Zpracování digitalizovaného obrazu (ZDO) - Popisy I

Úvod

Ing. Zdeněk Krňoul, Ph.D.

Katedra Kybernetiky
Fakulta aplikovaných věd
Západočeská univerzita v Plzni

Podpořeno: ESF projekt Západočeské univerzity v Plzni
reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_015/0002287

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

DEPARTMENT OF CYBERNETICS

Obsah:

- IDENTIFIKACE OBLASTÍ
- POPIS TVARU NA ZÁKLADĚ HRANICE OBLASTÍ
  - geometrické popisy hranice
  - segmentální popisy hranice a kódové popisy
- REPREZENTACE A POPIS TVARU VYCHÁZEJÍCÍ Z OBLASTI OBRAZU
  - Jednoduché skalární popisy
  - Momentový popis
  - Popis textury

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS

Cílem popisu je určit:

- číselný vektor příznaků
- nečíselný syntaktický popis

který charakterizuje **tvarové** i **jiné vlastnosti** popisovaného objektu.

- Takový popis objektu/oblasti je potom předkládán **klasifikátoru** k rozpoznání.
- Tvarové vlastnosti jsou ve většině případů určovány jen dvourozměrně (tedy bez 3D rekonstrukce).
- Technika popisu bývá v některých případech úzce spojena s technikou segmentace (jakožto podmiňující operace k popisu)

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

DEPARTMENT OF CYBERNETICS

Problematika definice tvaru:

- dosud se o tvaru hovořilo nejčastěji slovně (kulatý, podlouhlý, s ostrými rohy) nebo pomocí obrázků.
- s nástupem ICT vyvstala potřeba popsat i složité tvary tak, aby s nimi mohla výpočetní technika pracovat.
- přes existenci řady prakticky použitelných metod popisu tvaru **nebyla dosud vytvořena** obecná metodologie, dosavadní přístupy mají své klady i zápory.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Rozdělení metod popisů:

Charakter vstupní reprezentace:

- oblast
- hranice

Zachování informace:

- lze rekonstruovat tvar objektu
- nelze

Metody:

- matematické
- heuristické

Způsob reprezentace vede k popisu

- příznakovému
- syntaktickému

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS

IDENTIFIKACE OBLASTÍ

- Identifikace oblasti(í) je nutným předpokladem k popisu
- Poskytuje možnost jednoznačné odvolávky / ukazatele na každou oblast obrazu

Barvení - Connected Components Labeling:

- každou oblast opatříme neopakujícím se přirozeným číslem
- pozadí má číslo 0, oblastem jsou přiřazena čísla od 1,
- pak největší identifikační číslo oblasti udává počet oblastí v obraze;
- tato identifikace bývá nazývána **barvení**

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

DEPARTMENT OF CYBERNETICS

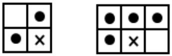
Jiná technika barvení oblastí:

- použijeme menší počet identifikačních čísel;
- pouze zajistíme, aby žádné dvě **sousední** oblasti neměly **stejné** identifikační číslo;
- teoreticky stačí čtyři barvy / čísla pro takové obarvení;
- pro identifikaci oblastí je pak třeba mít pro každou oblast uloženou informaci o poloze některého jejího bodu.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS

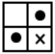
Barvení je sekvenční proces - první průchod:

- procházíme obraz po řádcích
- každému nenulovému obrazovému elementu přiřadíme hodnotu podle hodnoty všech jeho již obarvených sousedů
- jsou-li všechny nulové, přiřadíme bodu dosud nepřidělenou barvu
- pokud je jeden nenulový, nebo je více nenulových, ale se stejnou barvou, přiřadíme bodu tuto jeho/jejich barvu
- maska pro 4-okolí a 8-okolí:



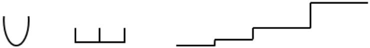
- pokud je více nenulových s různou barvou, přiřadíme bodu jednu z těchto barev a zaznamenáme barvy do tzv. tabulky ekvivalence barev (došlo k tzv. *kolizi barev*)

