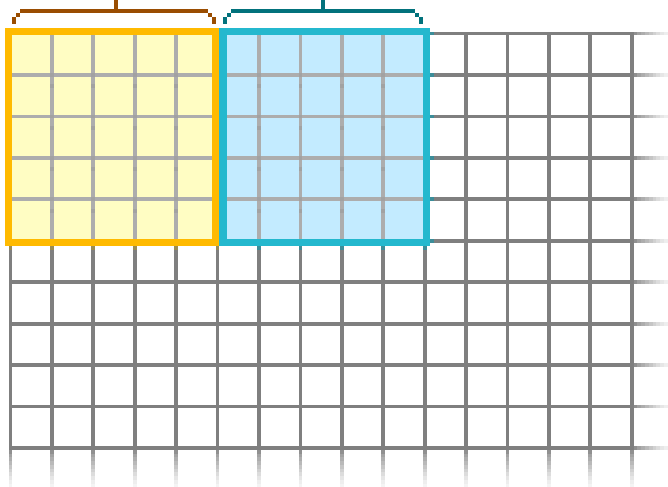
# Blokové operace

- **Nepřekrývající se okno**
- **Každá buňka ve vymezeném okolí dostane hodnotu získanou danou funkcí.**

Block neighborhoods

A

B



Block operation



# Příklad blokové operace

1	1	1	1	1	2	4	6	7
1	3	3	2	5	6	6	7	8
1	1	3	2	2	2	4	5	6
1	2	2	2	2	4	4	5	6
1	NoData	1	2	2	2	4	5	6
1	NoData	1	2	2	3	4	5	6
1	1	1	1	1	2	3	4	5
0	0	1	1	1	2	4	4	5
0	1	1	1	1	2	3	4	4

InRas1

=

3	3	3	6	6	6	8	8	8
3	3	3	6	6	6	8	8	8
3	3	3	6	6	6	8	8	8
2	2	2	4	4	4	6	6	6
2	2	2	4	4	4	6	6	6
2	2	2	4	4	4	6	6	6
1	1	1	2	2	2	5	5	5
1	1	1	2	2	2	5	5	5
1	1	1	2	2	2	5	5	5

OutRas

■ Value = NoData

$OutRas = BlockStatistics(InRas1, NbrRectangle(3,3,MAP), "MAXIMUM", "")$

Dostupné funkce: Mean, Maximum, Minimum, Range, STD, Sum.

Kartografické modelování



# Analýzy proudění – Focal Flow

- Využívá pohybující se okno 3x3 k určení toho, které okolní buňky proudí do centrální buňky.
- Buňka splňující tuto podmínku musí mít vyšší hodnotu, než centrální buňka.
- Pokud žádná buňka neproudí do středu = 0
- Hodnoty 1 – 128 (mocniny dvou).

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<sub>10</sub> bit values

Neighborhood cell positions

# Příklad

- **Porovnání hodnoty okolních buněk.**
- **Určení směru proudění a označení buněk.**
- **Výpočet hodnoty podle pozice.**

-5	11	3
6	9	15
10	8	8

- Processing cell
- Cells that flow into the processing cell

Evaluation for a single cell location

8	7	6	5	4	3	2	1
0	1	0	0	1	0	0	1

Bit positions mapped

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

	73	

Bit position	=	Base <sub>10</sub> value
7	=	64
4	=	8
1	=	1
		<hr/> 73

Base<sub>10</sub> bit values for the cell location = 73





# Užití FocalFlow

2	1	1
1	0	2
2	2	3

Input

	255	

Output for center processing cell

- $OutRas = FocalFlow(InRas1)$
- **Možnost užití prahové hodnoty (threshold)**

0	1	1	0	3	0
0	3	3	2	0	
4	0	3	2	4	2
0	2	2	1	4	2
0		0	4	4	0
0	2	0	0	0	3

InRas1

=

3	6	14	29	0	16
133	8	0	154	94	
0	215	0	51	0	24
65	160	66	247	0	56
130		233	0	0	116
1	0	144	192	97	32

