



Konkrétní metody deformace obrazu

© 1998-2011 Josef Pelikán
CGG MFF UK Praha

pepca@cgg.mff.cuni.cz

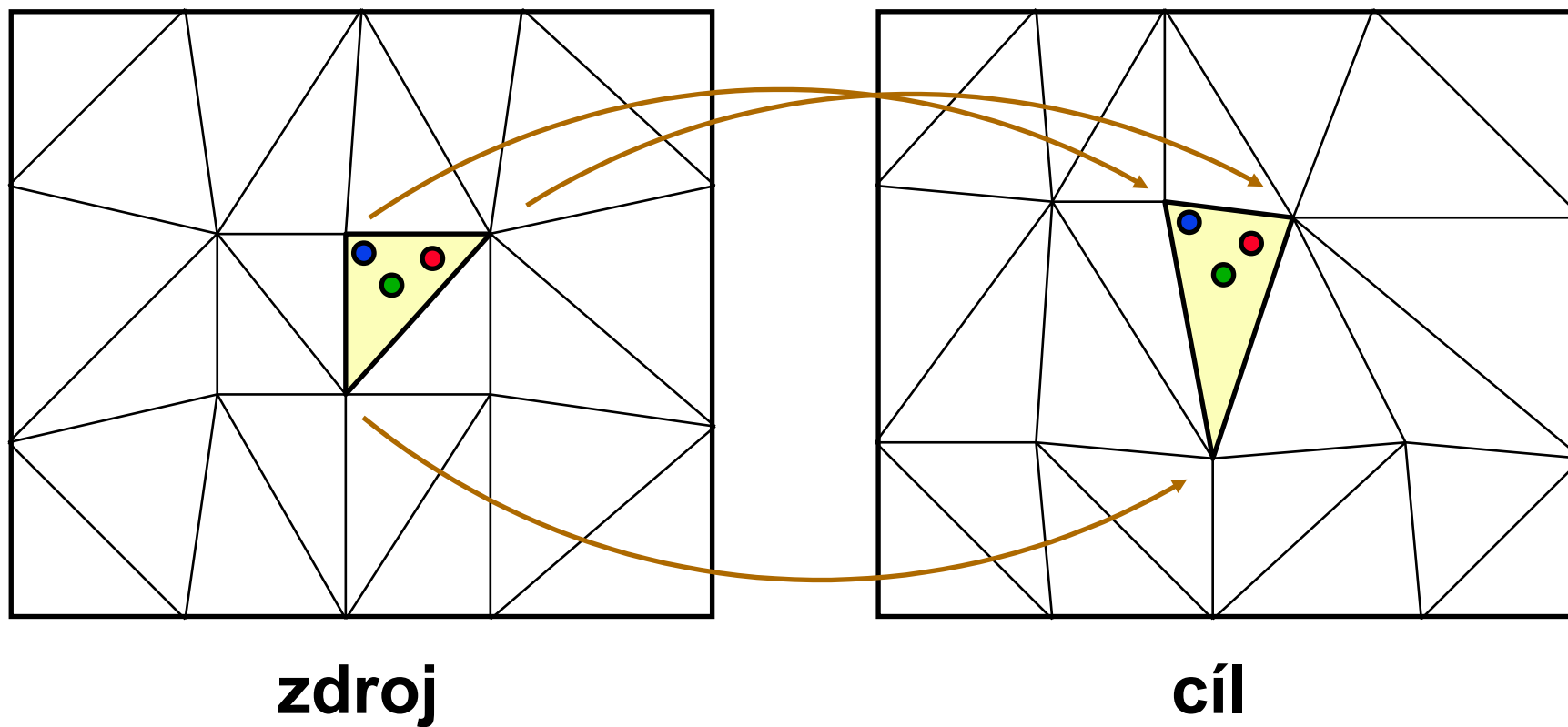
<http://cgg.mff.cuni.cz/~pepca/>



Zadávání deformační funkce

- ♦ **explicitní, analytické funkce**
 - 3D grafika: mapování textury na povrch tělesa, perspektivní zkreslení
 - globální charakter deformační funkce
- ♦ **funkce zadávané „po částech“**
 - interaktivní práce uživatele
 - obrazový prostor je pokryt soustavou/sítí zadávacích prvků
 - změna jednoho prvku mívá jen lokální charakter

