

Prezentace pro seminář z umělé inteligence

# Samorganizace a morphing

Daniel Lessner

13. 11. 2009

Pozvolné zahájení: listopad 2007

Obhajoba: září 2009

# Cíl práce

Prozkoumat možnosti řešení **morphingu**  
pomocí **samoorganizačních metod**  
s cílem omezit nutnost lidské asistence.

# Osnova prezentace

## 1) Morphing

- O co jde, využití
- Základní postupy: Síťový morphing, Minimálně pracný morphing

## 2) Samoorganizační mapy (rekapitulace)

## 3) Zkoumané možnosti použití SOM na morphing

- Přímočaré nasazení a proč nefunguje
- Navržená vylepšení
- Výsledný postup

## 4) Testování a jeho výsledky

## 5) Závěr

# Osnova prezentace

## 1) Morphing

- **O co jde, využití**
- Základní postupy: Síťový morphing, Minimálně pracný morphing

## 2) Samoorganizační mapy (rekapitulace)

## 3) Zkoumané možnosti použití SOM na morphing

- Přímočaré nasazení a proč nefunguje
- Navržená vylepšení
- Výsledný postup

## 4) Testování a jeho výsledky

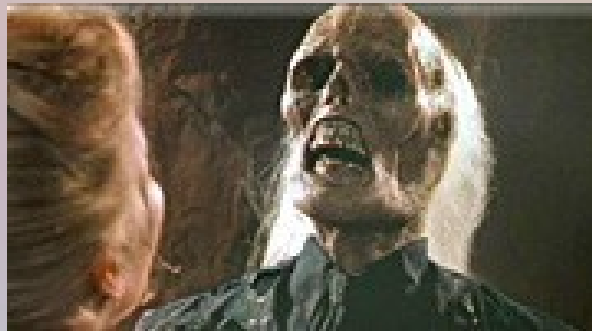
## 5) Závěr

# Morphing: o co jde

- Plynulá změna jednoho obrazu na druhý
  - V plynulosti je schovaná subjektivita!



# Morphing: využití





# Morphing: využití

- Filmové efekty
  - Obecně vzato: morphing = animace
  - Dnes spíš nenápadně sceluje jiné efekty
- Zpracování videa

# Morphing: využití

- Interpolace medicínského snímkování





# Morphing: využití

- Průměrování velkého množství snímků



# Osnova prezentace

## 1) Morphing

- O co jde, využití
- **Základní postupy:** Síťový morphing, Minimálně pracný morphing

## 2) Samoorganizační mapy (rekapitulace)

## 3) Zkoumané možnosti použití SOM na morphing

- Přímočaré nasazení a proč nefunguje
- Navržená vylepšení
- Výsledný postup

## 4) Testování a jeho výsledky

## 5) Závěr

# Morphing: Základní řešení

- Prolnutí nestačí
- Mění se korespondující objekty, tzn. včetně tvaru
- Proto je třeba přidat warping, typicky specifikací korespondencí



# Morphing: Základní řešení

---

**Algoritmus 2.1** Schéma algoritmu morphingu

---

Vstup: počet snímků  $n$  a obrázky  $O_p$  a  $O_k$ .

Postup:

1. for  $t = 1$  to  $n$  :
2.      $O_{p,t} \leftarrow$  deformace  $O_p$  v kroku  $t$
3.      $O_{k,t} \leftarrow$  deformace  $O_k$  v kroku  $t$
4.      $O_t \leftarrow$  lineární interpolace mezi  $O_{p,t}$  a  $O_{k,t}$  v kroku  $t$

Výstup: posloupnost snímků  $O_t$

---

To obtížné na morphingu je specifikace a realizace warpingu.

# Morphing: Klasické metody

- **Síťový morphing** (Mesh morphing)
- Úsečkový morphing (Field morphing)
- Interpolace korespondencí (TPS morphing, RBF morphing)
- **Minimálně pracný morphing** (Work minimization approach)
- Morphing minimalizací energie (Energy minimization)
- Víceúrovňová volná deformace (MFFD, Multilevel free-form deformation)

Neautomatické – informativní význam

Co je podstatné pro práci: Síťový (používán dalšími) a Minimálně pracný (pro srovnání) – budou následovat

# Osnova prezentace

## 1) Morphing

- O co jde, využití
- Základní postupy: **Sít'ový morphing**, Minimálně pracný morphing