0	0	1	0	1
0	0	1	0	1
0	0	1	0	1
0	1	1	1	1



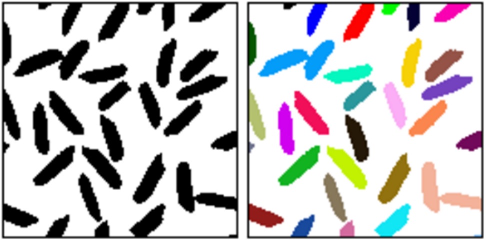
0	0	1	0	2
0	0	1	0	2
0	0	1	0	2
0	3	?	?	?

Pozn.: ke kolizi barev dochází v praxi velmi často u objektů tvaru:



Druhý průchod:

- projdeme znovu celý obraz po řádcích a přebarvíme obrazové body kolizních barev podle tabulky ekvivalence barev
- každé oblasti odpovídá označení jedinou, v jiné oblasti se nevyskytující barvou
- chceme-li barvením zároveň zjistit počet objektů, musí být při přebarvování přidělovány barvy z množiny přirozených čísel vzestupně tak, aby žádné nebylo vynecháno



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS

Popis hranice posloupností segmentů

Jednou z variant je popis posloupností segmentů daných vlastností. Je-li znám typ každého segmentu, je hranice popsána *řetězem typů segmentů*

Popis úseky konstantního zakřivení K přímkovým úsekům přibudou úseky, které lze nahradit polynomiální aproximací druhého řádu – **části kružnic, elips** atd. Výsledný popis je řetěz primitiv (typ úseků)[1];

Segmenty hranice Vychází z polygonálního popisu, který aproximuje oblast polygonální sítí, oblast je reprezentována její vrcholy[2] (např. významné body hranice). Segmenty hranice jsou v tomto případě úseky (okraj sítě), které lze nahradit úsečkou (lze použít aproximace s různou přesností).

[1] vhodný pro syntaktické rozpoznávání

[2] např. AAM model ... bude popsán později.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

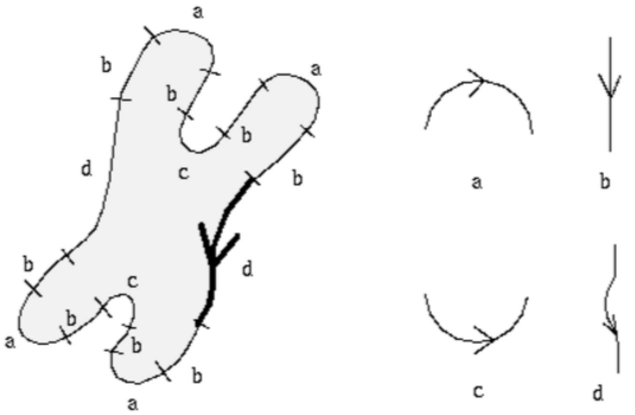
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

DEPARTMENT OF CYBERNETICS

Technika nahrazování přímkovými úseky:

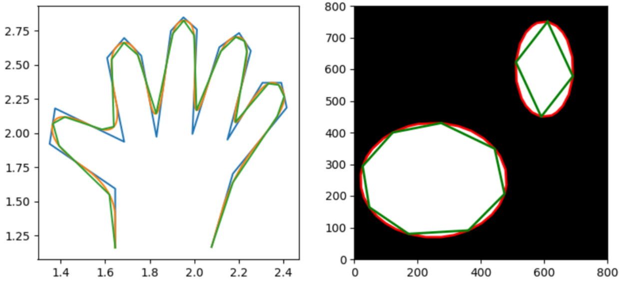
- Aglomerativní přístup: k segmentu jsou postupně přidávány body (úseky) hranice, dokud segment neztratí přímkový charakter. V tomto případě je založen nový segment.
- Divizní přístup: opačný přístup – rekurzivní štěpení. Vycházíme z koncových bodů a dělíme hranici na menší úseky tak dlouho, až všechny segmenty mají přímkový charakter (vyjádřený kritériem)

