VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | HORNICKO GEOLOGICKÁ FAKULTA | KATEDRA GEOINFORMATIKY

# Programování v GIS 1
# 9 - Algoritmy nad rastrovými daty

Michal Kačmařík

A924, tel.: 5512

e-mail: michal.kacmarik@vsb.cz

https://www.hgf.vsb.cz/548/cs/

# Rastrová data

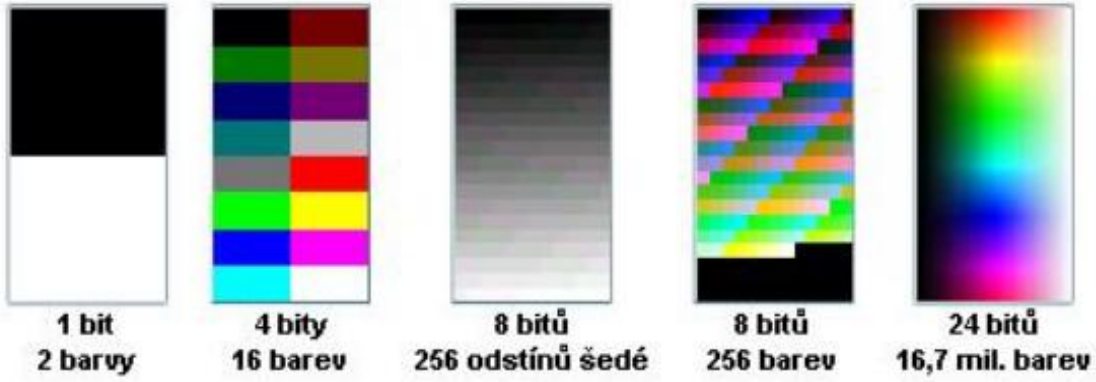
- *Rastrová data* jsou uložena do pravidelné mřížky (matice), nejčastěji má čtvercový tvar. Často se používá pojem "grid data".
- Buňku mřížky označujeme pojmem *pixel.*
- Nositelem informace v buňce je *číselná hodnota*. K této hodnotě lze přiřadit *textový popis.*
- Každý pixel má svůj řádkový a sloupcový index (dvourozměrné pole).
- Velikost pixelu určuje *prostorové rozlišení* rastrové mapy.
- Množství pixelů určuje velikost rastrového obrazu.

# Pixel

- Pixel – zkratka z anglického picture element (pel, px) představuje nejmenší jednotku (bezrozměrnou) v digitální rastrové (bitmapové) grafice.
- Jedná se o jeden bod obrázku nebo jeden bod na monitoru – (v případě např. fotografie – leteckého snímku - je zadán barvou RGB či CMYK)

# Bitová hloubka

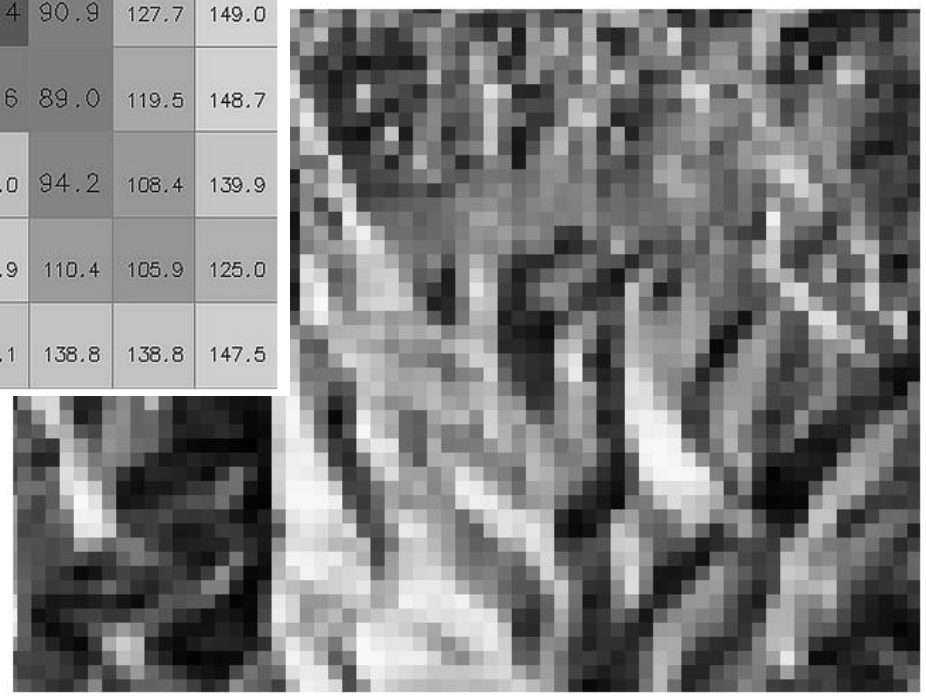
- Ovlivňuje, kolika různých hodnot může pixel nabývat
- Přímá úměra => čím více bitů => tím více hodnot (barev)
- Maximální podporovaná bitová hloubka je svázaná s datovým formátem (např. pro JPEG 8 bit na barevný kanál, pro TIFF 16 bit na kanál)




Obrázek převzat z Bayer, T.: Rastrové produkty Bentley

# Rastrová data

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 143.7 | 73.3 | 54.5 | 46.1 | 36.1 | 25.6 | 26.9 | 40.2 | 126.5 | 170.4 | 173.2 |
| 185.5 | 211.0 | 22.2 | 25.3 | 28.7 | 31.0 | 35.0 | 46.3 | 98.5 | 149.6 | 157.7 |
| 239.8 | 255.7 | 286.4 | 338.7 | 10.8 | 25.8 | 33.9 | 51.2 | 92.0 | 135.0 | 149.0 |
| 248.3 | 254.9 | 263.2 | 290.8 | 345.6 | 13.4 | 34.3 | 63.4 | 90.9 | 127.7 | 149.0 |
| 246.3 | 252.0 | 252.1 | 250.0 | 294.4 | 341.6 | 32.0 | 88.6 | 89.0 | 119.5 | 148.7 |
| 216.3 | 229.6 | 236.7 | 228.3 | 254.4 | 334.7 | 143.1 | 135.0 | 94.2 | 108.4 | 139.9 |
| 124.7 | 117.2 | 111.8 | 151.7 | 168.7 | 74.7 | 129.8 | 141.9 | 110.4 | 105.9 | 125.0 |
| 114.9 | 106.5 | 94.6 | 104.3 | 102.7 | 109.7 | 127.4 | 137.1 | 138.8 | 138.8 | 147.5 |