## 2) Samoorganizační mapy (rekapitulace)

## 3) Zkoumané možnosti použití SOM na morphing

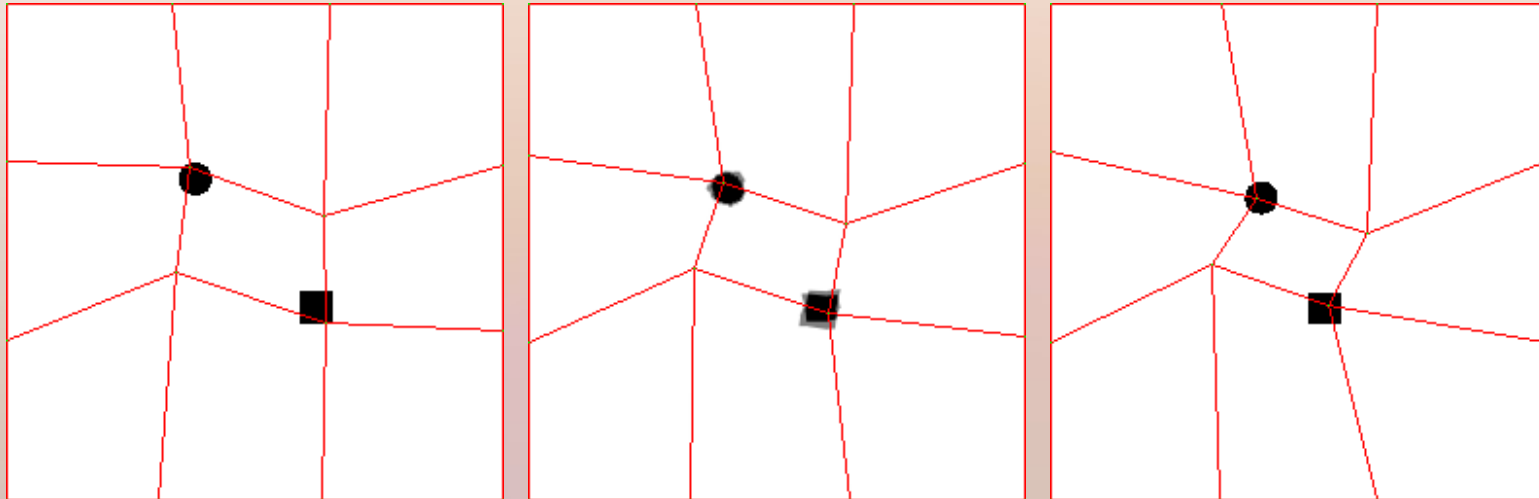
- Přímočaré nasazení a proč nefunguje
- Navržená vylepšení
- Výsledný postup

## 4) Testování a jeho výsledky

## 5) Závěr



# Síťový morphing



- + Přímočará myšlenka i implementace
- + Přímočaré chování a ovladatelnost
- + Rychlost výpočtu
- Neobratnost ve specifikaci warpingu

# Osnova prezentace

## 1) Morphing

- O co jde, využití
- Základní postupy: Síťový morphing, **Minimálně pracný morphing**

## 2) Samoorganizační mapy (rekapitulace)

## 3) Zkoumané možnosti použití SOM na morphing

- Přímočaré nasazení a proč nefunguje
- Navržená vylepšení
- Výsledný postup

## 4) Testování a jeho výsledky

## 5) Závěr

# Morphing: Minimalizace práce

- Jediný známý pokus o samočinnost (na podobných obrázcích)
- Konkrétní morphing ohodnotí množstvím potřebné práce
- Předpokládá, že snadný morphing bude vypadat přirozeně
- Hledá co nejméně pracný morphing

# Morphing: Minimalizace práce

Je třeba konkretizovat:

- 1) Reprezentaci warpingu – ta předurčuje vše ostatní
- 2) Výpočet práce – abychom dostávali přirozené sekvence
- 3) Hledání optima – jak získat nejlepší výsledky v rozumném čase

# Morphing: Minimalizace práce

- 1) Reprezentace warpingu: Čtvercová síť
- 2) Pracnost jednoho čtverce:

$$P_{i,j} = c_b \left( \frac{256}{R} \right)^2 P_{i,j}^b + c_s \left( \frac{400}{256^2} \right) P_{i,j}^s + c_o \left( \frac{600}{256^2} \right) P_{i,j}^o$$

- 3) Hledání řešení: Postupným hierarchickým zjemňováním sítě

# Morphing: Minimalizace práce

Hledání tvaru řídicí sítě:

```
Inicializuj  $\hat{F}_1$  na identickou transformaci
for  $hust = 1$  to  $hust_{max}$  :
  for each  $P_{jk}^{hust} \in \hat{F}_{hust}$  :
    for each  $\delta \in \Delta_{hust}$  :
       $F'_{hust} = \hat{F}_{hust}$  s  $P_{jk}^{hust}$  posunutým o  $\delta$ 
      if  $W(F'_{hust}) < W(\hat{F}_{hust})$  :
         $\hat{F}_{hust} = F'_{hust}$ 
     $\hat{F}_{hust+1}$  = zhuštěná transformace ekvivalentní s  $\hat{F}_{hust}$ 
return  $\hat{F}_{hust_{max}}$ 
```

Zbytek už je síťový morphing.



# Morphing: Minimalizace práce

- + **Samočinnost: výborný podpůrný nástroj, doladí nezajímavé detaily**
- Vyžaduje podobné obrázky
- Ne zcela předvídatelné chování
- Někdy nutnost ladění parametrů
- Časová náročnost

# Osnova prezentace

## 1) Morphing

- O co jde, využití
- Základní postupy: Síťový morphing, Minimálně pracný morphing

## 2) **Samoorganizační mapy (rekapitulace)**

## 3) Zkoumané možnosti použití SOM na morphing

- Přímocharé nasazení a proč nefunguje
- Navržená vylepšení
- Výsledný postup

## 4) Testování a jeho výsledky

## 5) Závěr

# Samooorganizační mapy

(stručná rekapitulace)

- Kvantizace vektorů
- Aproximace pravděpodobnostního rozložení vektorů
- Redukce dimenzionality souboru vektorů

# Samooorganizační mapy (stručná rekapitulace)

- Jedna vrstva neuronů v pravidelné mřížce
- Váha neuronu odpovídá jeho umístění v prostoru
- Předložený vzor je reprezentován nejbližším neuronem
- Neurony se přibližují ke svým vzorům, aby je reprezentovaly ještě lépe, a stávají se tak reprezentanty celých skupin
- Postupně klesá plasticita a šířka adaptovaného okolí

# Další samoorganizační metody

- Rostoucí samoorganizační mapa (Growing self-organizing map)
- Rostoucí neuronový plyn (Growing neural gas)
- Evolvující strom (Evolving tree)

