



Geometrické transformace obrazu a související témata

**9. přednáška
předmětu Zpracování obrazů**

**Martina Mudrová
2004**

Téma přednášky



O čem bude tato přednáška?

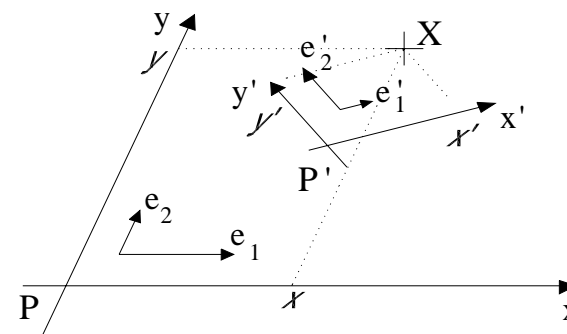
- Geometrické transformace obrazu
- Interpolace v obraze
- Prostorové transformace obrazu
- Warping a morphing
- Registrace obrazu

Základní geometrické transformace



- posunutí (translace)
- změna měřítka (scaling)
- otočení okolo počátku
- zkosení
- ...

Složitější operace jsou realizovány skládáním základních geom. transformací



Kartézský souřadnicový systém

$$(P, \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3)$$

$\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$... lineárně nezávislé,
... vzájemně kolmé

Afinní souřadnicový systém

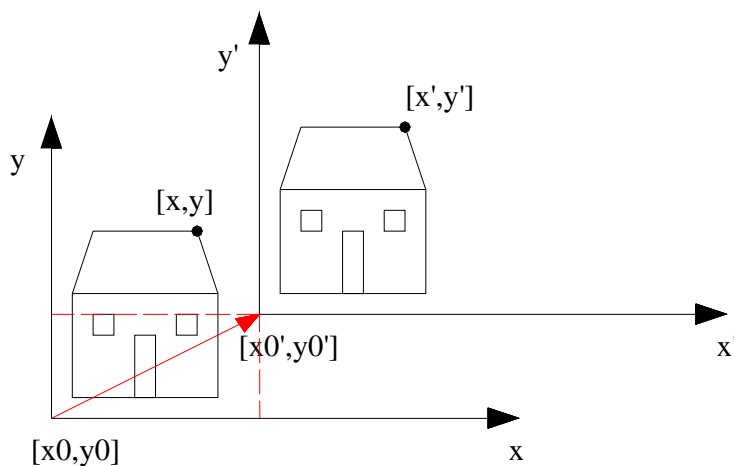
$$(P, \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3)$$

$\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$... lineárně nezávislé

Posunutí obrazu

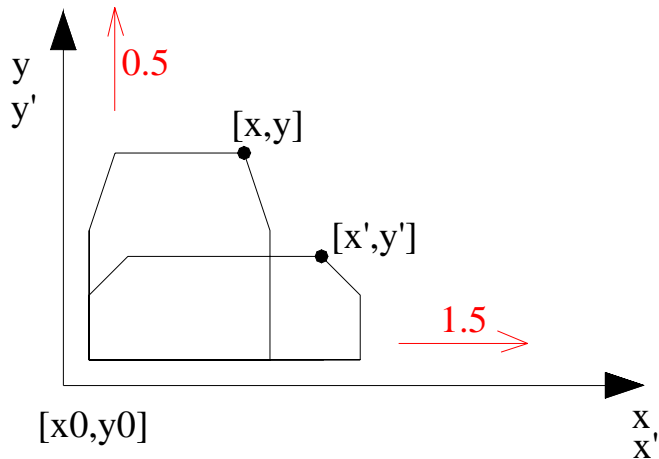


- nejjednodušší geom. transformace
- $[x,y]$...souřadnice pixelu



$$\begin{aligned}x' &= x + x0' \\ y' &= y + y0'\end{aligned}$$

Změna měřítka (Zoom) (1)