Obrázky převzaty z rastry.html#typy-rastrov-ch-map-v-grassu

# Rastrová data v GIS

- reprezentují nejčastěji spojité fenomény jako např.:
  - výškopis,
  - land use (využití půdy, typ povrchu),
  - průměrné úhrny srážek,
  - hustota zalidnění
  - atd.
- rastrové podklady z Dálkového průzkumu Země (DPZ), fotogrammetrie – letecké a družicové snímky
- naskenované (historické) mapy

# Informace o poloze dat (souřadnicový systém)

- georeferencování - proces umístění rastrového obrazu do souřadnicového systému

Informace o poloze může být uložena:

- přímo v rastru – většinou v hlavičce souboru GeoTiff (jediný soubor TIFF),
- v externím souboru – např. tzv. „world files“ (k samotnému TIFF přibude ještě jeden textový soubor s příponou TFW, k JPEG pak JGW, apod.)

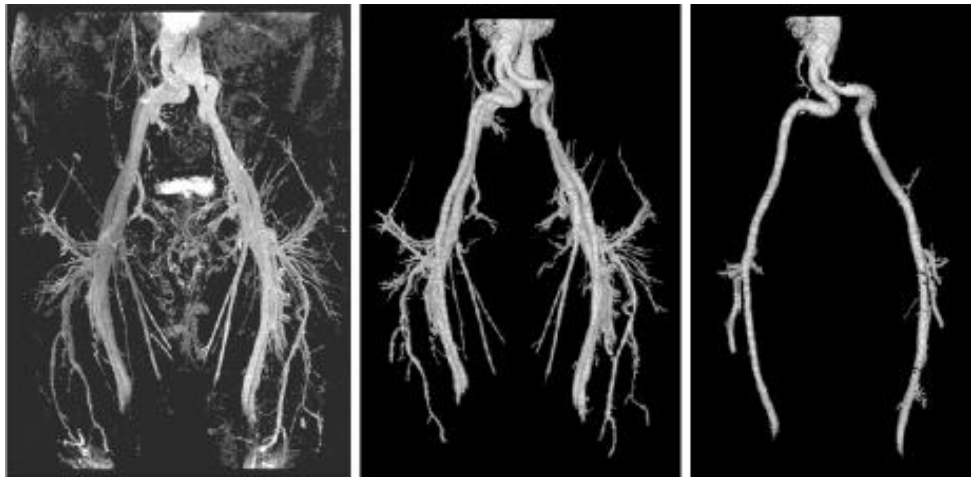
# Práce s rastrovými daty

- Statistické operace nad rastrem
- Reklasifikace
- Mapová algebra
- Transformace

- Analýzy nad DMR (viz daný předmět)

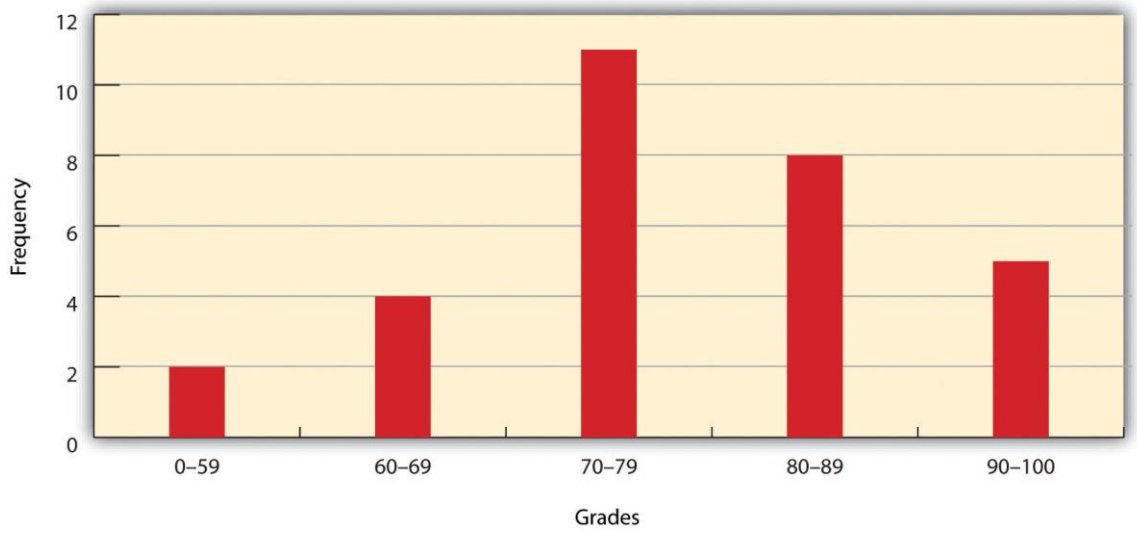
# Statistické operace nad rastrem

- Výpočet (základních) statistických ukazatelů:
  - průměr, medián, modus, kvartily, míry rozptylu, …
- Prahování
  - Upravuje hodnoty rastru dle zadané prahové hodnoty na hodnoty < práh a hodnoty > práh
  - Vytváří tak bitový rastr (0;1)