Přínosy: dynamický růst, volnějši topologie, rychlejší výpočet

# Osnova prezentace

## 1) Morphing

- O co jde, využití
- Základní postupy: Síťový morphing, Minimálně pracný morphing

## 2) Samoorganizační mapy (rekapitulace)

## 3) **Zkoumané možnosti použití SOM na morphing**

- Přímočaré nasazení a proč nefunguje
- Navržená vylepšení
- Výsledný postup

## 4) Testování a jeho výsledky

## 5) Závěr



# Samooorganizace a morphing: Jak je zkombinovat?

- SOM hledá:  
nějak významné  
body
- Morphing potřebuje:  
nějak významné  
body
- SOM používá:  
nějakou mřížku
- Morphing používá:  
nějakou síť

# Samooorganizace a morphing: Jak je zkombinovat?

- SOM hledá:  
nějak významné  
body
- Morphing potřebuje:  
nějak významné  
body
- SOM používá:  
nějakou mřížku
- Morphing používá:  
nějakou síť

Co z toho lze vytěžit?

# Otázka:

Jak přimět SOM, aby hledala korespondence?

Bude to dělat dobře?

# Osnova prezentace

## 1) Morphing

- O co jde, využití
- Základní postupy: Síťový morphing, Minimálně pracný morphing

## 2) Samoorganizační mapy (rekapitulace)

## 3) Zkoumané možnosti použití SOM na morphing

- **Přímočaré nasazení a proč nefunguje**
- Navržená vylepšení
- Výsledný postup

## 4) Testování a jeho výsledky

## 5) Závěr

# Přímočaré nasazení: popis

- Trénovací vzory jsou pixely obrazu, složky vektoru jsou např.:
  - Prostorové souřadnice
  - Intenzita barev, jas, střední hodnota jasu v okolí
  - Různorodost: rozptyl, entropie, gradient, ...
- Síť naučená na prvním obrázku je první sítí, síť přeučená na druhý obrázek je druhou sítí, zbytek dopočítá síťový morphing
- Vzdálenost je vážená Eukleidovská, okraje sítě jsou svázány s okrajem obrázku.

# Přímočaré nasazení: popis

- Trénovací vzory jsou pixely obrazu
- SOM naučená na počáteční obrázek  
=> počáteční řídicí síť
- SOM přeučená na koncový obrázek  
=> koncová řídicí síť
- Zbytek dopočítá síťový morphing

# Očekávaný vliv východisek

- Síťový morphing:
  - Přímočará myšlenka i implementace
  - Rychlost výpočtu
  - Neobratnost: pevně daná topologie, uniformní jemnost sítě
- Samoorganizační mapa:
  - Přímočarost, známé a prověřené chování
  - Pevná velikost a topologie sítě



# Přímočaré nasazení: výsledky

Člověk by na to nekoukal.

# Přímočaré nasazení: co teď?

Takhle jednoduše by to nešlo.

- 1) Oko se soustředí na hrany, SOM na plochy.
- 2) Neuron v koncovém obrázku se bude podobat neuronu podle starého umístění, jenže v koncovém obrázku.

# Přímočaré nasazení: co teď?

Takhle jednoduše by to nešlo.

- 1) Oko se soustředí na hrany, SOM na plochy.
- 2) Neuron v koncovém obrázku se bude podobat neuronu podle starého umístění, jenže v koncovém obrázku.

Většina práce spočívala v řešení těchto dvou bodů.

# Osnova prezentace

## 1) Morphing

- O co jde, využití
- Základní postupy: Síťový morphing, Minimálně pracný morphing

## 2) Samoorganizační mapy (rekapitulace)

## 3) Zkoumané možnosti použití SOM na morphing

- Přímočaré nasazení a proč nefunguje
- **Navržená vylepšení**
- Výsledný postup

## 4) Testování a jeho výsledky

## 5) Závěr

# Vylepšení hledání zajímavého místa

- Člověk se soustředí především na hrany obrázku, oblasti s vysokým kontrastem, gradientem apod.
- V těchto místech musí morphing proběhnout co nejlépe.

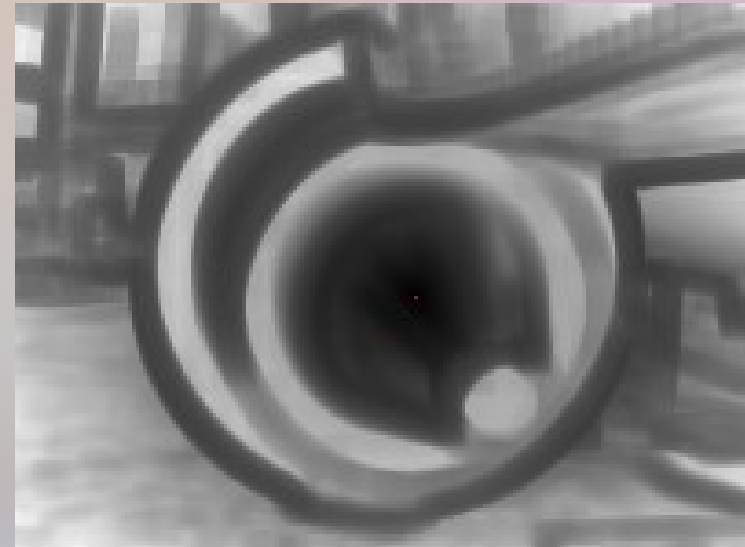
Možnosti:

- 1) Změnit pojetí **vzdálenosti** ve prospěch zajímavých míst
- 2) Změnit **rozdělení vzorů** ve prospěch zajímavých míst

# 1) Změna pojetí **vzdálenosti** ve prospěch zajímavých míst

- Zajímavá místa budou blíže ostatním. **!!!**
- Neurony na zajímavých místech budou vítězit častěji
- Zajímavá místa budou mít velmi blízké reprezentanty
- Jde tedy například o úpravu:  
$$d(n, x) = \delta(n, x) / \text{zajímavost}(n)$$

# 1) Změna pojetí vzdálenosti





# 1) Změna pojetí **vzdálenosti**: výsledky

Nijak závratné.

