

# GUI PRO SEGMENTACI OBRAZŮ

Z. Měřínský, A. Gavlasová

Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav počítačové a řídicí techniky

## Abstrakt

**Analýza obrazů a číslicová filtrace** tvoří základ v oblasti digitálního zpracování obrazu. Dalším krokem ve vývoji počítačových technik je segmentace obrazu. Článek je zaměřen na použití diskrétní Fourierovy transformace a číslicové filtrace s následnou segmentací obrazu pomocí "watershed" neboli rozvod'ové transformace. Velká pozornost je věnována tvorbě grafického uživatelského prostředí, které v sobě obsahuje všechny použité algoritmy a poskytuje uživateli příjemnou práci na základě interaktivních grafických prvků.

## 1 Úvod

Segmentace obrazů hraje důležitou roli v dnešním světě počítačové techniky. Můžeme ji přitom označit za samostatný směr, ve kterém se dá využít mnoho základních poznatků ze zpracování obrazů nabytých dosud. Segmentace nám otevírá nové možnosti v medicínské diagnostice, v průmyslové automatizaci, při chemické analýze a v mnohých dalších oblastech. Základem úspěšné segmentace je vhodně zvolená metoda pro zpracování obrazu. V tomto článku se budeme zabývat metodami zpracování obrazu, konkrétně analýzou obrazu pomocí diskrétní Fourierovy transformace (DFT) a číslicovou filtrací s využitím FIR filtrů, a dále se zaměříme na principy segmentace obrazů a jejich aplikaci. V části segmentace obrazu se věnujeme především "watershed" nebo-li rozvod'ové transformaci. Poslední část tohoto článku řeší problém zpracování algoritmu jako celku a to pomocí grafického uživatelského prostředí (GUI), které nabízí uživateli výstup v podobě grafického okna s interaktivními prvky.

## 2 Vybrané metody analýzy obrazů

V digitalizované podobě je obraz reprezentován maticí o velikosti  $M \times N$ . Každé číslo matice odpovídá jednomu *pixelu* (picture element). Hodnota jednotlivých čísel v matici závisí na **obrazové funkci**  $a(m, n)$ . Obrazová funkce je různá pro každou *barevnou složku* obrazu (např. RGB obraz má tři složky barev, intenzitní má pouze jednu složku).

### 2.1 Dvouozměrná diskrétní Fourierova transformace (2D DFT)

Tato metoda je průkopníkem analýzy obrazu. Rozšiřuje jednorozměrnou DFT používanou při detekci významných frekvenčních složek diskrétního signálu. Pomocí 2D DFT je obrazová funkce  $a(m, n)$  převedena do frekvenční oblasti  $A(u, v)$  pomocí následujícího vztahu [15].

$$A(u, v) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} a(m, n) e^{-2\pi j \left( \frac{mu}{M} + \frac{nv}{N} \right)}, \quad u = 0, 1, \dots, M-1, \quad v = 0, 1, \dots, N-1 \quad (1)$$

Dvouozměrná DFT je také definována pro převod zpět na obrazovou funkci.

$$a(m, n) = \frac{1}{MN} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} A(u, v) e^{2\pi j \left( \frac{mu}{M} + \frac{nv}{N} \right)}, \quad m = 0, 1, \dots, M-1, \quad n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2)$$

K odhadu výkonové spektrální hustoty  $P(u, v)$ , která slouží k detekci významných složek obrazu je možné využít následující vztah.

$$P(u, v) = |A(u, v)|^2 \quad (3)$$

### 3 Metody číslicové filtrace

Číslicová filtrace je významný nástroj při potlačování rušivých složek obrazů. Filtr si lze představit jako lineární časově invariantní systém s jedním výstupem a jedním vstupem. Filtraci můžeme provádět jednak v časové oblasti a také ve frekvenční oblasti. V této práci aplikujeme filtr v časové oblasti.

#### 3.1 FIR filtry

V této práci se omezujeme na použití FIR filtru. Je to filtr s konečnou impulsní charakteristikou, která vychází z odezvy na jednotkový skok. Dvouozměrné FIR filtry jsou rozšířením jednorozměrných FIR filtrů. Pro svou stabilitu jsou velmi používané pro filtraci obrazů.