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS



Obrázek: Příklad: Segmentový popis hranice objektu chromozonu posloupností 4 typů segmentů, získaný popis je $(d, b, a, b, c, b, a, b, d, b, a, b, c, b, a, b)$

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



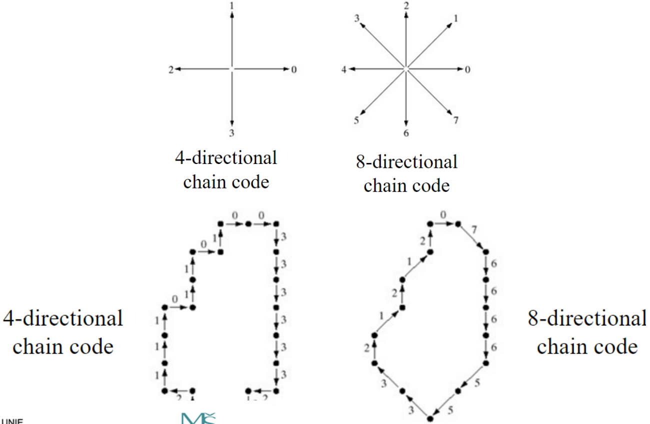
[3]

Obrázek: nalevo: aproximace hranice pomocí Douglas-Peucker algoritmu, napravo: rozdělení hranice na posloupnost křivek B-splines

[3] http://scikit-image.org

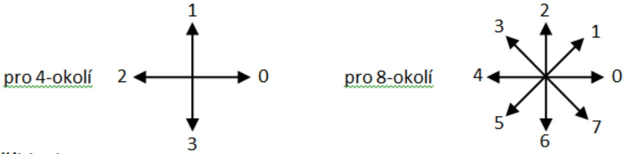
Freemanovy řetězové kódy

- Hranice je určena počátečním bodem a posloupností symbolů odpovídajících úsečkám jednotkové délky.
- Přiřazení symbolů jednotlivým směrům je:

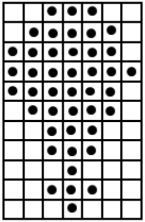


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS

Příklad:



Příklad:



556677675713121213234 4

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS

Má-li být Freemanův popis použit pro porovnání, může být :

Nezávislý na volbě počátečního bodu - jednou z užívaných metod je určit počáteční bod popisu tak, aby řetěz interpretovaný jako číslo v osmičkové (čtyřkové) soustavě bylo nejmenší číslo ze všech možných řetězů reprezentujících hranici. např.
5566776757131212132344 $\rightarrow$
1212132344556677675713

Pevně natočený kód o k – násobek 45° (90°) – přičtení k ke každému symbolu řetězu modulo 8 (4)

Nezávislý na natočení - naopak má-li být popis nezávislý na natočení, lze použít derivaci (1. diferenci modulo 8 (4)), což je posloupnost čísel, která ukazují změny směru hranice. např.
5566776757131212132344 $\rightarrow$
0101071622261717271101

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS

Diferenční nezávislý - nezávislý na volbě počátečního bodu např.

$$0101071622261717271101 \rightarrow$$
$$\mathbf{0101010716222617172711}$$

pozn.: Freemanův řetězový kód lze použít také k popisu skeletu.
pozn. 2: Tento popis je vhodný pro syntaktické (strukturální) metody rozpoznávání.