**Je obtížné najít vhodný způsob  
výpočtu zajímavosti a koeficientu.**

## 2) Změna **rozdělení vzorů** ve prospěch zajímavých míst

- Zajímavé vzory předložím častěji
- Neurony budou mít tendenci zaujímat zajímavá místa

Očekávám síť spojující zajímavá místa počátečního obrázku s podobnými místy koncového obrázku.



## 2) Změna rozdělení vzorů: otázky

- Jak přesně vybírat vzory?
- Jaké je zastoupení různě zajímavých bodů v obrazu?
- Připomíná to selekci z evolučních algoritmů: Chci to kvalitní, ale ne tak úplně.

## 2) Změna rozdělení vzorů: konkrétní možnosti

Pravděpodobnost  
výběru vzoru:

- Úměrná zajímavosti
- Úměrná kvantilu  
zajímavosti
- Hierarchický výběr
- Ovlivnění  
zajímavostí okolí



### 3) Vyřešení hledání korespondencí

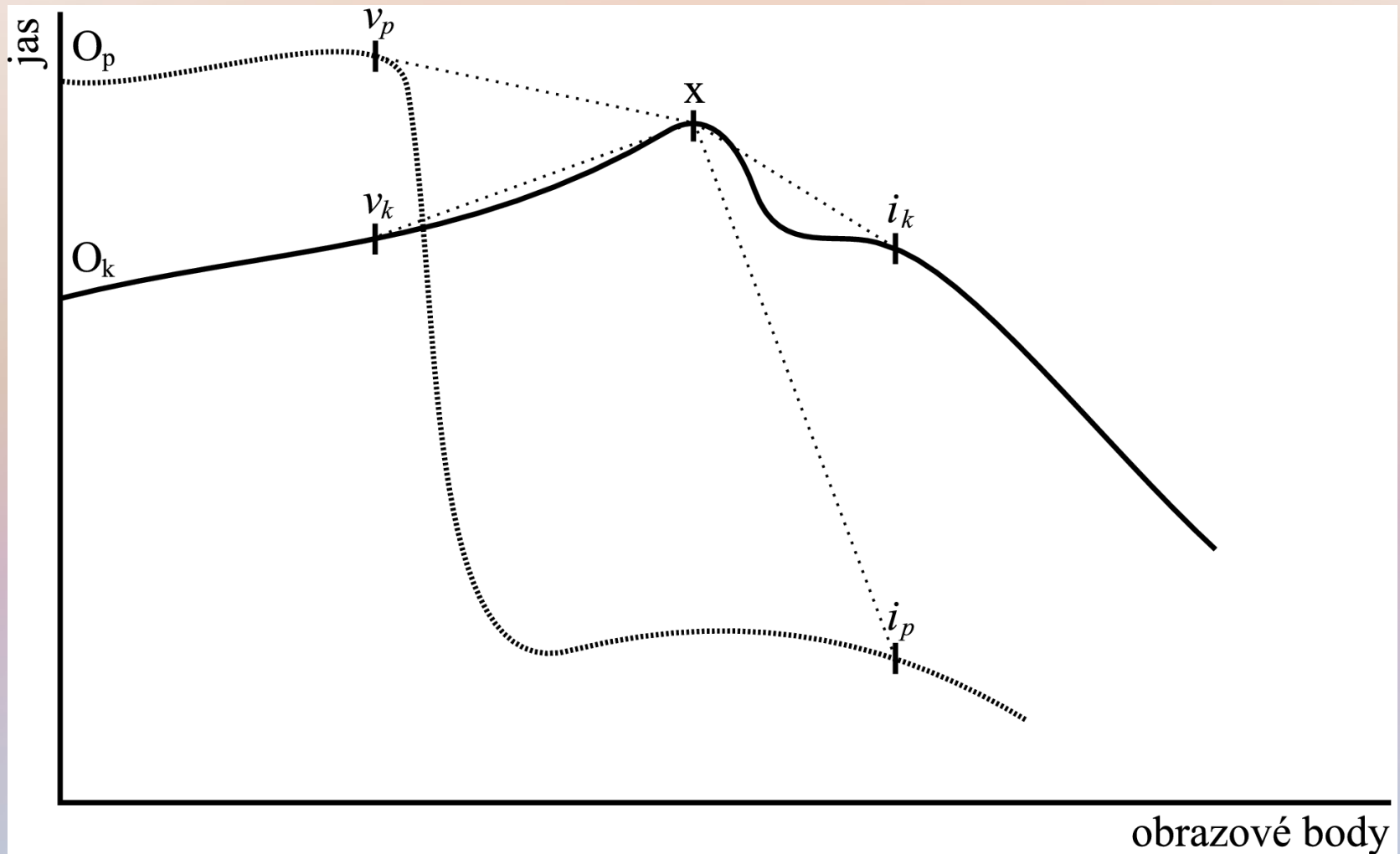
Potřebujeme udržet neurony v koncovém obrázku v nějakém vztahu k jejich umístění v počátečním obrázku.

# Co je to korespondence?

Dvojice míst v počátečním a koncovém obrázku, která si odpovídají.

- Umístěním?
- Barevně?
- Texturou?
- Tvarem?
- Významem!?