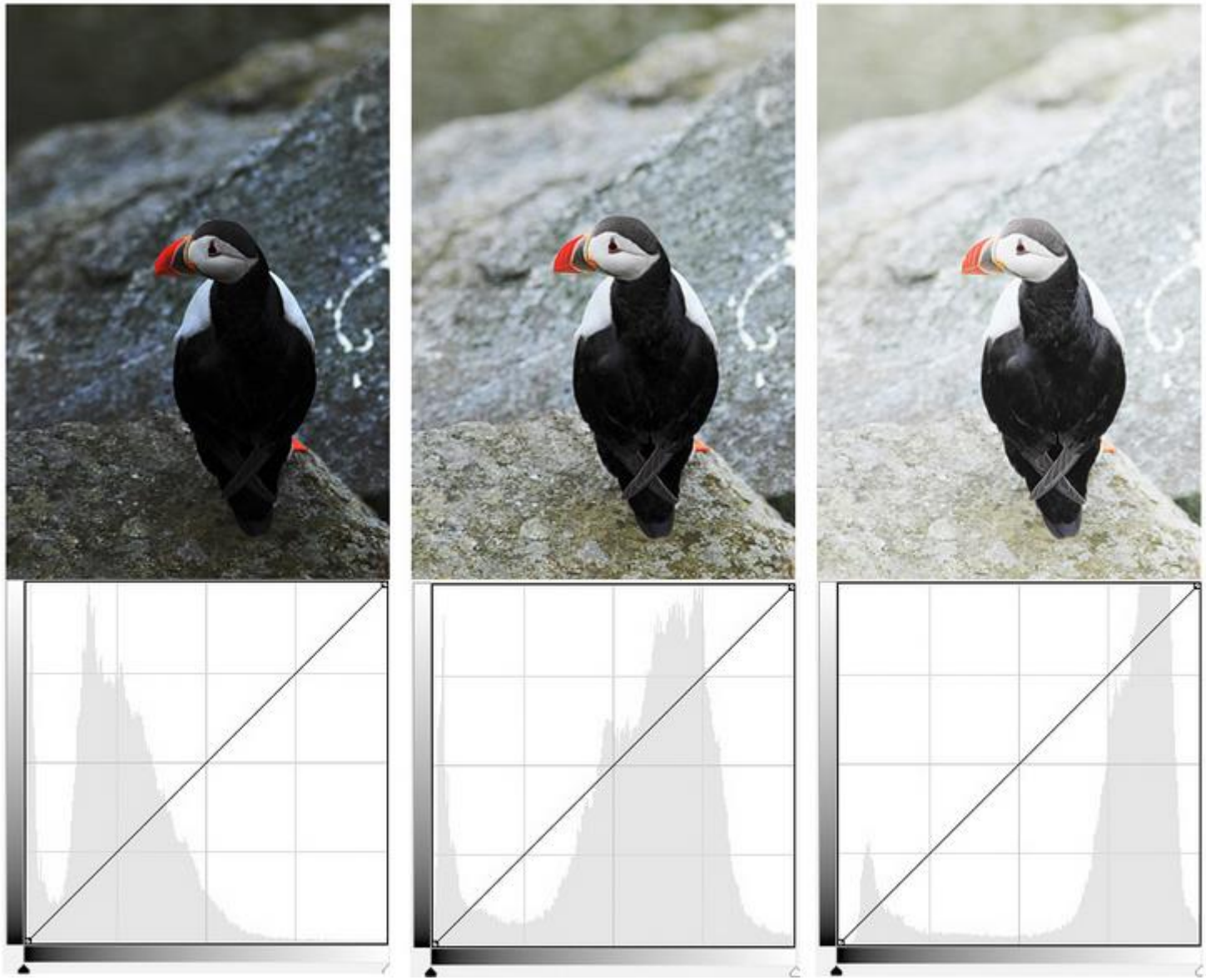


# Statistické operace nad rastrem

- Histogram
  - grafické znázornění distribuce dat (četnosti určitých hodnot) pomocí sloupcového grafu se sloupci stejné šířky
  - na ose x = kategorie jednotlivých hodnot
  - na ose y = četnost jednotlivých kategorií v rámci studovaného obrazu



# Histogram - fotografie



# Reklasifikace

- Proces, při kterém slučujeme hodnoty vstupního rastrového souboru do vybraných kategorií
- Počet výstupních kategorií je většinou nižší než počet unikátních hodnot vstupního rastru
- Příklad reklasikace vstupního DMR do čtyř výškových stupňů:

| vstup – nadmořská výška v m n. m. | výstup – hodnota | výstup – popis |
|---|---|---|
| 0 - 300 | 1 | nížiny |
| 300 - 800 | 2 | nízké vysočiny |
| 800 - 1 500 | 3 | střední vysočiny |
| 1 500 a více | 4 | vysoké vysočiny |

# Mapová algebra

- umožňuje kombinovat rastrové vrstvy pomocí různých matematických (logických) operací
- na vstupu je jedna či více rastrových vrstev
- na výstupu vždy vzniká nová rastrová vrstva jakožto výsledek operace