s_x ... koeficient změny měřítka v x-ovém směru

s_y ... koeficient změny měřítka v y-ovém směru

$$\begin{aligned} x' &= x \cdot s_x \\ y' &= y \cdot s_y \end{aligned}$$

$0 < |s| < 1$... kontrakce

$|s| > 1$... dilatace

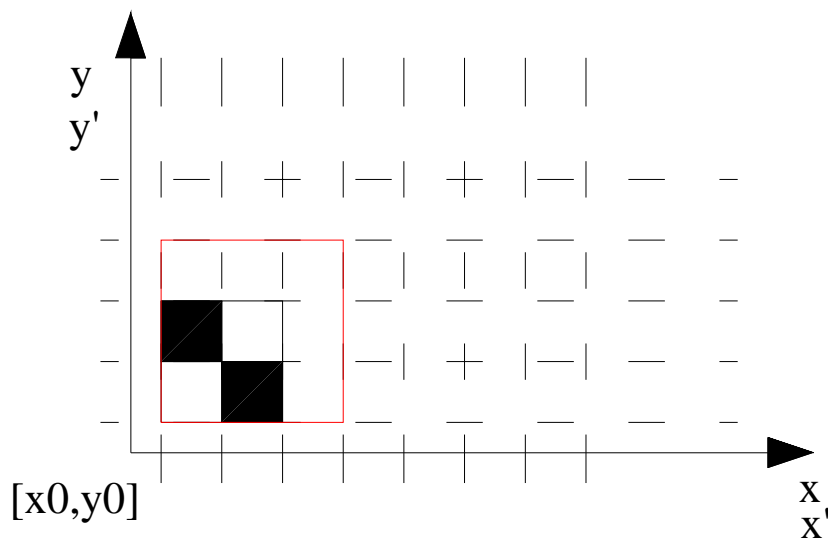
$s < 0$... překlopení

- Změna měřítka mění velikost obrazu !!
- = převzorkování obrazu

Změna měřítka (Zoom) (2)

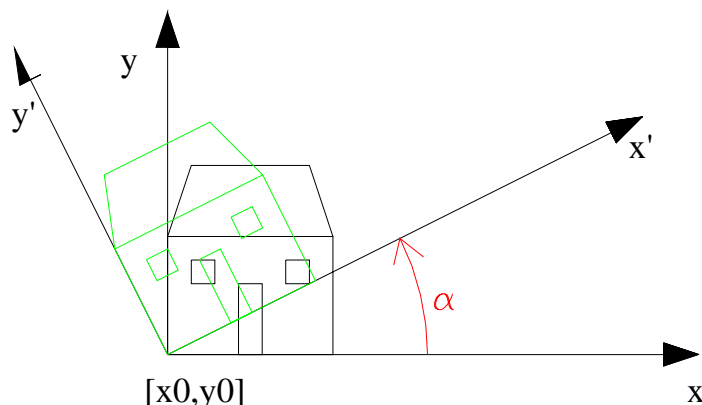


Co když koeficienty $s_{x,y}$ nejsou celá čísla?



- Nutné použití vhodné interpolační metody !!

Otočení obrázku kolem počátku

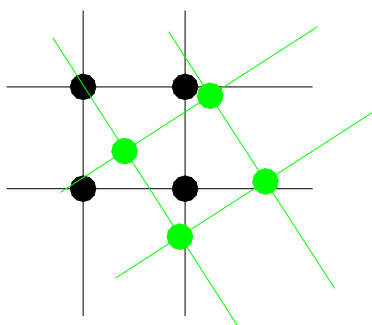


$$\begin{aligned}x' &= x \cdot \cos(\alpha) - y \cdot \sin(\alpha) \\ y' &= x \cdot \sin(\alpha) + y \cdot \cos(\alpha)\end{aligned}$$

Otočení okolo bodu $[X, Y]$:

-Složení posunutí a
otočení okolo počátku:

$$\begin{aligned}x' &= X + (x - X) \cdot \cos(\alpha) - (y - Y) \cdot \sin(\alpha) \\ y' &= Y + (x - X) \cdot \sin(\alpha) + (y - Y) \cdot \cos(\alpha)\end{aligned}$$