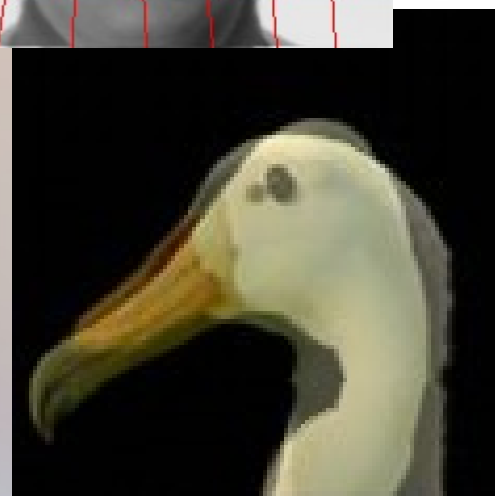
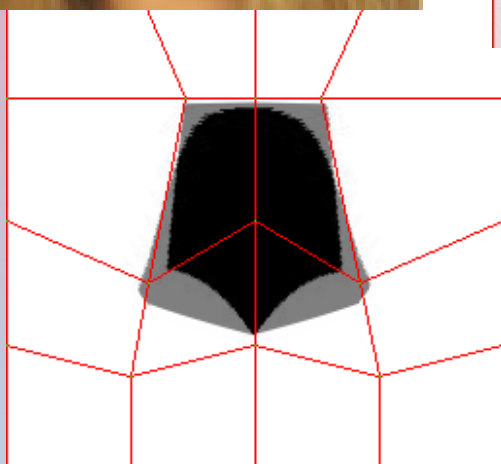
### 3) Řešení hledání korespondencí: Paměť neuronů



$$d(v, x) = \delta(v_k, x) + \delta(v_p, x)$$



# Proběhlo množství experimentů...



# Osnova prezentace

## 1) Morphing

- O co jde, využití
- Základní postupy: Síťový morphing, Minimálně pracný morphing

## 2) Samoorganizační mapy (rekapitulace)

## 3) Zkoumané možnosti použití SOM na morphing

- Přímocharé nasazení a proč nefunguje
- Navržená vylepšení
- **Výsledný postup**

## 4) Testování a jeho výsledky

## 5) Závěr

# Výsledný postup

- Počáteční nastavení:
  - Délka učení, učící parametry, velikost sítě, váhový vektor...
- Nalezení významných bodů
  - SOM s úpravou rozložení vzorů
- Určení korespondencí
  - Předchozí SOM, ale s pamětí neuronů a případně i úpravou vah složek vektoru
- Spočtení morphingu
  - Síťový morphing

# Osnova prezentace

## 1) Morphing

- O co jde, využití
- Základní postupy: Síťový morphing, Minimálně pracný morphing

## 2) Samoorganizační mapy (rekapitulace)

## 3) Zkoumané možnosti použití SOM na morphing

- Přímocharé nasazení a proč nefunguje
- Navržená vylepšení
- Výsledný postup

## **4) Testování a jeho výsledky**

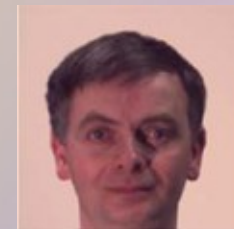
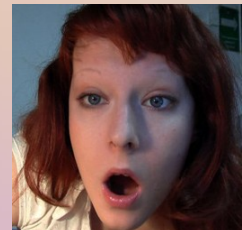
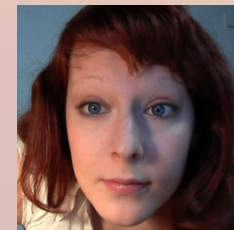
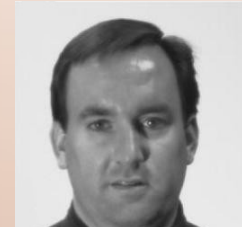
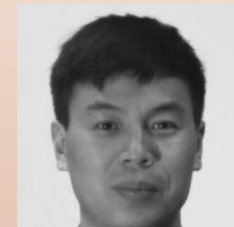
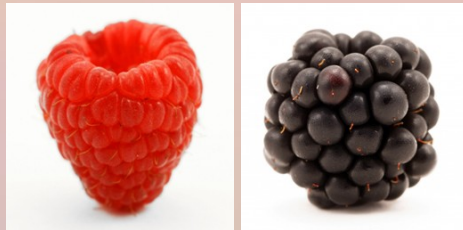
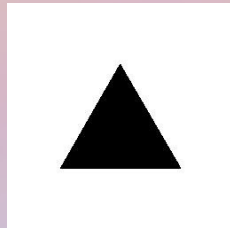
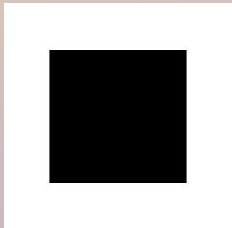
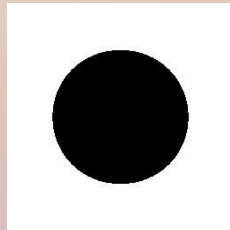
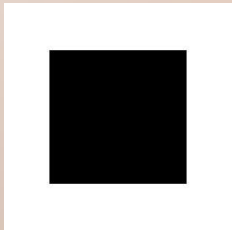
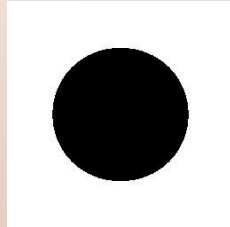
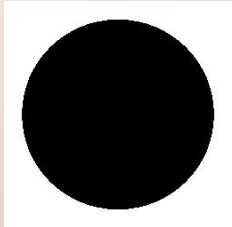
## 5) Závěr