demo

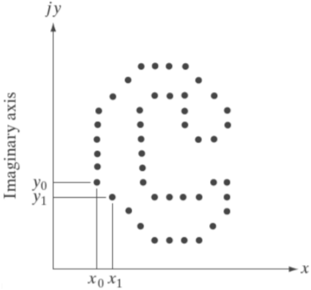
Fourier Descriptory

Popis tvaru z frekvenčního hlediska

- bod hranice vyjádřen jako komplexní číslo

$$s(k) = x(k) + jy(k) \; k = 0, 1, 2 \ldots K - 1 \qquad (1)$$

x, y jsou souřadnice hranice



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS

Fourierovy Descriptory

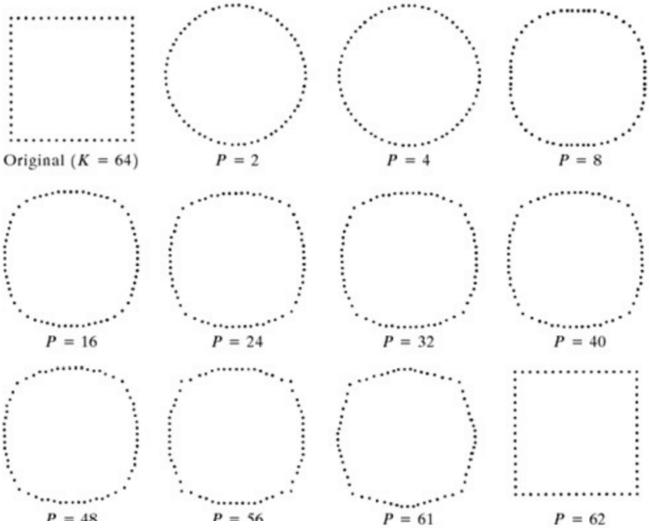
- Fourierův deskriptor je pak vyjádřen ve frekvenční oblasti jako:

$$a(u) = \sum_{k=0}^{K-1} s(k) e^{\frac{-j2\pi uk}{K}} \quad u = 0, 1, 2 \dots K-1 \tag{2}$$

- a zpětná rekonstrukce (re-projekce) tvaru hranice do obrazové roviny je pak:

$$\hat{s}(k) = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} a(u) e^{\frac{j2\pi uk}{K}} \quad k = 0, 1, 2 \dots K-1 \tag{3}$$

Fourierovy Descriptory



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

- Fourierovy descriptory nejsou invariantní k transformacím, ale jsou známy jejich vztahy k těmto transformacím:
- translace:

$$a_T(u) = a(u) + \Delta_{xy}\delta(u) \tag{4}$$

- rotace o úhel θ:

$$a_R(u) = a(u)e^{j\theta} \tag{5}$$

- změna měřítka α:

$$a_s(u) = \alpha a(u) \tag{6}$$

- změna volby počátku k_0:

$$a_p(u) = a(u)e^{\frac{-j2\pi k_0 u}{K}} \tag{7}$$

REPREZENTACE A POPIS TVARU VYCHÁZEJÍCÍ Z OBLASTI OBRAZU

Jednoduché, heuristikami motivované postupy: např. velikost, pravoúhlost, podlouhlost, aj.

- Tyto charakteristiky jsou jednoduché a dávají dobré výsledky pro jednoduché tvary, pro složitější tvary však selhávají a je třeba volit postupy, které složité oblasti nejprve rozdělí na jednodušší části, které lze pospat samostatně.
- Objekt složený z takových částí lze popsat např. *rovinným grafem*, jehož uzly odpovídají částem vzniklým dekompozicí objektu.
- Dvě možné cesty – *kostra* nebo *dekompozice* (např. pomocí získávání konvexních podoblastí) $\rightarrow$ vytvoření grafu s uzly vázanými nějakou relací sousednosti

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS

Jednoduché skalární popisy oblastí:

Velikost - Area

- nejjednodušší a zcela přirozená vlastnost
- dána počtem obrazových elementů, obsažených v oblasti
- při znalosti velikosti obrazového bodu lze zjistit i skutečnou velikost oblasti (velikost bodu nemusí být stejná pro všechny body obrazu – např. družicový snímek)
- výpočet velikosti v obarveném obraze:

$$S_{area} = \sum_{i,j} g(i,j,p) \tag{8}$$

$$kde \;\; g(i,j,p) = \begin{cases} 1 & \text{pro } f(i,j) = p \\ 0 & \text{jinak} \end{cases} \tag{9}$$

p je barva (identifikační číslo)

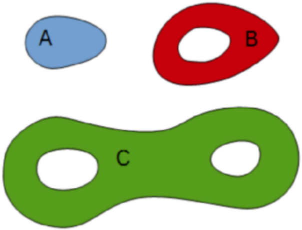
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS

Eulerovo číslo

- nejjednodušší a zcela přirozená vlastnost

$$E = S - N \tag{10}$$

S - počet souvislých částí oblasti N – počet děr



Obrázek: Tři oblasti s Euler číslem A=1, A=0, A=-1[4]

[4] http://imagej.net

Projekce, výška, šířka, ...