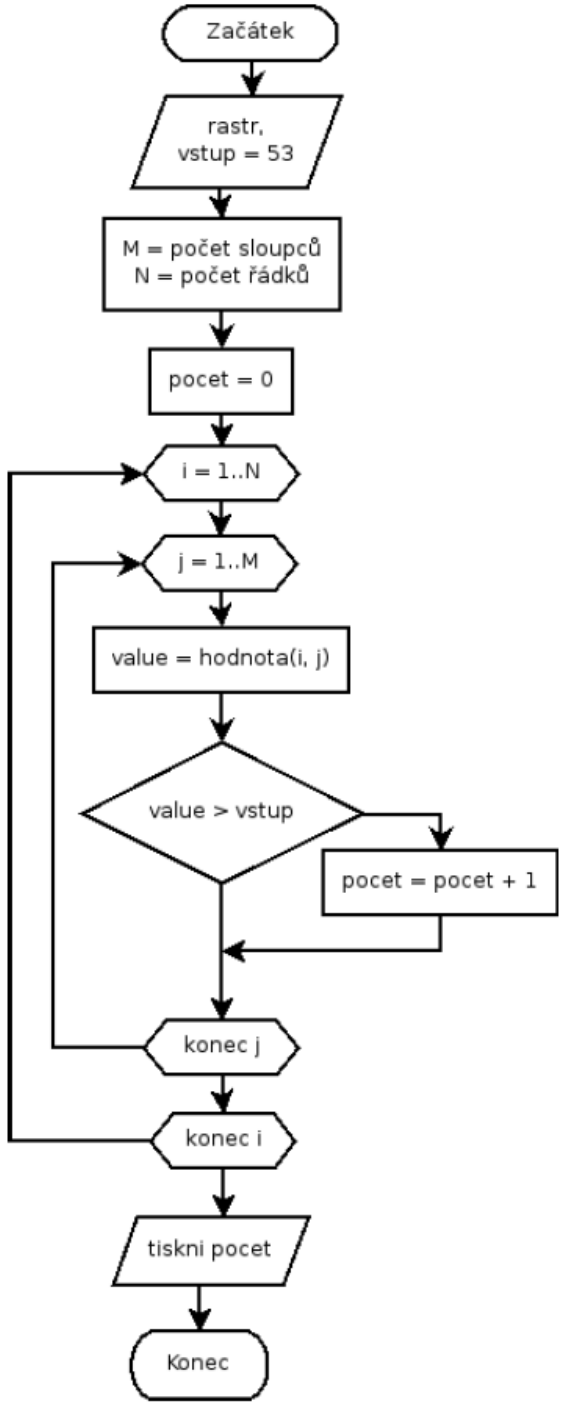
- možnost řetězit jednotlivé operace a jednoduše tak automatizovat komplexní úlohy (analýzy)

# Mapová algebra - operátory

- Matematické
  - +, -, *, /, >, <, = !=, …
- Logické
  - and, or, not, …

# Mapová algebra – příklad úlohy

- Zjistěte, kolik buněk rastru nabývá hodnoty < či > než zadaná hodnota (např. 53)



# Mapová algebra - funkce

**Lokální**

- na individuální buňce, nová hodnota vzniká z individuální buňky jedné nebo více vrstev

**Fokální**

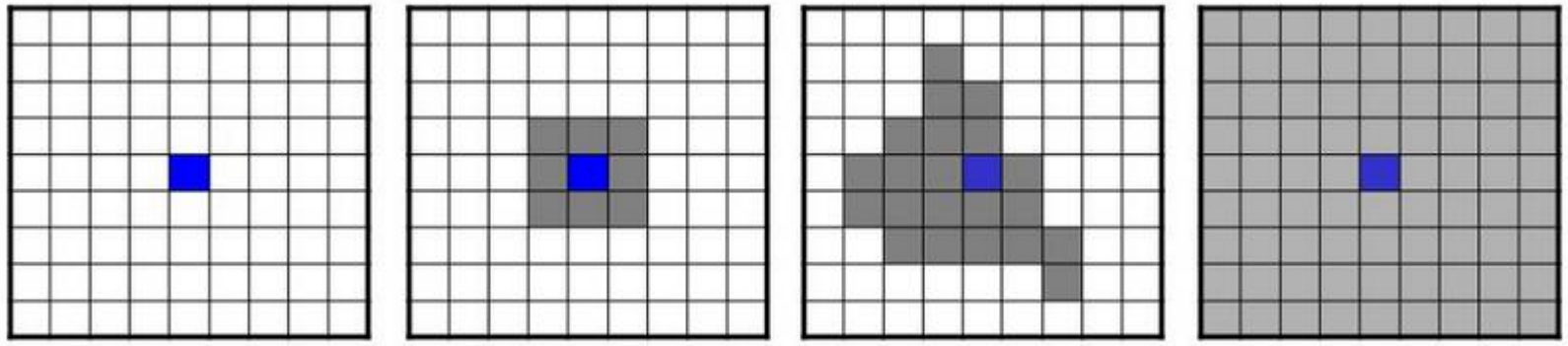
- v definovaném okolí, nová hodnota vzniká z definovaného okolí buňky