Trojúhelníková síť



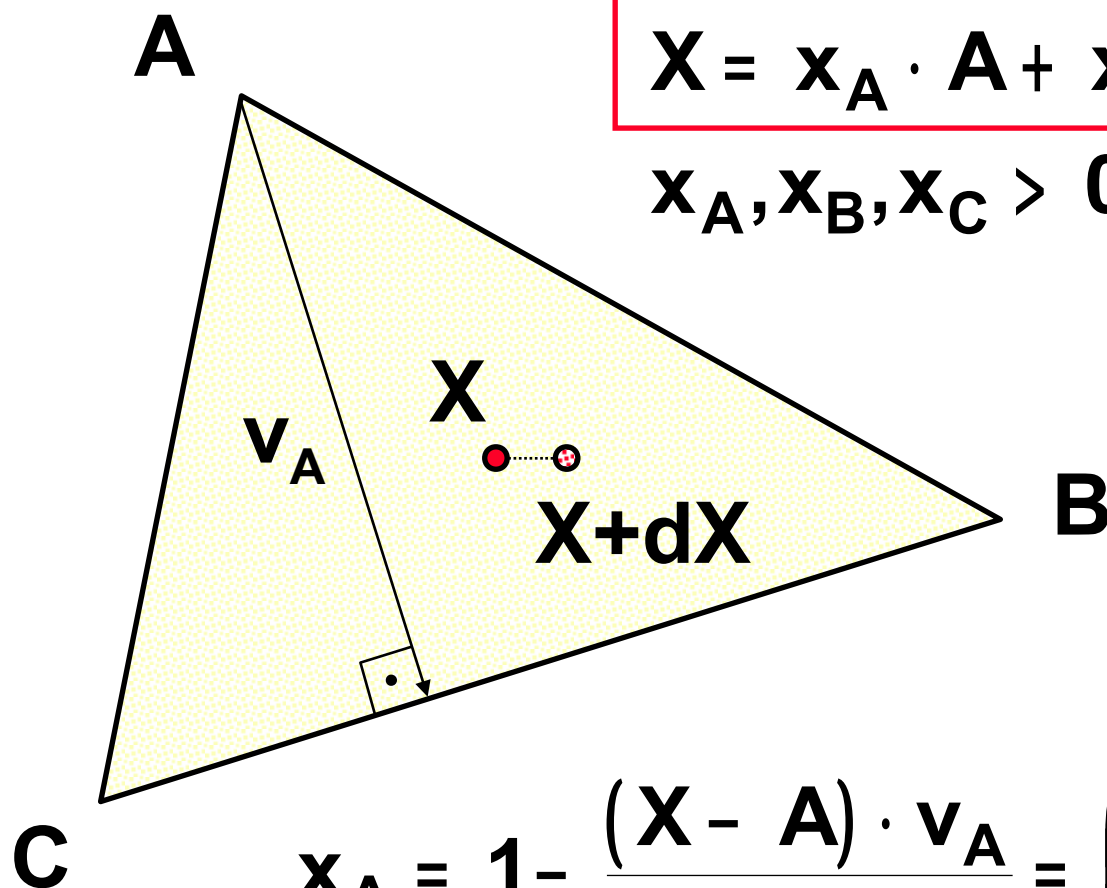
Obě sítě mají stejnou topologii!



Barycentrické souřadnice

$$\mathbf{X} = x_A \cdot \mathbf{A} + x_B \cdot \mathbf{B} + x_C \cdot \mathbf{C}$$