# Testování: cíle

- Postupně vyloučit nefunkčních návrhů
- Vhodně nastavit ty úspěšné
- Vhodně nastavit Minimalizaci práce
- Porovnat naši metodu s Minimalizací práce



# Testování: data



# Testování: Postup srovnávání

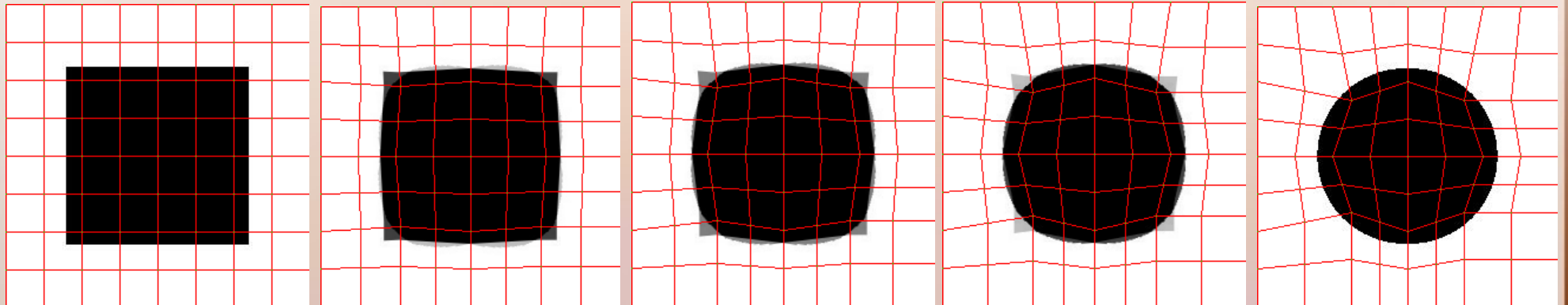
- Vybrat dvojici obrázků a směr morphingu
- Najít (subjektivně) kvalitní nastavení
- Toto nastavení spustit opakovaně a sledovat kvalitu a čas
- Zaznamenat výsledky



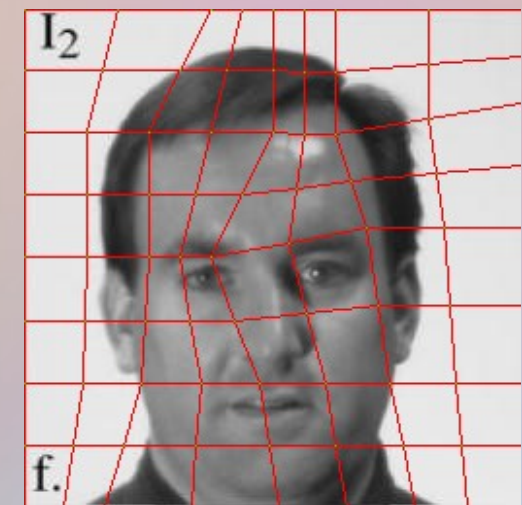
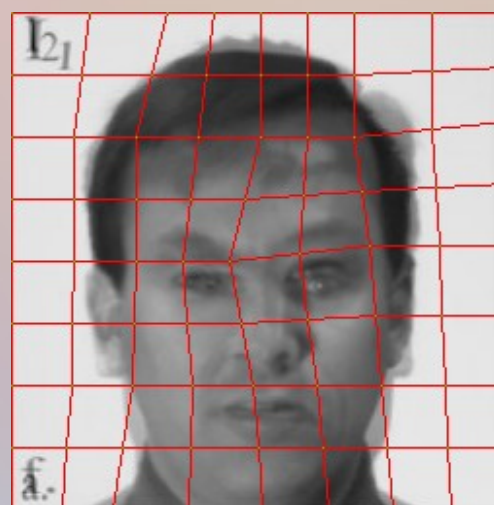
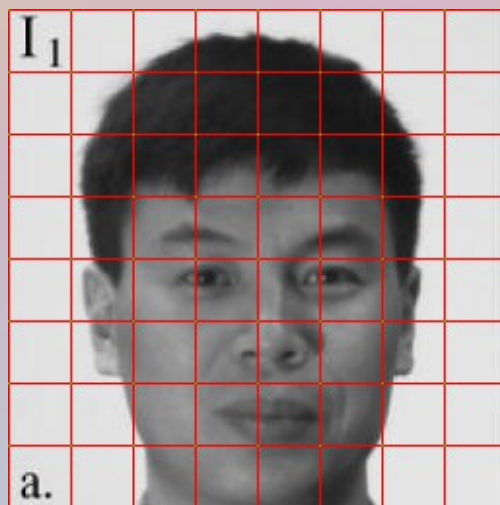
# Implementace

- Python
  - Rychlý vývoj
  - Množství připravených knihoven (maticový počet, obrázky)
  - Pomalé výpočty
- Další technické detaily:
  - Normalizace složek vektoru (nikoliv délek)
  - Příklad typického nastavení vah pro výpočet d:  
 $[1, 1, 0.05, 0.05, 0.05, 0.1, 0.1, 1.3, 1.3]$
  - Sofistikovanost složek vektoru nepomáhá (aspoň zatím)