**Zonální**

- na specifické oblasti, nová hodnota vzniká ze zóny definované v jiné vrstvě

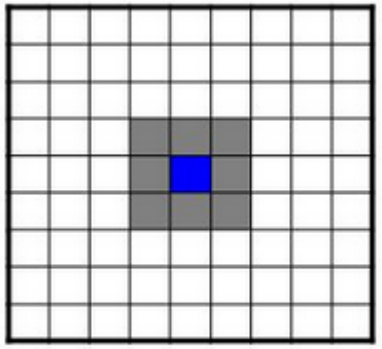
**Globální**

- používají se všechny buňky informační vrstvy



# Fokální funkce

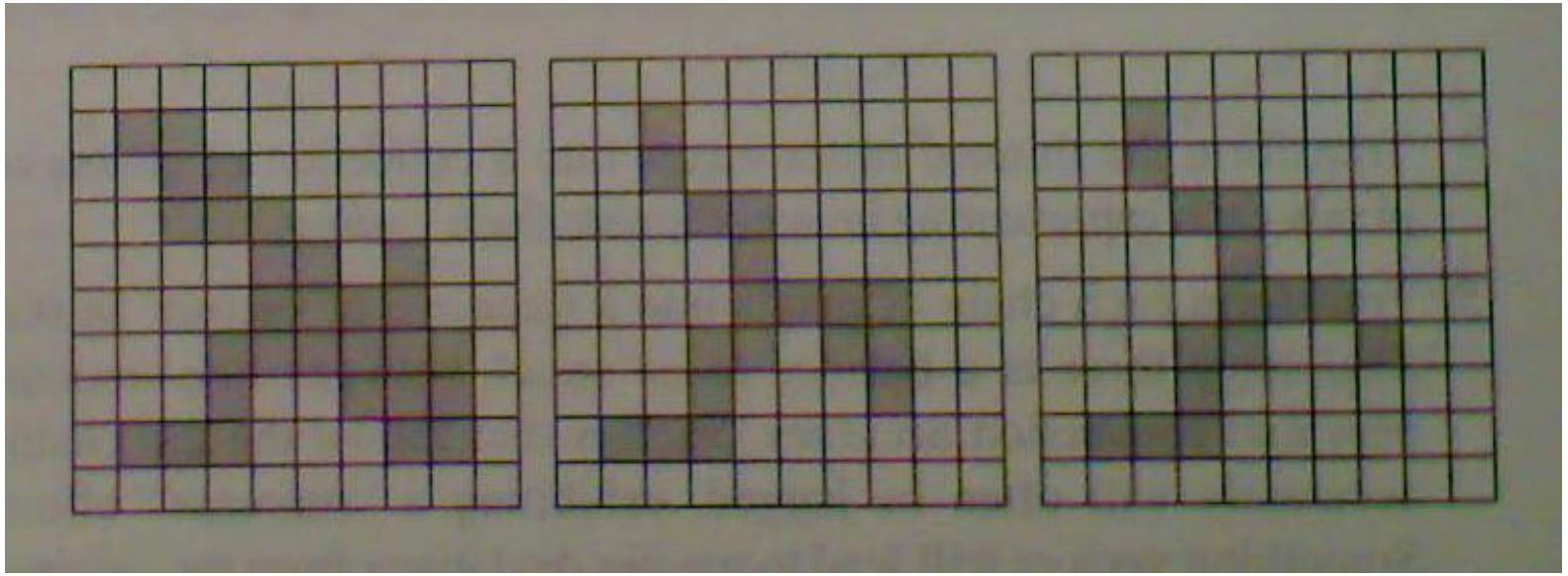
- Pracují s určitým definovaným okolím okolo zpracovávané buňky, typicky 3x3 pixely
- Příklady použití:
  - Filtrování obrazu (shlazování či zvýrazňování hran - linií)
  - Výpočet směru odtoku kapaliny (hydrologické analýzy)
  - Algoritmus eroze – ztenčování linií



Focal

# Algoritmus eroze

- Příklad: skenujeme rastr reprezentující katastrální mapu, tedy černobílou kresbu
- Výsledný sken reklasifikujeme na binární rastr s hodnotami 0 (bílá) a 1 (černá)
- Problém = některé hraniční linie nemají tloušťku pouze jednoho pixelu
- Chceme tedy takové linie ztenčit



# Algoritmus eroze

- pro každý pixel *p* reprezentuje hodnota *N(p)* celočíselný součet hodnot okolních buněk buňky *p*
- dále *pN, pS, pE, pW* odpovídají pixelům nad, pod, vpravo a vlevo od pixelu *p*
- *T(p)* reprezentuje počet přechodů z *0* na *1* při průchodu okolními buňkami ve směru hodinových ručiček

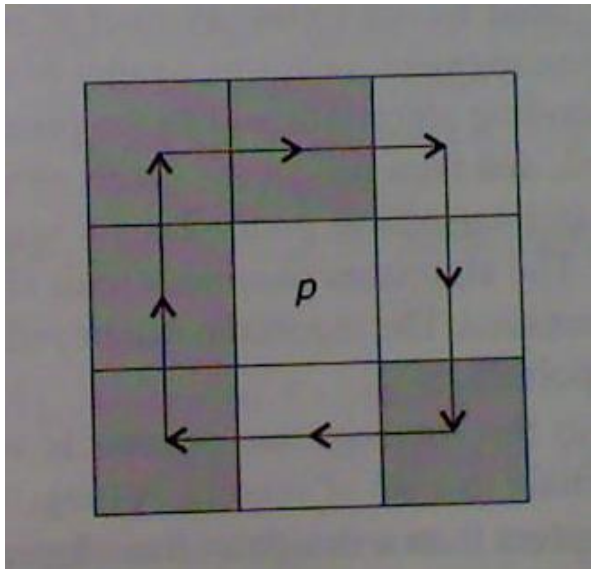
Pro obrázek vedle platí:

*N(p) = 5*

*pN = pW = 1*

*pS = pE = 0*

*T(p) = 2*



# Algoritmus eroze - princip

Krok 1:

Pro všechny pixely v rastru *p:*

pokud 2 <= *N(p)* <= 6 and *T(p)* == 1 and *pN*pS*pE* == 0 and *pN* pS* pE* == 0:

označ si pixel *p*

Krok 2:

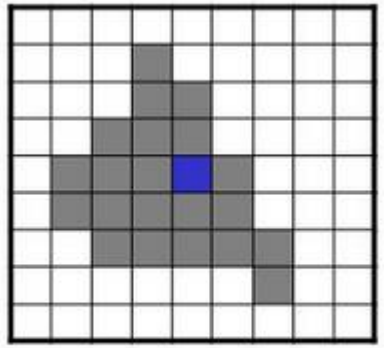
dokud počet označených pixelů *p* != 0:

nastav označeným pixelům *p* hodnotu na 0

opakuj krok 1

# Zonální funkce

- Zpracování hodnot části rastru vymezené zadanou oblastí z jiné rastrové či vektorové vrstvy
- Příklady použití:
  - výpočet statistických či geometrických (obvod, plocha) ukazatelů v dané části rastru
  - ořezání rastru dle zadaného polygonu