$$x_A, x_B, x_C > 0 \quad x_A + x_B + x_C = 1$$



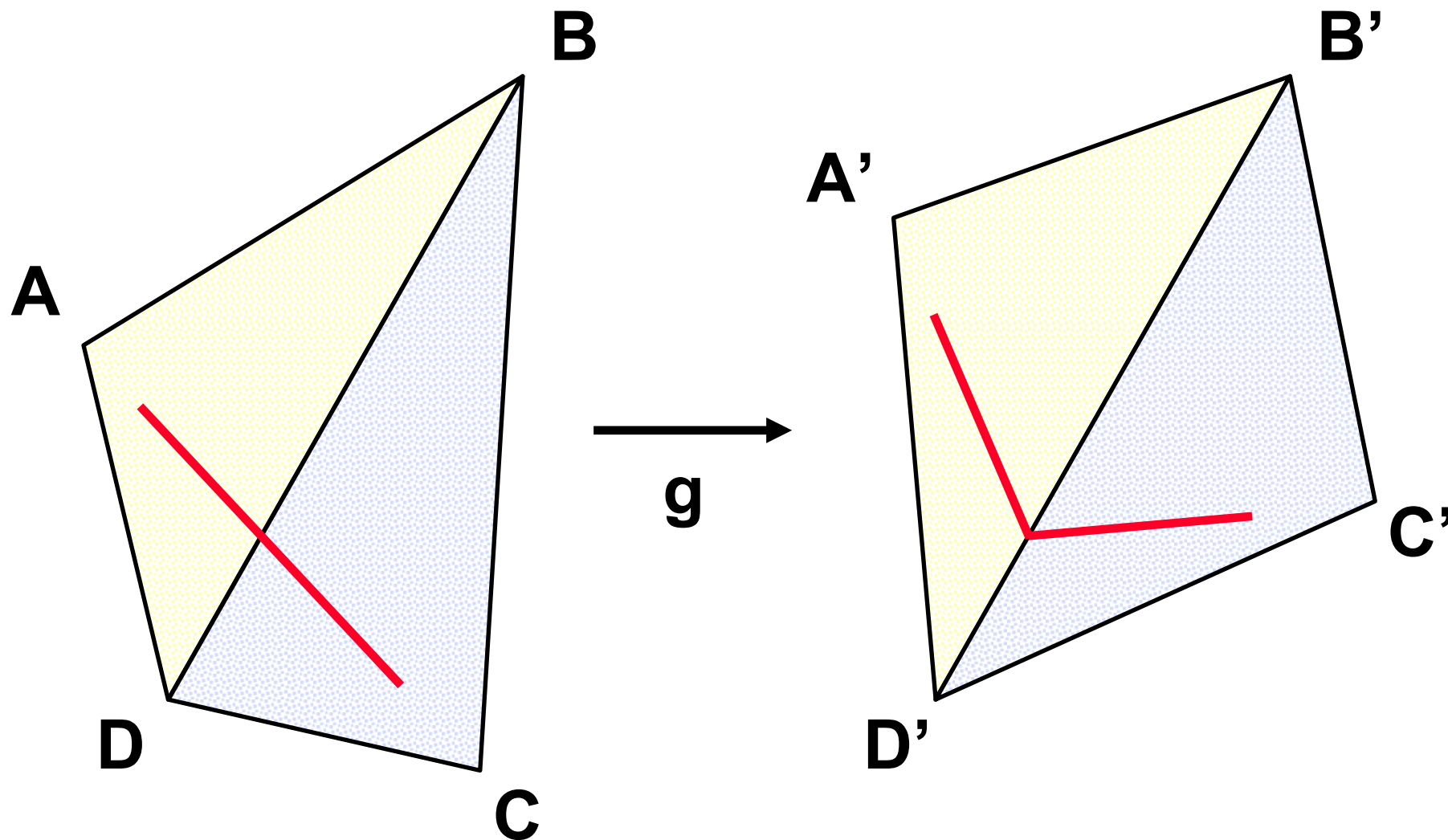
$$x_A = 1 - \frac{(\mathbf{X} - \mathbf{A}) \cdot \mathbf{v}_A}{\|\mathbf{v}_A\|} = \left(1 + \frac{\mathbf{A} \cdot \mathbf{v}_A}{\|\mathbf{v}_A\|} \right) - \frac{\mathbf{X} \cdot \mathbf{v}_A}{\|\mathbf{v}_A\|}$$



Algoritmus

- ♦ průchod cílového obrázku **řádkovým rozkladem**
 - uvnitř každého trojúhelníka se barycentrické souřadnice mění lineárně (diferenční algoritmus)
- ♦ **setříděný seznam aktuálních hran**
 - hranice mezi jednotlivými trojúhelníky
- ♦ **přechod na další rozkladovou řádku**
 - odstranění končících hran, úprava pokračujících hran, zatřídění nových hran (pokračování předch.)