# Výsledky: Minimalizace práce

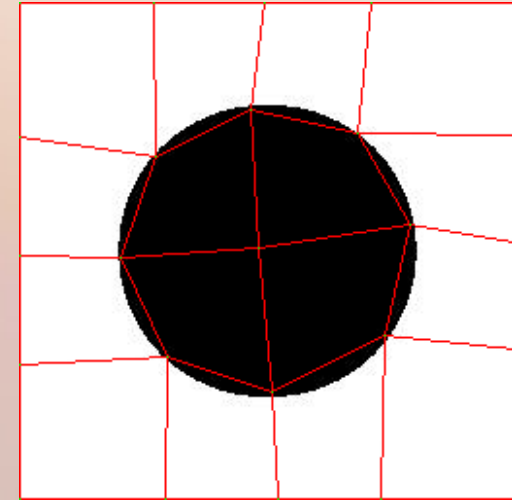
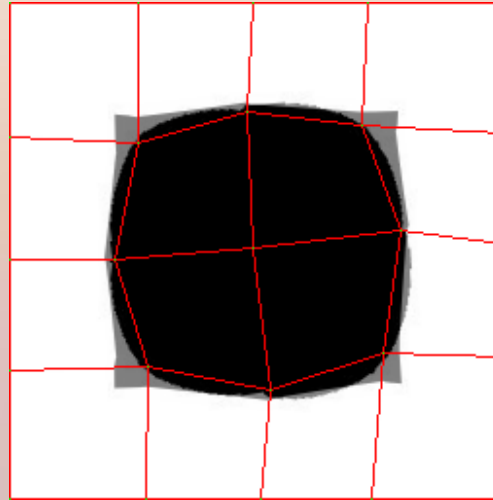
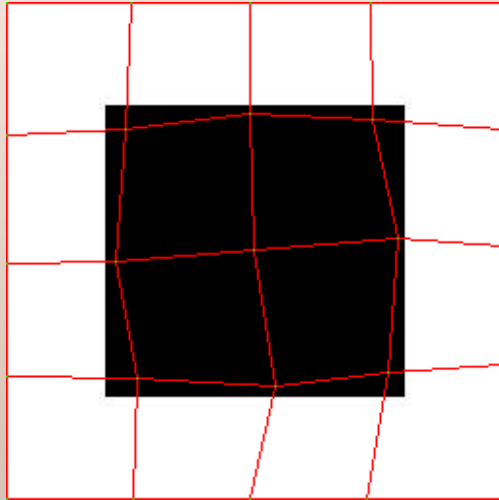


Průměrný čas z 9 pokusů: 175,1 s (s. o. 2,9 s)



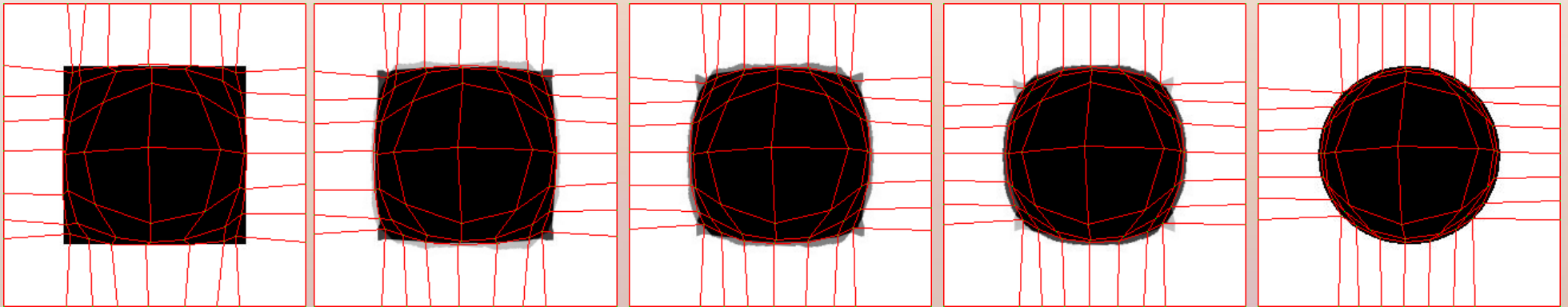
Průměrný čas ze 12 pokusů: 181,3 s (s. o. 2,5 s)

# Výsledky: Ostré hrany



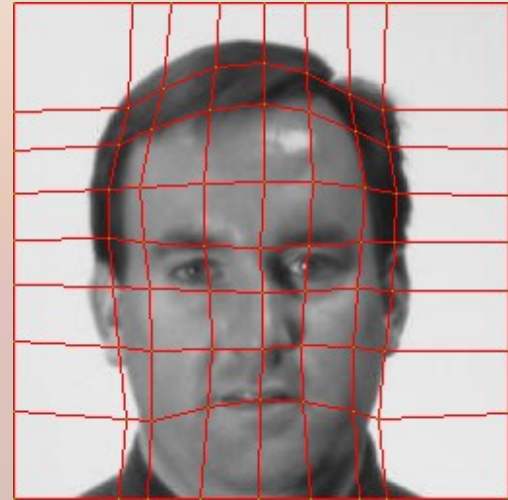
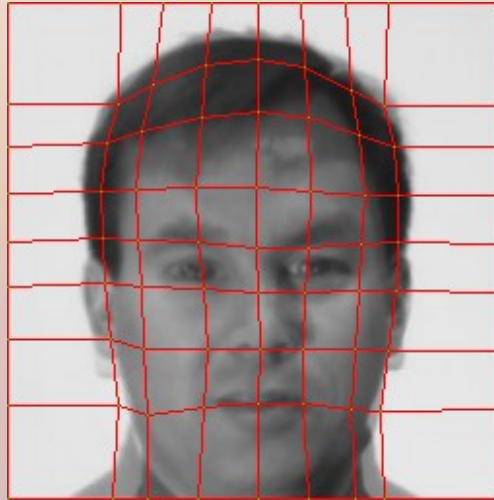
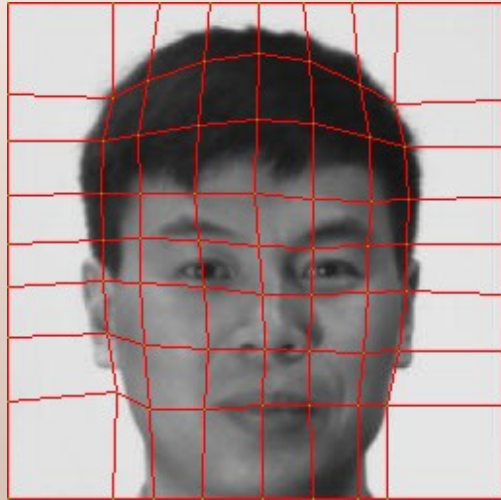
Průměrný čas ze 12 pokusů: 6,2 s (s. o. 3,1 s)