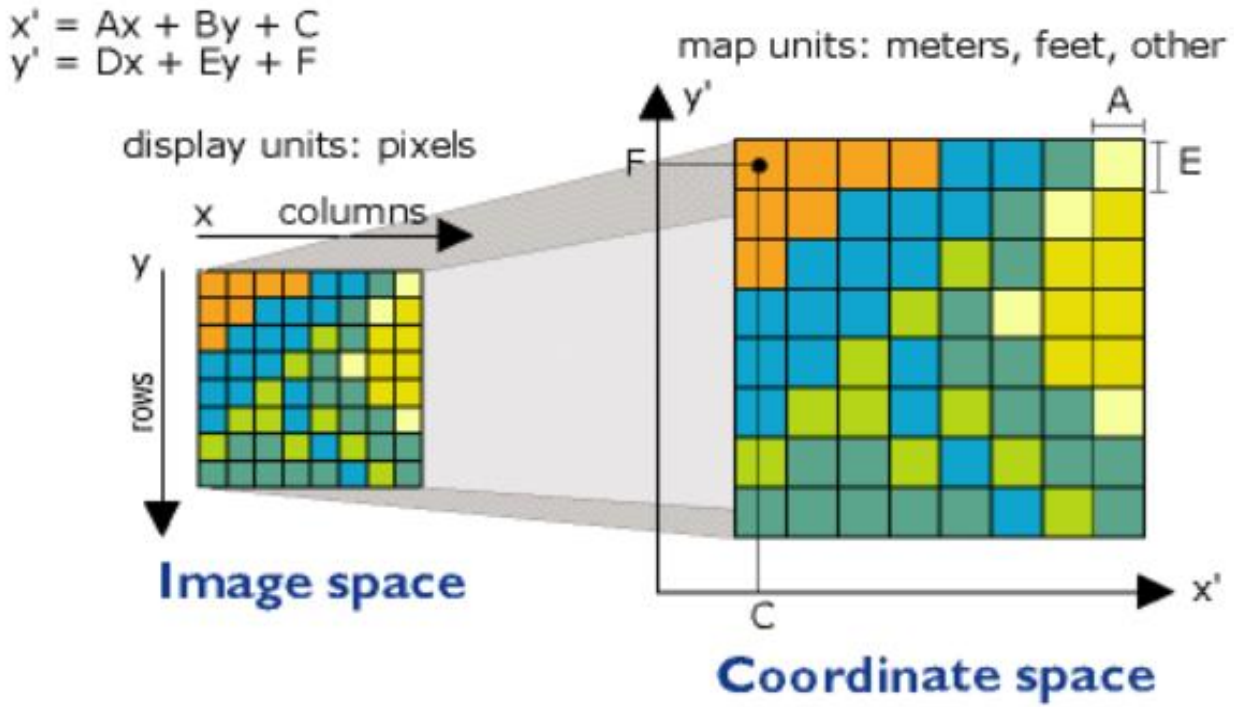
Zonal

# Transformace

- *Obrazové souřadnice* – poloha každé buňky je určena jejím indexem – pozicí buňky v rámci matice rastru ve vztahu ke vztažnému bodu (typicky levý horní roh)
- chybí tak připojení k souřadnicovému systému prostřednictvím vztažného bodu.
- reálné souřadnice rastru v kýženém souřadnicovém systému lze získat geometrickou transformací

# Obrazové versus reálné souřadnice

Souřadnice bodu v mapě – závisí na použitém souřadnicovém systému.



# Georeferencování rastru

Primární účel – převod rastru do požadovaného souřadnicového referenčního systému.

Následující informace mohou vylepšit výsledky procesu georeferencování:

1. informace o
    - původním použitém souřadnicovém referenčním systému
    - původních přesných rozměrech mapy
2. informace o
    - použitém rozlišení (v jednotkách DPI)
    - barevné hloubce rastrových dat

# Postup georeferencování

1. (určíme původně použitý souřadnicový referenční systém)
2. načteme rastrovou vrstvu, kterou chceme georeferencovat a jinou **podkladovou vrstvu**, v požadovaném souř. s. zobrazující stejné území jako rastr (např. ortofoto z WMS)
3. vyhledáváme a vybíráme **identické body** (jednoznačně určitelné body v rastru a podkladové vrstvě), dokud jejich počet a prostorové rozložení není dostatečné – ty poslouží k sestavení **transformačních rovnic**
4. transformujeme rastrový obraz mapy
5. uložíme informace o souřadnicovém umístění