Nespojitost 1. řádu

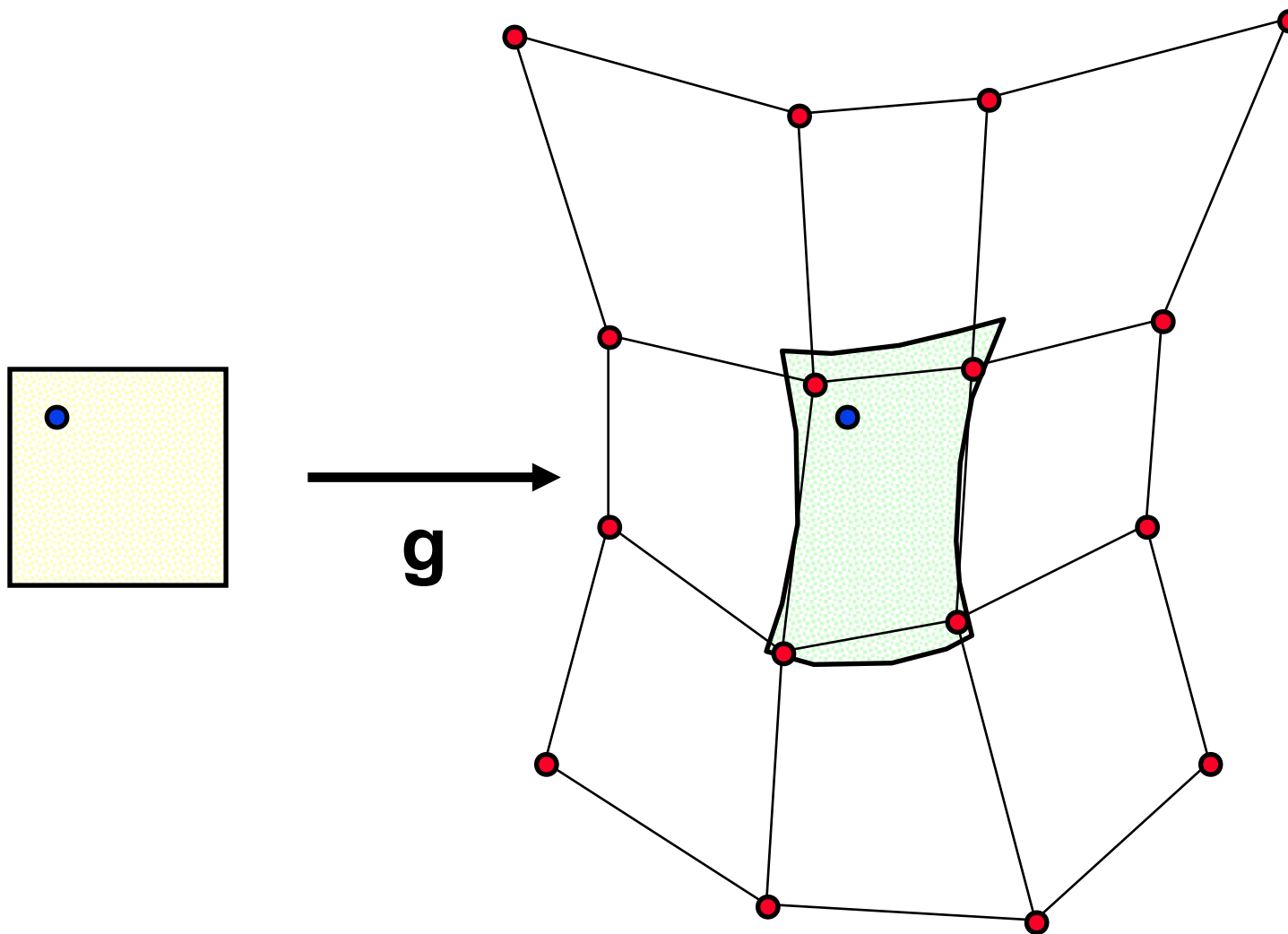




Aproximace vyšších řádů

- ♦ **kvadratická** nebo **kubická** interpolace
 - spojitost první až druhé derivace
- ♦ **trojúhelníková** nebo **čtyřúhelníková** topologie
 - pro aproximaci uvnitř jedné buňky je potřeba znát geometrii buněk sousedních
- ♦ **problém inverzního zobrazení**
 - výpočet \mathbf{g}^{-1} bývá obtížný
 - jiná schémata výpočtu ($\mathbf{g}^{-1} = \mathbf{g}_1 \circ \mathbf{g}_2^{-1}$)

Bikubická B-spline aproximace



Bikubická B-spline aproximace



$$g(\mathbf{u}, \mathbf{v}) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 \mathbf{C}_i(\mathbf{u}) \mathbf{C}_j(\mathbf{v}) \mathbf{P}_{ij}$$

B-spline
váhové funkce:

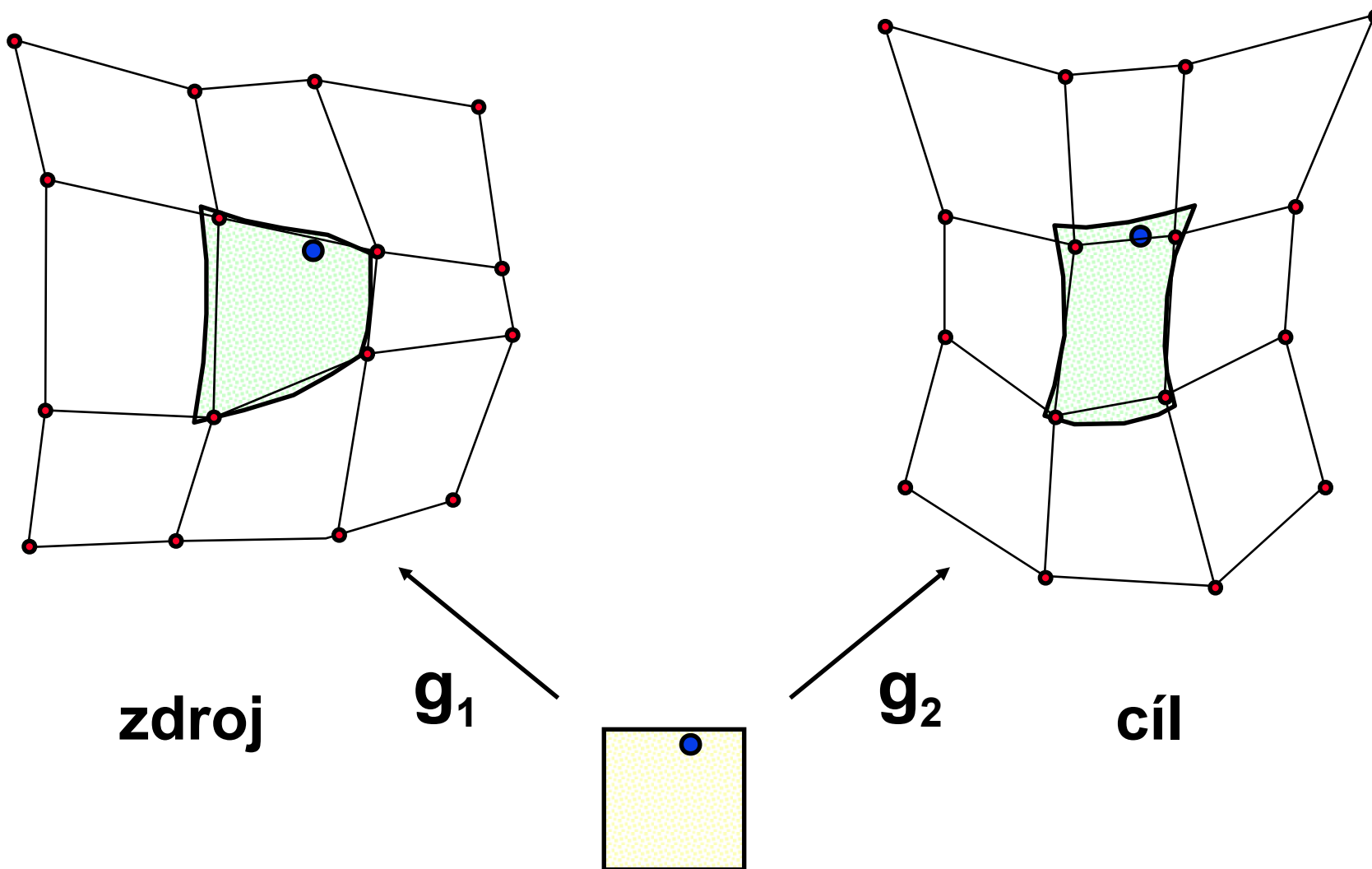
$$\mathbf{C}_0(\mathbf{t}) = \frac{1}{6}(1 - \mathbf{t})^3$$

$$\mathbf{C}_1(\mathbf{t}) = \frac{1}{6}(3\mathbf{t}^3 - 6\mathbf{t}^2 + 4)$$

$$\mathbf{C}_2(\mathbf{t}) = \frac{1}{6}(-3\mathbf{t}^3 + 3\mathbf{t}^2 + 3\mathbf{t} + 1)$$