OutRas

■ Value = NoData



# Pohyblivé okno a hranice rastru

Nedostatek dat pro výpočet hodnot na hranici rastru

- řešení: (a) **rozšíření studijní oblasti** ☺
- (b) **Pohyblivé okno a modifikace výpočetního algoritmu (kernel) v rozích (2x2; 1/4) a hranách (2x3; 1/6)**

Mean function kernels

corner

$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

margin

1/6	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$
1/6	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$

corner

$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

margin

1/6	1/6
$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$
1/6	1/6

main

1/9	1/9	1/9
1/9	$\frac{1}{9}$	1/9
1/9	1/9	1/9

margin

1/6	1/6
1/6	1/6
1/6	1/6

corner

$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

margin

1/6	1/6	1/6
1/6	$\frac{1}{6}$	1/6

corner

$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

example application, lower right corner

10	12	13	12	11
8	11	12	12	10
7	9	10	11	9
8	9	9	11	8
9	10	12	10	$8$

		$9\frac{1}{4}$

$$\frac{1}{4} \cdot 11 + \frac{1}{4} \cdot 8 + \frac{1}{4} \cdot 10 + \frac{1}{4} \cdot 8 = 9\frac{1}{4}$$

# Zonální funkce

**Zonální funkce** - na specifické oblasti, nová hodnota vzniká ze zóny definované v jiné vrstvě.

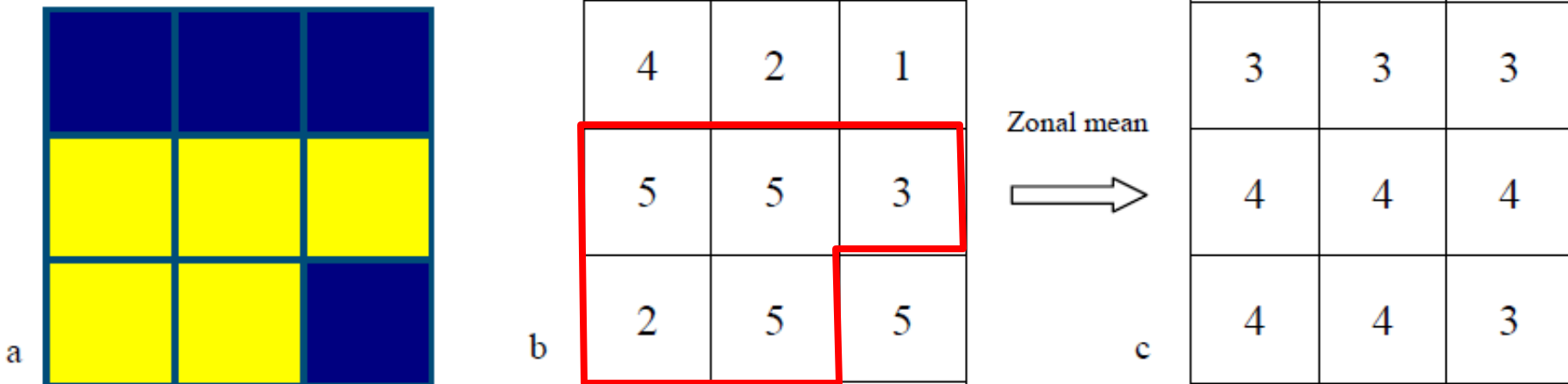
Možné rozdělit na statistické a geometrické (area).

- U statistických funkcí jde o **statistické zpracování hodnot analyzované informační vrstvy, které patří do zóny** definované v druhé informační vrstvě. Statistické funkce mohou být opět průměry, sumy, min, max.
- Mezi **geometrické funkce** patří např. **stanovení plochy, obvodu a dalších charakteristik každé zóny.**



# Statistické zonální funkce

- Výstupy mohou být rastr nebo tabulka
- Zóna může být definována tabulkou nebo rastrem
- Vstupní rastr je vždy jenom rastr.
- Fce - *area, minimum, maximum, range, mean, standard deviation, sum, variety, majority, minority a median.*