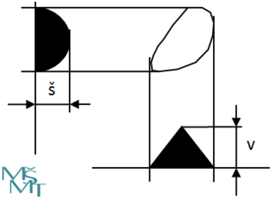
Horizontální projekce: promítnutí tvaru do y-sové osy obraz

$$p_H(i) = \sum_j g(i,j,p) \tag{11}$$

Vertikální projekce: promítnutí tvaru do x-nové osy obraz

$$p_V(j) = \sum_i g(i,j,p) \tag{12}$$

kde p je číslo oblasti



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS

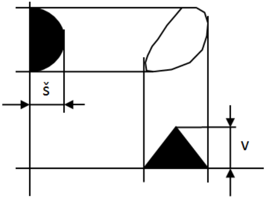
Výška:

$$vyska = \max_j p_V(j) \tag{13}$$

Šířka:

$$sirka = \max_i p_H(i) \tag{14}$$

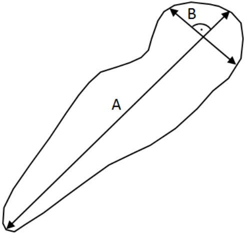
Feretovy průměty – pro určitý úhel pohledu
- nejprve se provede rotace objektu o daný úhel
- pak se spočítá horizontální projekce



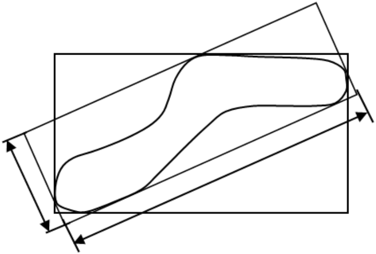
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS

Popis tvaru:

Výstřednost poměr délek nejdelší tětivy A a nejdelší k ní kolmé tětivy B



Podlouhlost poměr mezi délkou a šířkou pravoúhelníku opsaného oblasti, který má nejmenší plochu ze všech pravoúhelníků, které lze oblasti opsat



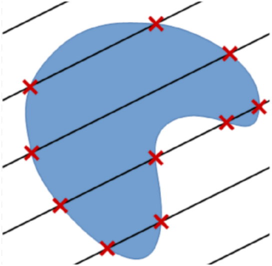
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

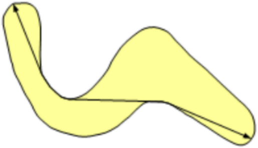
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

DEPARTMENT OF CYBERNETICS

Průměr a geodetický průměr

- průměr - je vypočten postupným výpočtem průsečíků se sadou přímek;
- geodetický průměr - je nejdelší ze vše nejkratších cest (spojnic) dvou bodů hranice nekonvexního objektu





Pravoúhlost je maximum všech poměrů F_k mezi velikostí oblasti a plochou opsaného pravoúhelníka v daném směru (natočení) k

k měníme diskrétně, postačí měnit v rozmezí 0° až 90°

$$pravouhlost = \max_k F_k \quad ; pravouhlost \in (0, 1)$$

$pravouhlost = 1$ - popisuje dokonale pravoúhlou oblast

Směr
- má smysl jen pro podlouhlé oblasti
- směr delší strany opsaného obdélníku použitého pro výpočet podlouhlosti / pravoúhlosti

Nekompaktnost je vlastnost daná poměrem obvodu oblasti a jejím obsahem

$$nekompaktnost = \frac{(o_{area})^2}{S_{area}}$$

pozn. nejkompaktnější v Euklidově prostoru je kruh

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS

- Interpretujeme normalizovanou jasovou funkci obrazu jako hustotu pravděpodobnosti dvojrozměrné náhodné veličiny.
- Vlastnosti této veličiny lze vyjádřit pomocí statistických vlastností – momentů. Lze použít pro binární i šedotónové obrazy.