$$\mathbf{C}_3(\mathbf{t}) = \frac{1}{6}\mathbf{t}^3$$

Deformace obou sítí

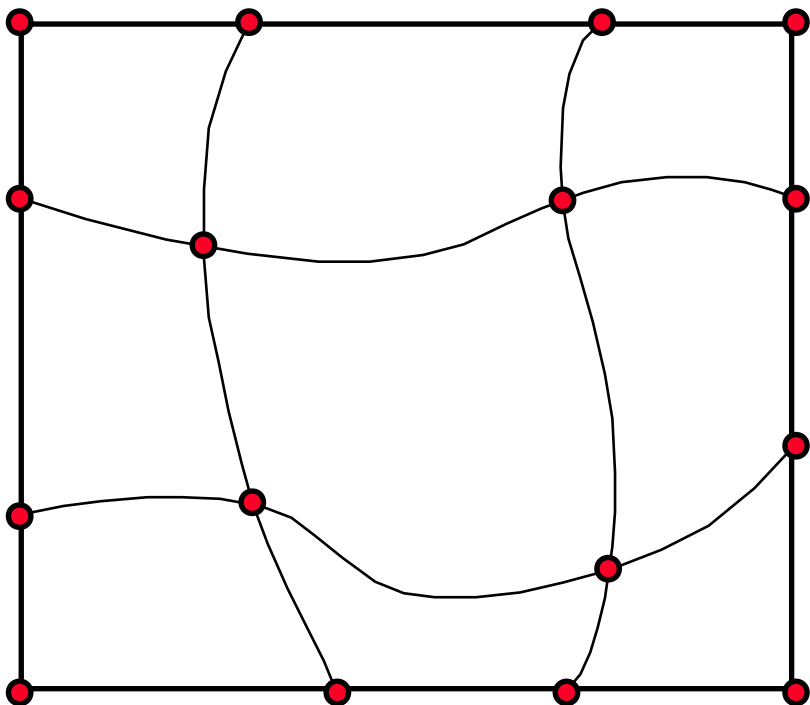




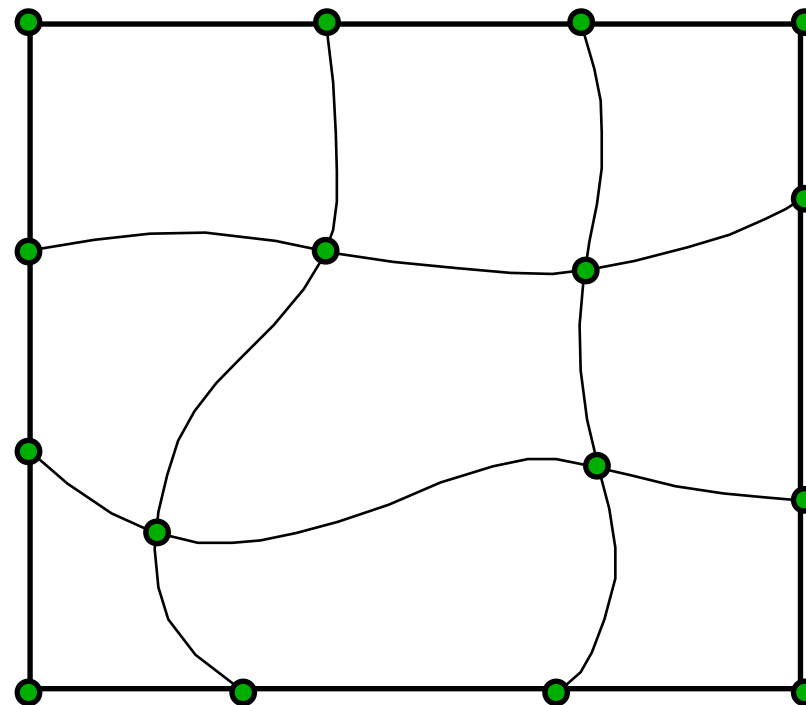
Algoritmus

- ♦ **přímá zobrazení g_i** lze rychle implementovat adaptivním diferenčním algoritmem
 - celočíselný algoritmus používá v hlavním cyklu pouze sčítání a bitové posuny
- **paralelní synchronní výpočet g_1 a g_2**
 - společné testování podmínek pro pokrytí všech pixelů vyplňované plochy
- **přesun zdrojových pixelů podle vzorce $g_2 \circ g_1^{-1}$**
 - druhá varianta se zpětným zobrazením a filtrací

Spline síť



zdroj



cíl

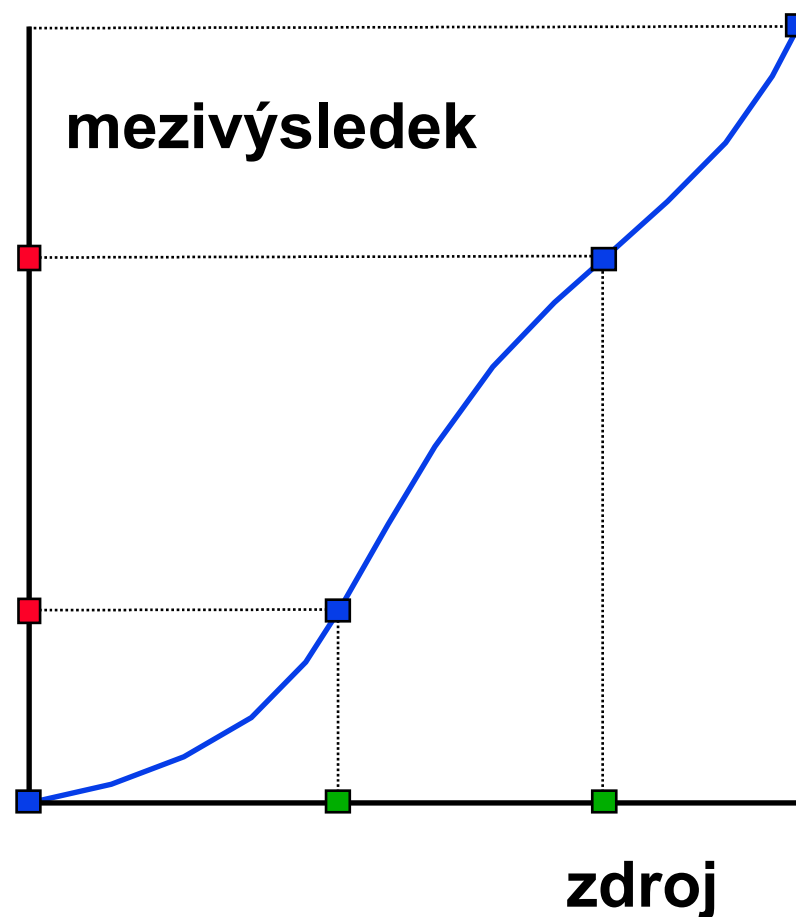
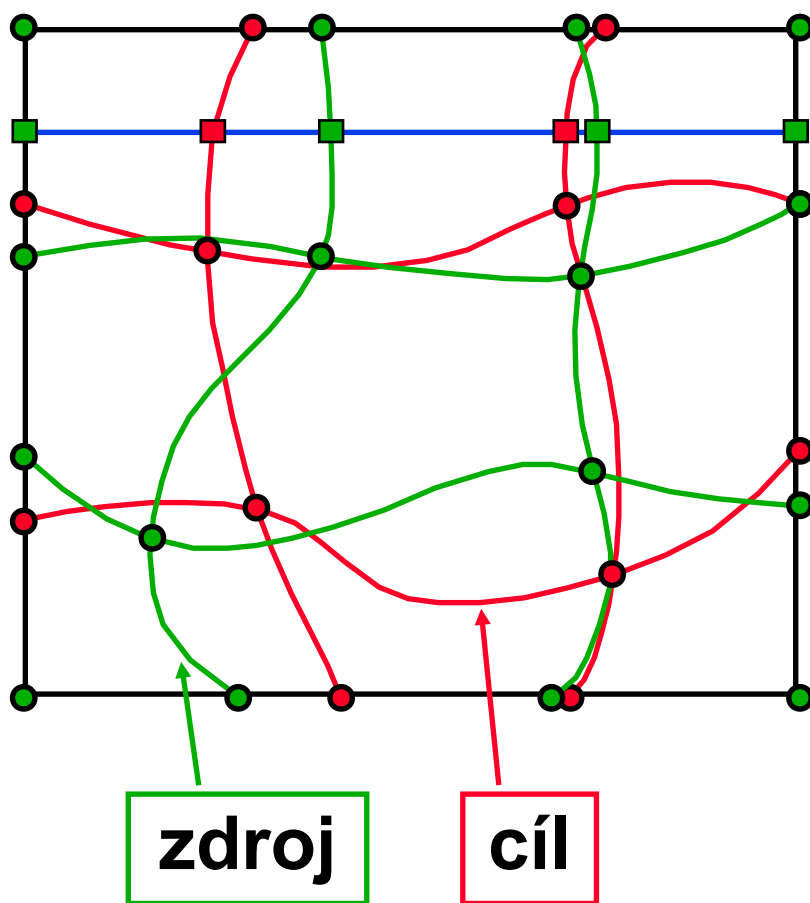