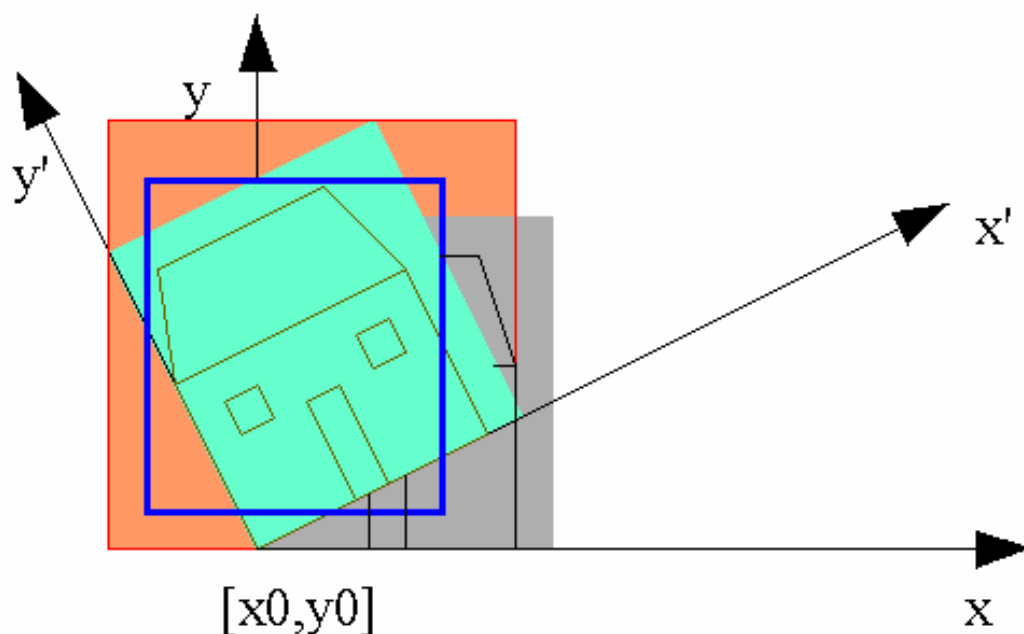


Pixely se nemapují přesně do pozice jiných pixelů -> nutná interpolace!!

Otočení obrazu



Ale i nový obrázek musí být obdélník, jak se řeší rozměry (velikost) obrazu?



1. Ořezání původního obrazu na původní velikost (v pixelech)



2. Zvětšení rozměrů obrázku podle výsledku, tak aby byl otočený obraz úplný, okolní oblast se vyplní zvolenou barvou



Příkazy Matlabu pro základní geometrické transformace



`imresize`

`imrotate`

Interpolační metody v obraze



- Používají se pro výpočet hodnot obraz. funkce v „neměřených“ souřadnicích

Vstup: -body $A, B, C, \dots A(a_0, a_1), B(b_0, b_1), \dots$,

se známými hodnotami obrazové funkce $h(A), h(B), \dots$

- souřadnice $[i, j]$ bodu Q , ve kterém chceme znát hodnotu obr. funkce h

Výstup: $h(Q)$

$h \dots$ hodnoty stupně šedi v případě intenzitního obrazu

3 funkce – složky R, G, B

Nejběžnější interpolační metody:

- metoda nejbližšího souseda
- bilineární interpolace
- bikubická interpolace
- spline interpolace

Metoda nejbližšího souseda



- hodnota neznámé obr. funkce daného pixelu je nahrazena hodnotou obr. Funkce nejbližšího známého pixelu

= interpolace 0-tého řádu

- velmi hrubá, **ale:**
- použitelná pro všechny typy obrazů
- jediná metoda, kterou je možno použít pro indexové a černobílé obrazy

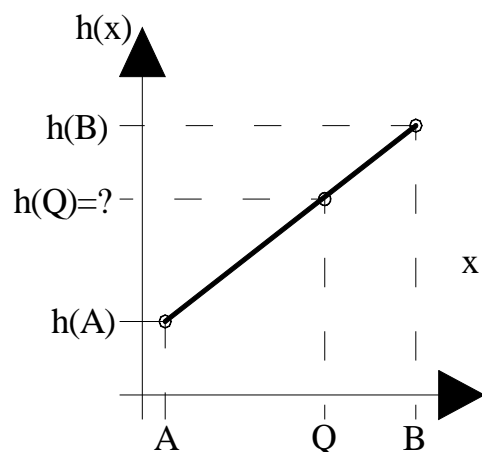


Bilineární Interpolace

Jaký je rozdíl mezi bilineární a lineární interpolací?