# Výsledky: Ostré hrany



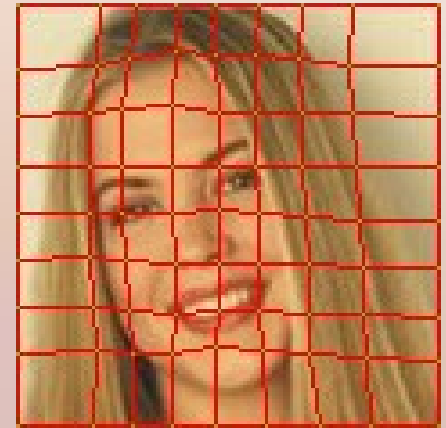
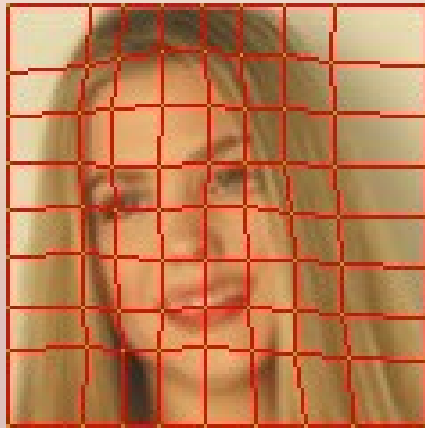
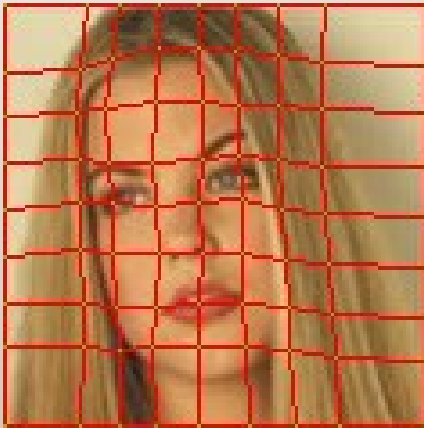
Průměrný čas ze 13 pokusů: 89,0 s (s. o. 1,8 s)

# Výsledky: Různé obličej



Průměrný čas z 11 pokusů: 152,8 s (s. o. 6,1 s)

# Výsledky: Tentýž obličej



Průměrný čas ze 14 pokusů: 252,7 s (s. o. 5,3 s)





# Výsledky: Nepodobné snímky



Lepších výsledků se nedařilo dosáhnout  
(ani jedné metodě).



# Osnova prezentace

## 1) Morphing

- O co jde, využití
- Základní postupy: Síťový morphing, Minimálně pracný morphing

## 2) Samoorganizační mapy (rekapitulace)

## 3) Zkoumané možnosti použití SOM na morphing

- Přímocharé nasazení a proč nefunguje
- Navržená vylepšení
- Výsledný postup

## 4) Testování a jeho výsledky

## 5) **Závěr**

# Srovnání samočinných metod

## **Minimalizace práce:**

- Poměrně hrubá nastavitelnost (stupeň sítě)
- Pomalé

## **Hybridní samoorganizační morphing**

- Mnoho parametrů (metoda je ale celkem robustní)
- Horší chování na okrajích obrázku (dědictví SOM)
- Možnost jemnějšího ladění
- Lepší vystižení hran
- Stačí méně řídicích bodů
- Lepší možnosti kombinování (používá korespondence)

# Závěrečná doporučení

- Ostré hrany, geometrické tvary, kresby?
- Velmi podobné obrázky a zkušenosti s metodou minimalizace práce?
- Větší odlišnosti, nechci se nimrat s parametry?
- Jasná představa o výsledku?

# Bohatství nabytých zkušeností

- Lépe odhadnout potřebný čas
- Více času věnovat textu a solidním experimentům
- Nemít velké oči, včas se krotit v nápadech
- Ještě více zdravé lenosti a automatizace

# Zhodnocení

Cíl splněn:

Víme, že samoorganizační metody k řešení morphingu využít lze.

Navrhli jsme perspektivní metodu, která od uživatele nevyžaduje určení korespondencí.

Dotazy

Děkuji za pozornost.



# Zdroje

## Ilustrační obrázky:

- \_ Česká televize: <http://www.ceskatelevize.cz/specialy/arabela>, 16. 9. 2009
- \_ Paramount Pictures, Indiana Jones and the Last Crusade (1989)
- \_ Wikimedia Commons, Dwayne Reed at en.wikipedia.org
- \_ Braun C., Gruendl M., Marberger C. A kol. Beauty-check - Ursachen und Folgen von Attraktivitaet. Dostupné on-line: <http://www.beautycheck.de/english/bericht/bericht.htm>
- \_ Wolberg G. (1998): Image morphing: a survey. Visual Computer 14, 360-372. Springer-Verlag.
- \_ Sederberg T. W., Greenwood E. (1992): A physically based approach to 2D shape blending. Computer Graphics 26, 25-34.