Dvojkrokový algoritmus

- **horizontální deformace** každé řádky pixelů
 - průsečíky vertikálních spline sítí s vodorovnou řádkou definují deformační funkci (mezi uzly se udělá spline interpolace)
 - horizontální síť je také třeba v tomto kroku modifikovat
- **vertikální deformace** v každém sloupci pixelů
 - podle průsečíků modifikovaných horizontálních spline sítí se svislým sloupcem



Horizontální fáze - příklad

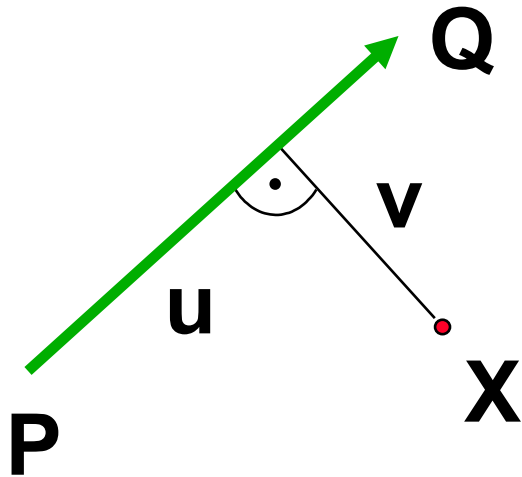




„Feature-based” warping

- ♦ **lokální** zadávání deformační funkce
 - uživatelsky příjemné, intuitivní zadávání
 - není třeba pokrývat nedeformované oblasti
- ➡ do zdrojového a cílového obrazu se umisťují **páry orientovaných úseček** (šipek, „features”)
 - každá šipka má lokální vliv na deformační funkci
- ➡ **parametry** mají vliv na účinek šipek
 - přesnost transformace v nejbližším okolí, dosah vlivu jedné šipky, průběh klesání váhové funkce

Jedna šipka - afinní transformace



$$\mathbf{u} = \frac{(\mathbf{X} - \mathbf{P}) \cdot (\mathbf{Q} - \mathbf{P})}{\|\mathbf{Q} - \mathbf{P}\|^2} \quad (\text{rel})$$

$$\mathbf{v} = \frac{(\mathbf{X} - \mathbf{P}) \cdot (\mathbf{Q} - \mathbf{P})^\perp}{\|\mathbf{Q} - \mathbf{P}\|} \quad (\text{abs})$$

Zpětná transformace:

$$\mathbf{X}' \rightarrow [\mathbf{u}', \mathbf{v}'] = [\mathbf{u}, \mathbf{v}] \rightarrow \mathbf{X}$$