# Příklad – zonální směrodatná odchylka

*OutRas = ZonalStatistics (ZoneRas, "VALUE", ValRas, "STD")*

1	1	0	0
Value = NoData	1	2	2
4	0	0	2
4	0	1	1

ZoneRas

0	1	1	0
3	3	1	2
Value = NoData	0	0	2
3	2	1	0

ValRas

=

1.1	1.1	0.8	0.8
Value = NoData	1.1	0.5	0.5
0.0	0.8	0.8	0.5
0.0	0.8	1.1	1.1

OutRas

Value = NoData



# Zonální statistika jako tabulka


- Výstup ve formě tabulky
- `ZonalStatisticsAsTable (ZoneRas, "Value", ValRas, OutTable, "ALL")`

1	1	0	0
NoData	1	2	2
4	0	0	2
4	0	1	1

ZoneRas

0	1	1	0
3	3	1	2
NoData	0	0	2
3	2	1	0

ValRas

 Value = NoData

=  
K

Rowid	VALUE	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM	VARIETY	MAJORITY	MINORITY	MEDIAN
1	0	5	5	0	2	2	0.6	0.8	3	3	0	1	0
2	1	5	5	0	3	3	1	1.095	5	3	0	3	1
3	2	3	3	1	2	1	1.667	0.471	5	2	2	1	2
4	4	1	1	3	3	0	3	0	3	1	3	3	3

# Určete maximální a průměrný erozní potenciál pro jednotlivé kategorie sklonu svahu

## INPUT layers

### Zone layer

(with integer slope values)

2	2	3	3
1	2	2	3
1	1	2	2
0	1	1	2

Slope (degrees)

### Value raster layer

(tonnes/ha/yr)

10	14	30	32
5	15	17	28
6	6	16	20
1	5	8	22

Erosion potential map

Cell size = 30m

## OUTPUT table

Rowid	VALUE	MAX	MEAN
1	0	1.00	1.00
2	1	8.00	6.00
3	2	22.00	16.29
4	3	32.00	30.00

- The "VALUE" column contains the integer slope values.
- The "MAX" and "MEAN" columns contain the maximum and mean erosion potential rates for each integer slope value, respectively.
- Note that "zonal statistics as table" produces a lot of information and is not limited only to "MAX" and "MEAN" (see slide 25).

*Reference: ESRI*



# Zonální geometrické funkce

- Pro jednotlivé zóny vypočítává geometrické charakteristiky - plocha, obvod, tloušťka (nejnižší bod v zóně), centroid...
- Obvod – jak vnitřní, tak vnější hranice (polygon s otvorem), sčítání všech hran.
- *OutRas = ZonalGeometry (InRas1, "VALUE", "PERIMETER")*

1	1	0	0
■	1	2	2
4	0	0	2
4	0	1	1

=

14.0	14.0	14.0	14.0
■	14.0	8.0	8.0
6.0	14.0	14.0	8.0
6.0	14.0	14.0	14.0

■ Value = NoData

Ka

InRas1

OutRas





# Zonální geometrie jako tabulka

*ZonalGeometryAsTable(InRas1,"VALUE",Out\_Geom,1)*

1	1	0	0
	1	2	2
4	0	0	2
4	0	1	1

InRas

---

VALUE	AREA	PERIMETER	THICKNESS	XCENTROID	YCENTROID	MAJORAXIS	MINORAXIS	ORIENTATION
0	5.0	14.0	0.5	2.300	2.100	2.338	0.681	60.714
1	5.0	14.0	0.5	1.900	2.100	2.668	0.596	126.061
2	8.0	8.0	0.5	3.167	2.167	1.286	0.743	135.000
4	2.0	6.0	0.5	0.500	1.000	1.128	0.564	90.000

**Kartografické modelování**

# Najděte PLOCHU zastavěného území pro jednotlivé kategorie sklonu svahu

## INPUT layers

### Zone layer

(with integer slope values)

2	2	3	3
1	2	2	3
1	1	2	2
0	1	1	2

Slope (degrees)

Cell size = 30m

### Value raster layer

(1 = built-up/developed area)

	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	
1	1		

Built-up/developed area map

Value= No Data

## OUTPUT table

Rowid	VALUE	VALUE_1
1	0	900
2	1	3600
3	2	3600
4	3	2700

- The “VALUE” column contains the integer slope values.
- The “VALUE\_1” column contains the area (m<sup>2</sup>) of built-up/developed areas for each integer slope value.