Obecný moment:

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) dx\, dy$$

v diskrétním případě (obraze)

$$m_{pq} = \sum_{i,j} i^p j^q f(i, j)$$

pozn. není invariantní vůči změně velikosti, natočení, ... *dotónovým transformacím*

Centrální moment

$$\mu_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x - x_t)^p (y - y_t)^q f(x, y) dx\, dy$$

v diskrétním případě (obraze)

$$\mu_{pq} = \sum_{i,j} (i - i_t)^p (j - j_t)^q f(i, j)$$

kde $i_t = \frac{m_{10}}{m_{00}}$ a $j_t = \frac{m_{01}}{m_{00}}$
pozn. je invariantní vůči posunu

Normovaný centrální moment

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{(\mu_{00})^{\gamma}}$$

kde

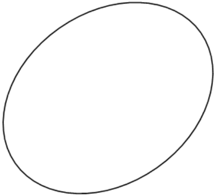
$$\gamma = cela\ cast\left(\frac{p+q}{2}\right) + 1$$

pozn. je navíc invariantní vůči změně měřítka

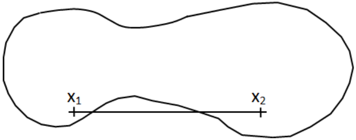
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS

Další popisy tvaru - konvexní popisy

Oblast R je *konvexní* právě tehdy, když pro každé dva body $x_1, x_2 \in R$ platí, že všechny body úsečky x_1, x_2 také patří do R.

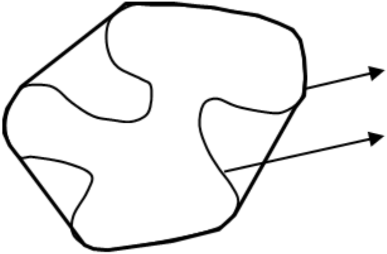


konvexní oblast

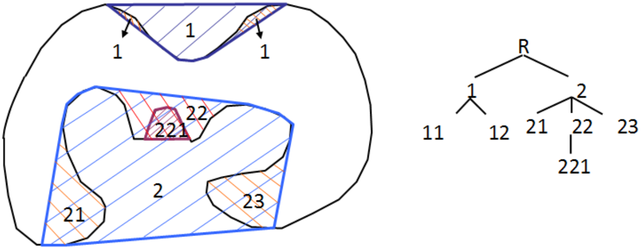


konkávní oblast

Konvexní obal ▶ nejmenší konvexní oblast H taková, že $R \subset H$



Strom konkávnosti oblastí ► vytváříme konvexní obal oblastí, konvexní obal konkávní části, obal konkávních částí těchto částí, atd.



Připoměňme, že výše zmíněné popisy jsou jednoduché a primitivní a používají se vždy kombinovaně a pro popis pouze logických částí komplexního objektu

Výhody reprezentace oblastí grafem:

- nezávislost na poloze a natočení, přitom obě vlastnosti mohou být do popisu grafem zahrnuty
- necitlivost vůči konkrétnímu provedení daného tvaru
- nezávislost na velikosti (pokud nedochází ke kolizi s rozlišením obrazu)
- člověku blízká tvarová reprezentace, ze které lze snadno určit významné prvky popisu
- vhodná pro syntaktické rozpoznávání

Pozn. Z uvedených vlastností plyne i složitost získávání tvarového popisu. Chceme-li se přiblížit skutečnému počítačovému vidění, jiné cesty pravděpodobně není.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS

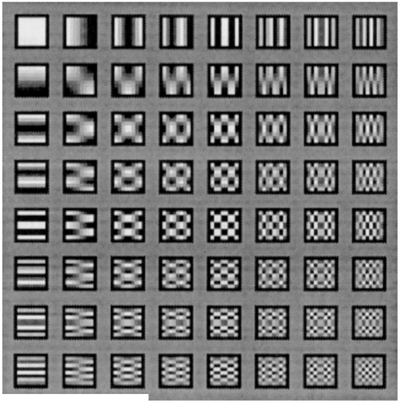
Diskrétní cosinová transformace - Discrete Cosine Transform (DCT)

- principiálně vychází z Fourierovy transformace (tam je dekompozice do sin a cos fcí.)
- vhodný popis např. pro textury
- v základu získáváme popis části (bloku) oblasti funkcí vyjádřenou jako suma consinových funkcí kmitajících na různých frekvencích a různou amplitudou
- pouze reálná koeficienty

$$F(u,v) = \sqrt{\frac{2}{N}}\sqrt{\frac{2}{M}}\sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{M-1}\Lambda(i)\Lambda(j)cos[\frac{\pi u}{2N}(2i+1)]cos[\frac{\pi v}{2M}(2j+1)]f(i,j) \tag{15}$$

- kde M, N jsou rozměry bloku a $f(i,j)$ je jasová funkce

- princip je využit např. v JPEG kompresi, kdy kompresí jsou vysoké frekvence zahozeny
- oblast často rozložena např. na 8x8 px. bloky ($N = 8$) v kterých se DCT koeficienty Λ počítají
- ekvivaletní přístup je výpočet konvoluce s předpočítanými 2D cos bázovými funkcemi



Gaborovy filtry - Gabor filter

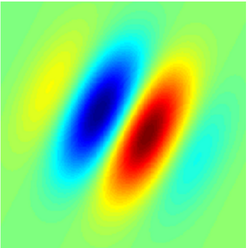
- Gaborovy filtry jsou popisy pro obecnou analýzu textury (reprezentaci nebo diskriminaci) nebo často pro popisy vhodné pro OCR, otisk prstů aj.
- 2D Gabor filtry jsou Gaussian kernel funkce modulované sinusovou rovinou vlnou.

$$g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = exp(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}) exp(i(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \psi))$$

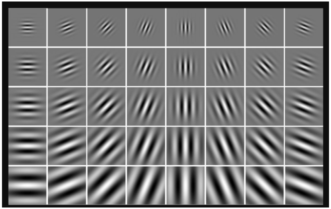
kde

$$x' = x \cos\theta + y \sin\theta$$
$$y' = -x \cos\theta + y \sin\theta$$

λ reprezentuje délku vlnky, θ orientaci, ψ fázový posun, σ směrodatná odchylka modulace a γ aspekt ration (zploštění vlnek)

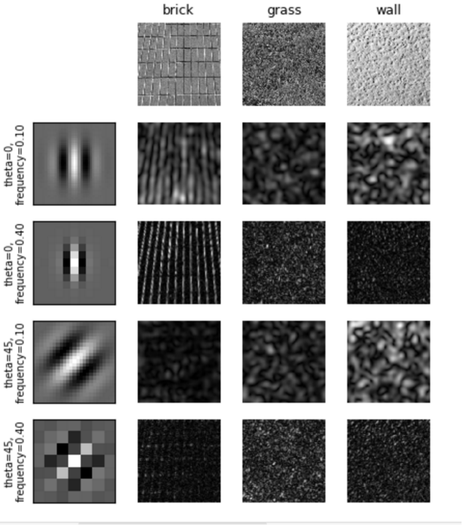


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS



- Popisy textur založené na Gaborovým filtru využívají vždy nějakou sadu filtrů
- Obsažená frekvence a orientace filtrů se podobná postupu, které používá člověk
- Obrázky jsou filtrovány použitím reálné části různých kernel funkcí
- Střední hodnota a rozptyl filtrovaných obrázků jsou použity jako popisy přímo pro klasifikaci (v nejjednodušším případě podle nejmenší kvadratické chyby).

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
DEPARTMENT OF CYBERNETICS



demo (http://matlabserver.cs.rug.nl/cgi-bin/matweb.exe)