# Transformace

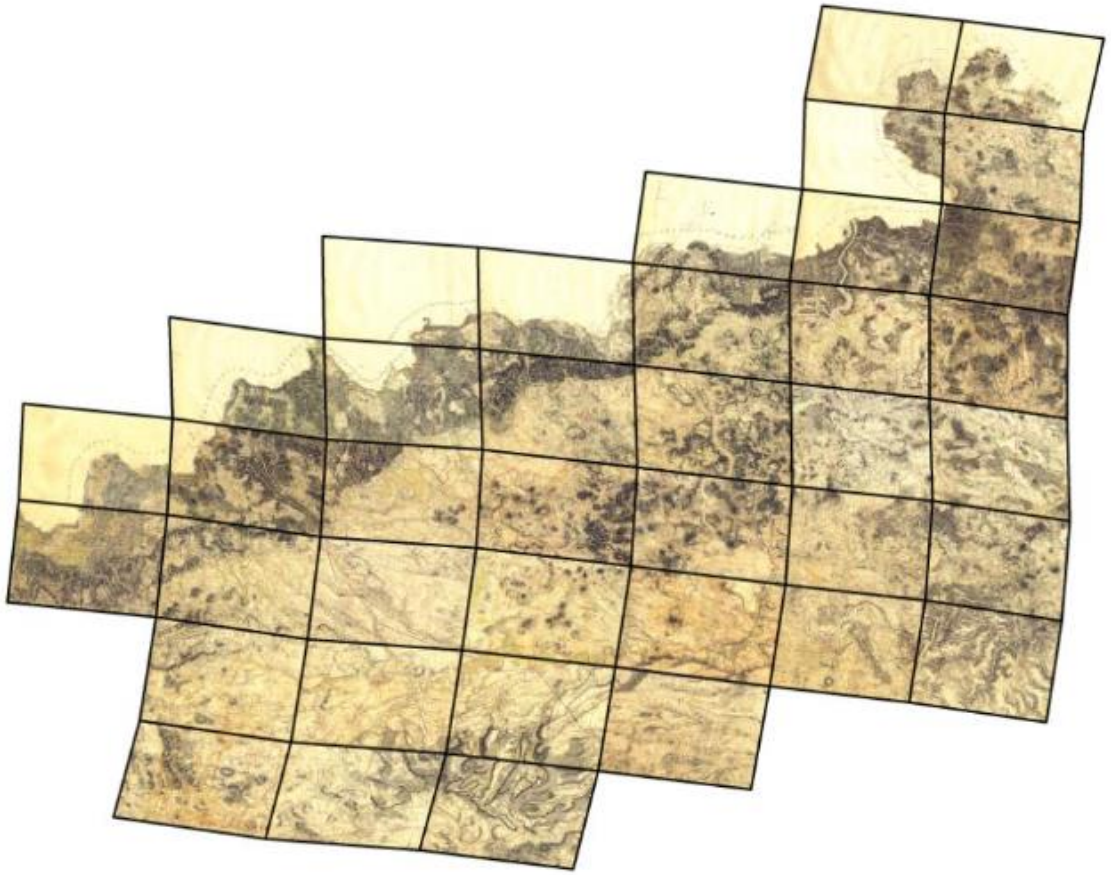
- Transformace souřadnic – přechod od jedné soustavy souřadnic ke druhé
- vztah mezi dvěma soustavami souřadnic zachycujeme pomocí transformačních rovnic (tzv. transformační klíč)
- Globální transformace = využíváme jednoho transformačního klíče pro celý rastr
- Lokální transformace, transformace po částech = rozděluje transformovanou oblast na menší celky, a pro každý dílčí celek je spočten vlastní transformační klíč

# Transformace

- řada možností vyžadujících různý počet identických bodů a využívajících různě složitých matematických aparátů:
  - Lineární konformní (minimálně 2 identické body)
  - Afinní transformace (polynom 1. řádu), výsledkem je „rovina“
  - Polynomy druhého a vyšších řádů, výsledkem jsou různě komplikované „zakřivené plochy“

# Afinní transformace

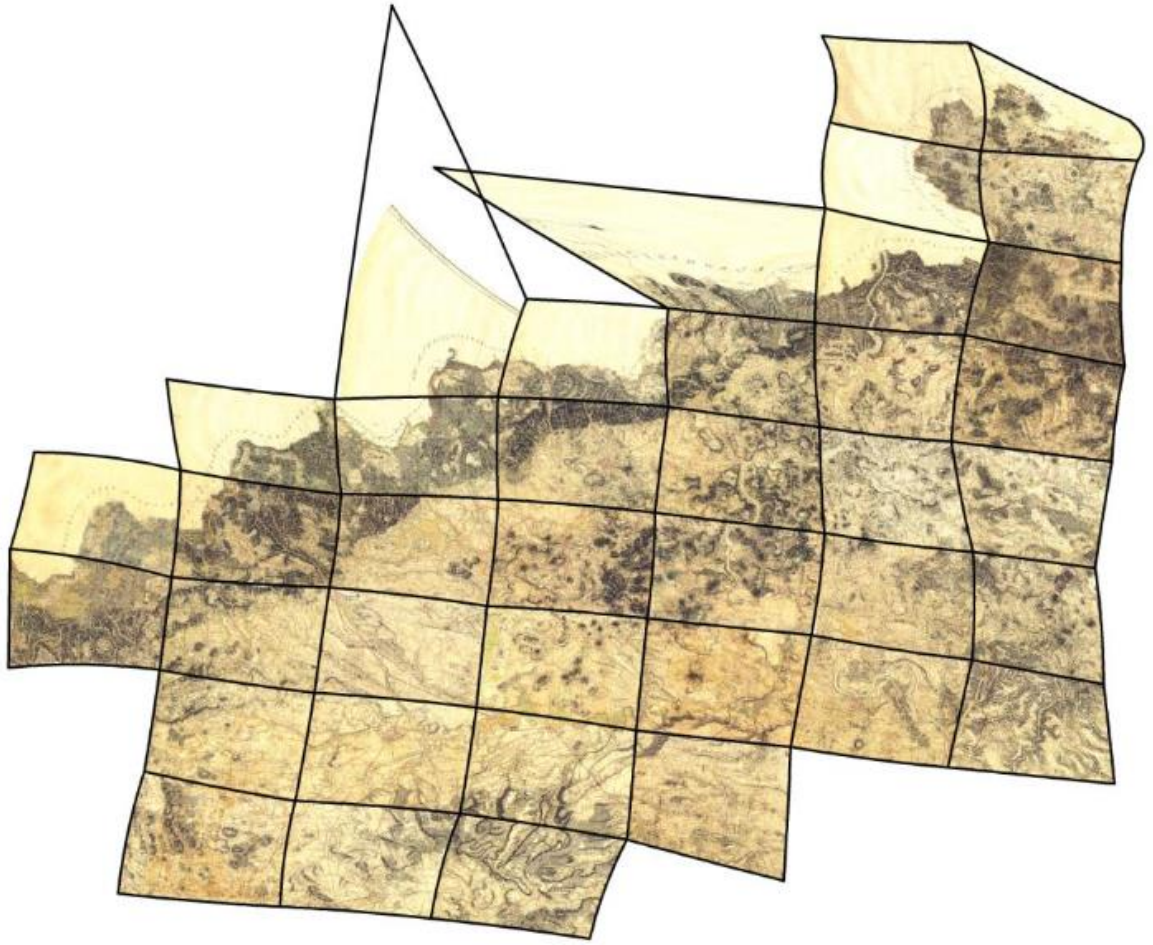
Georeferencovaná historická mapa Ústeckého kraje po aplikování metody s afinní transformací



Obrázek převzat z Cajthaml, J.: Jak georeferencovat staré mapy?