Bi-lineární znamená dvojí aplikaci stejného principu

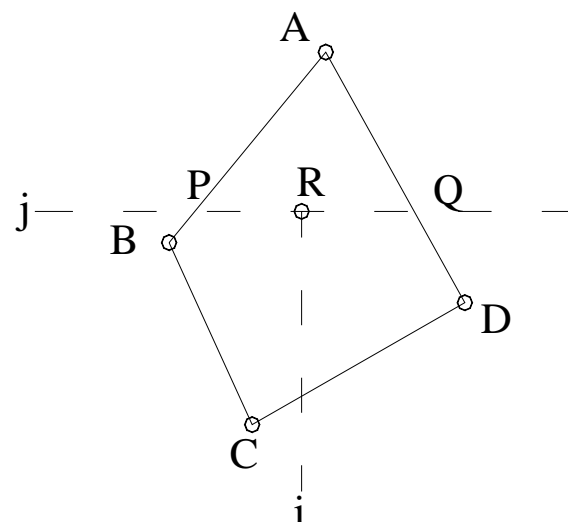
Linear interpolation



$$h(Q) = h(A) + (h(B) - h(A)) \cdot \frac{Q - A}{B - A}$$

= interpolace prvního řádu

Bilinear interpolation



Interpolace vyšších řádů



-Bikubická, spline interpolace:

- užití polynomů 3. stupně místo lineární funkce
- vyžadují vyšší počet okolních bodů
- vyšší výpočetní nároky

Použití 2D interpolačních metod



Co se stane při použití nevhodné interpolační metody?

Například:

1. Otočení BW obrazu při použití bikubické interpolační m. → ztráta ostrosti
2. Změna velikosti indexovaného obrazu (s paletou) → barevné nesmysly

Jaká metoda je nejvhodnější pro obrázky s vysokým barevným rozlišením?

- Vždy záleží na charakteru a vlastnostech obrazu

Interpolační metody jsou také jednoduchým nástrojem pro rekonstrukci poškozeného obrazu – s chybějícími částmi

Jaké jsou další možnosti rekonstrukce takového obrazu?

- Metody modelování a predikce signálů ve 2D – AR modely, neuronové sítě, ...

Příkazy Matlabu pro 2D interpolaci



`griddata`

`meshgrid`

`(interp2)`

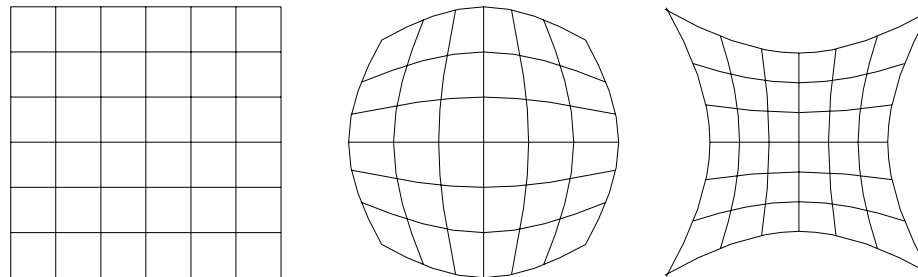
Prostorové transformace



= pokročilé metody geometrických transformací

- použití: odstranění deformací obrazu způsobených
 - použitím různých optických systémů (čočky)
 - snímáním obrazů z různých pozic pozorovatele
 - projekcí prostorových 3D objektů do 2D prostoru (letecké snímky, snímky povrch Země,...)
- ...

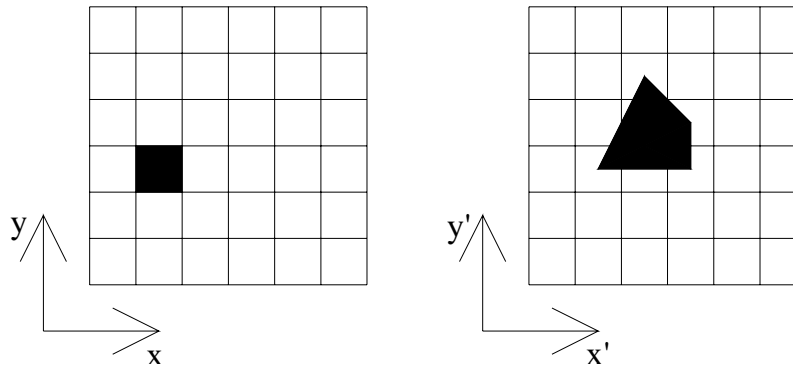
Příklady deformace obrazu:



Princip registrace obrazu



- aplikace v případě, že jsou pixely z nějakého důvodu (viz předchozí slide) posunuty ze své správné pozice:



- Cíl registrace obrazu: Geometrická rekonstrukce
= nalezení takové transformace (včetně jejích parametrů), která vede z daného souřadnicového systému do správného

$$x' = T_x(x, y) \quad \text{Např.:}$$

$$y' = T_y(x, y)$$

$$x' = c_1x + c_2y + c_3xy + c_4$$

$$y' = c_5x + c_6y + c_7xy + c_8$$

Metody mapování obrazu



Dopředné mapování:

- procházíme pixely vstupního obrazu A a nacházíme jejich souřadnice ve výstupním obrazu B podle nalezené transformace
- Nutné použití vhodné interpolační metody pro doplnění chybějících částí

Zpětné mapování:

- procházíme souřadnice výstupního obrazu B a hledáme odpovídající body ve vstupním obraze A



Běžné prostorové transformace obrazu

**Jaké jsou nejčastější prostorové transformace obrazu?
Jaké mají vlastnosti?**

- **Lineární konformační**
(posunutí, otočení, změna měřítka)
 - přímé čáry zůstávají přímé, rovnoběžky zůstávají rovnoběžkami, velikost úhlu je zachována
- **Afinní**
(zkosení)
 - přímky zůstávají přímkami, rovnoběžky rovnoběžkami, úhly se mění
- **Projektivní**
 - přímky zůstávají přímkami, rovnoběžky se mění v různoběžky
- **Polynomické**
 - nový systém je popsán křivkami (polynomy 2., 3. nebo vyšších řádů)
- ...

Odhad parametrů transformace



Jakým způsobem se odhadují parametry zvolené transformace?

- Parametry c_1, c_2, \dots Mohou být určeny z transformace známých bodů z A do B
 - **páry řídicích bodů** použitím vhodného kritéria (MNČ)

Např:

Základní (based) image ... obraz, o němž předpokládáme, že je správný (B)
Vstupní obraz ... Měněný obraz A

Související pojmy

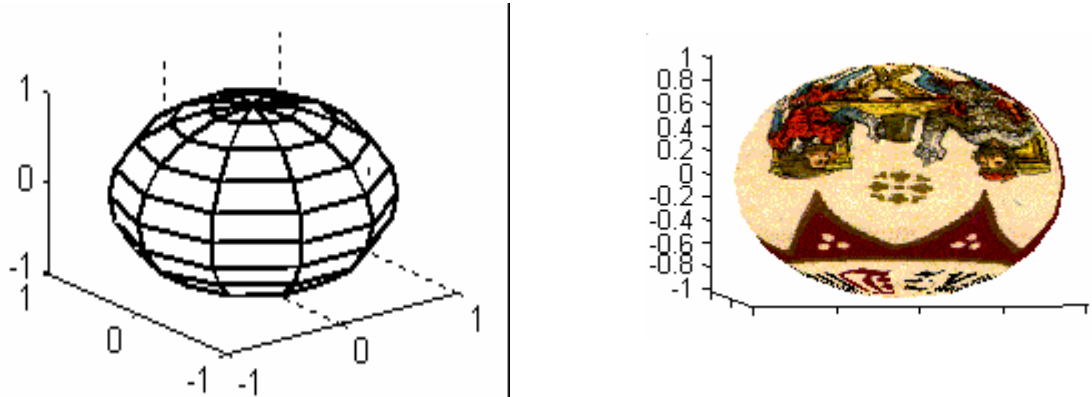


Warping

„obraz je natištěn na listu gummy“

- Obraz je vykreslen na 3D mřížce promítnuté do 2D, stejný způsob změny mřížky je aplikován na každou část textury
- Změnou prostorového 3D objektu se mění obraz

Příkaz Matlabu `warp`



Morphing

- Zahrnuje (alespoň) 2 kroky warpingu s hladkou (spline) interpolací between initial and the resulting image
- Je „animovaným warpingem“

-Použití především ve filmových efektech



Algoritmus registrace obrazu v Matlabu

Cíl: Registrace vstupního (input) obrazu podle základního (base) obrazu

Algoritmus a příkazy Matlabu:

1. Načtení vstupního i základního obrazu (`imread`)
2. Výběr párů řídicích bodů (`cpselect`) a jejich uložení v prostředí Matlabu
3. Upřesnění párů řídicích bodů použitím korelační analýzy (`cpcorr`)
4. Výpočet parametrů zvolené transformace a její aplikace (`cp2tform`, `imtransform`)