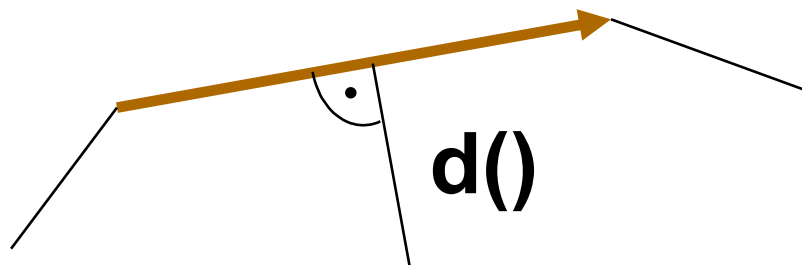
Více šipek - radiální interpolace

Váhový koeficient:
$$\mathbf{w} = \left[\frac{(\mathbf{Q}' - \mathbf{P}')^p}{\mathbf{a} + d(\mathbf{P}', \mathbf{Q}', \mathbf{X}')} \right]^b$$

a přesnost transformace bodů na šipkách

b klesání síly deformace se vzdáleností

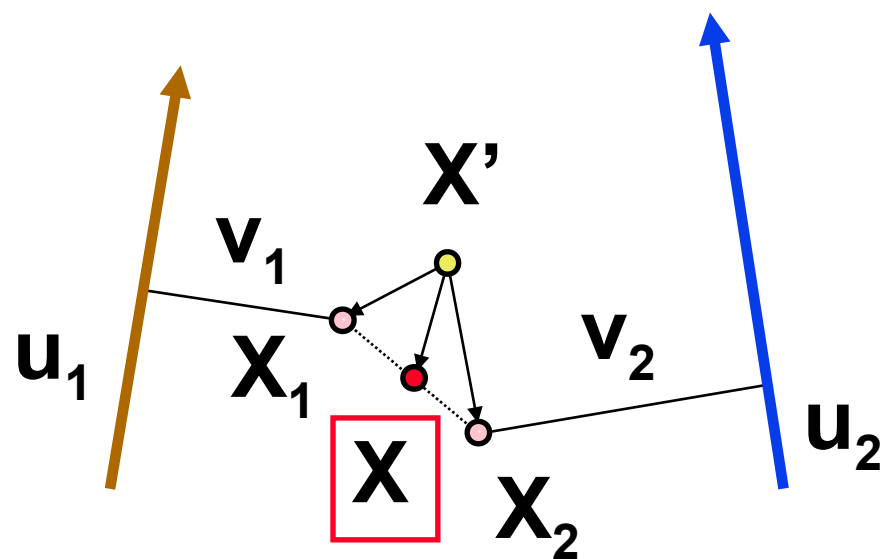
p vliv délky šipky na váhu



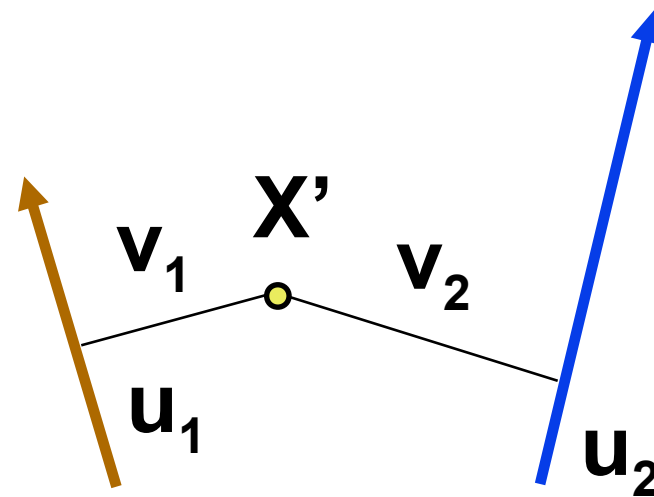
$$\mathbf{X} = \mathbf{X}' + \frac{\sum \mathbf{w}_i \cdot (\mathbf{X}_i - \mathbf{X}')}{\sum \mathbf{w}_i}$$



Více šipek - příklad



zdroj



cíl



Konfigurace šipek

- ◆ šipky ve zdrojovém a cílovém obrázku mají mít **stejnou topologii**
 - jinak může dojít k „přehnutí“ obrázku (nespojivosti deformační funkce)
- ◆ šipky by se **neměly křížit**
- ◆ pokud se šipky **dotýkají**, mělo by to být v obou obrázcích a na odpovídajících-si místech
 - jinak vznikají „duchové“



Další informace:

- J. Gomes et al.: *Warping and Morphing of Graphical Objects*, C.N., SIGGRAPH'95
- T. Beier, S. Neely: *Feature-Based Image Metamorphosis*, SIGGRAPH'92