# Polynomiální transformace

Georeferencovaná historická mapa Ústeckého kraje po aplikování metody s polynomiální transformací



Obrázek převzat z Cajthaml, J.: Jak georeferencovat staré mapy?

# Afinní transformace

Definice

- rovinná transformace, při které přímky zůstávají přímkami a je zachována jejich rovnoběžnost,
- zachovává se dělící poměr délek i ploch
- transformace má různé měřítkové koeficienty ve směru souřadnicových os, alespoň jeden z koeficientů není roven 1

(Převzato z Terminologického slovníku zeměměřictví a katastru nemovitostí, http://www.vugtk.cz/slovnik/)

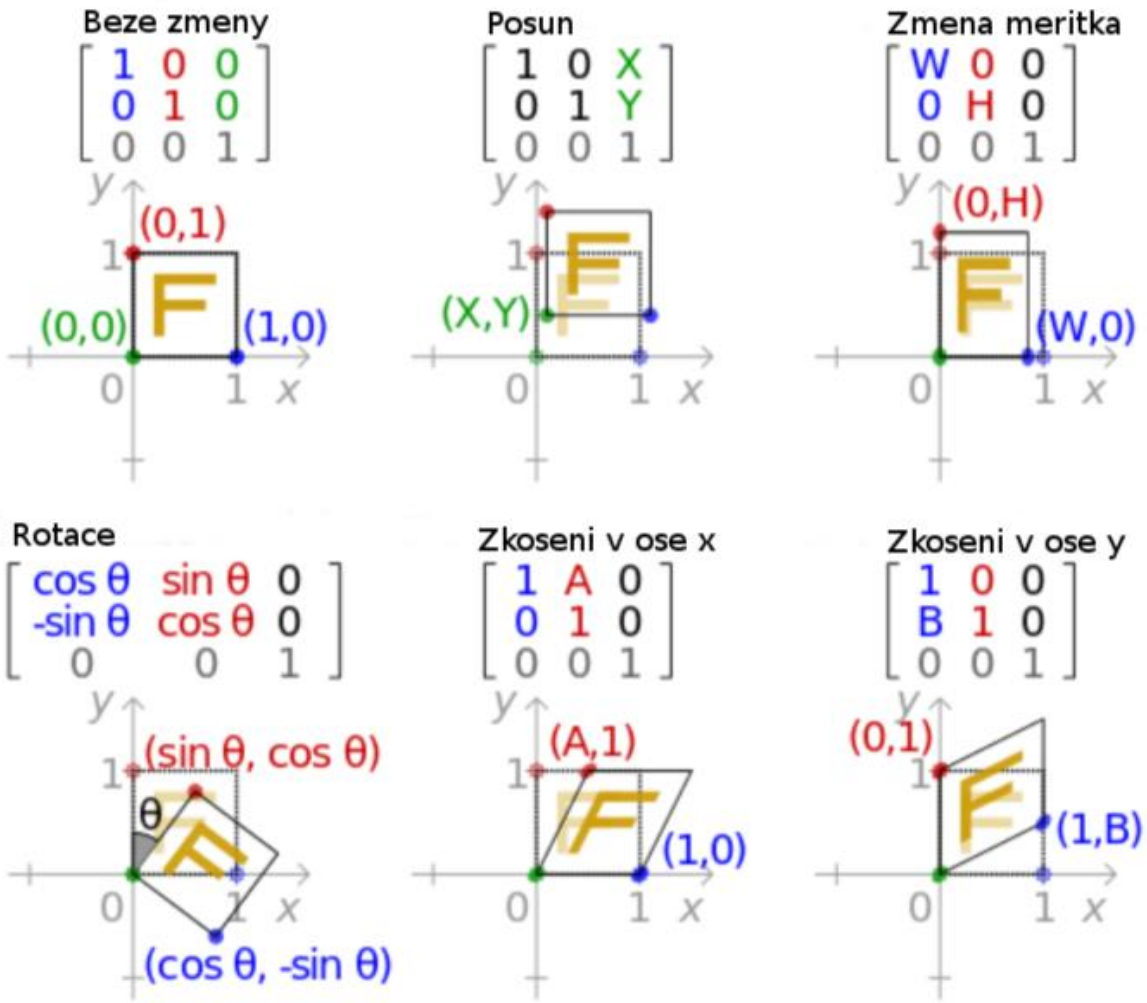
# Afinní transformace

Při afinní transformaci lze použít operace:

- posunutí (translace),
- otáčení (rotace),
- změna měřítka,
- zkosení,
- složené operace (z předešlých)

- !!!tyto operace nesouvisí pouze s afinní transformací, jsou to obecné operace nad rastry!!!

# Operace s rastry




Obrázek převzat z wiki/Affine_transformation

# Afinní transformace

- zápis pomocí matice
- bod se souřadnicemi (x, y) přejde při transformaci s touto maticí na bod se souřadnicemi (x‘, y‘)

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ax + by + c \\ dx + ey + f \\ 1 \end{pmatrix}$$

- přičemž:
  - a, e = parametry změny měřítka, zkosení
  - a, b, d, e = parametry rotace
  - c, f = parametry posunutí (v ose x, y)

# Literatura


- Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí, http://www.vugtk.cz/slovnik/
- Bayer, T.: Rastrové produkty Bentley
- Afinní prostory: https://math.feld.cvut.cz/ftp/kalous/bilin/prednasky/afinnipr.pdf
- Petr Olšák: Afinní transformace, http://petr.olsak.net/bilin/afinita-v2.pdf
- Cajthaml, J.: Jak georeferencovat staré mapy?, Kartografické listy, ISSN 1336-5274, sv. 21, 2013

# Děkuji za pozornost

**Michal Kačmařík**

**michal.kacmarik@vsb.cz**

**www.vsb.cz**