2D FIR filtr je matice  $\mathbf{h}$  rozměrů  $N_1 \times N_2$ , tedy stejných rozměrů jako původní obraz  $\mathbf{A}$ , na který bude filtr aplikován. Výstupní obraz  $\mathbf{y}$  získáme po aplikaci následující diferenční rovnice [9]. Tato rovnice je vlastně dvouozměrná *konvoluce*.

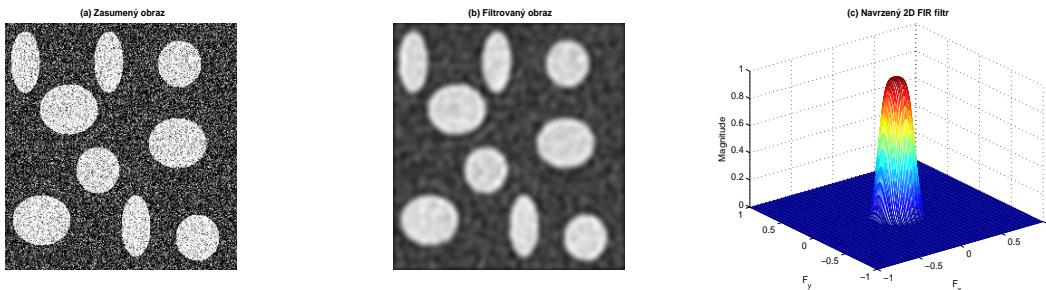
$$y(n_1, n_2) = \sum_{l_1=0}^{N_1-1} \sum_{l_2=0}^{N_2-1} h(l_1, l_2) a(n_1 - l_1, n_2 - l_2) \quad (4)$$

Filtr je také charakterizován frekvenčním přenosem, symboly  $\omega_1$  a  $\omega_2$  jsou mezní úhlové frekvence.

$$H(e^{j\omega_1}, e^{j\omega_2}) = \sum_{n_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_2=0}^{N_2-1} h(n_1, n_2) e^{-j\omega_1 n_1} e^{-j\omega_2 n_2} \quad (5)$$

Při filtraci, kterou můžeme vidět na obr. 1, tzn. při návrhu filtru a jeho aplikaci na obraz postupujeme následovně:

1. analýza daného obrazu - určení frekvenčních složek pomocí 2D DFT
2. určení frekvenčního pásmá užitečných informací - určení mezních frekvencí
3. výběr typu filtru
4. určení konstant diferenční rovnice
5. aplikace diferenční rovnice na obraz



Obrázek 1: Na obrázku je zobrazen zašuměný obraz (a) a filtrovaný obraz (b) po aplikaci navrženého nízkofrekvenčního filtru (c)

#### 3.2 Mediánový filtr

Tento filtr je založen na vyhledávání mediánu [7]. Medián  $\tilde{x}$  je hodnota, která se nachází uprostřed statistického souboru hodnot  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , které musí být seřazeny podle velikosti. Tohoto postupu využívá i mediánový filtr [1],[3]. Mediánový filtr umožňuje vyhlazení extrémních hodnot v obraze. Kolem každého pixelu v obraze se vytvoří okolí, ze kterého se vypočítá medián. Pak je původní hodnota toho pixelu nahrazena hodnotou mediánu, tak jak je to naznačeno na

obr. 2. Tento postup se opakuje na všechny pixely v obrazu. Čím je oblast pro výpočet mediánu větší, tím větší je vyhlazení. Je-li počet hodnot, ze kterých počítáme medián, lichý, pak se jako výsledná hodnota vezme prostřední hodnota z tohoto souboru hodnot. Je-li počet hodnot sudý, medián se vypočítá jako průměr dvou prostředních hodnot.



Obrázek 2: Oblast pixelů, na kterou je použit mediánový filtr

## 4 Principy segmentace obrazů

Tato práce je zaměřená na použití rozvod'ové transformace, která se aplikuje pro detekci obrazových částí. Je založena na zeměpisném významu slova **rozvodí** a tvoří základní matematický nástroj pro segmentaci šedotónového obrazu [2], [6], [5]. Rozvodí je brázda, která rozděluje zeměpisné plochy vyčerpané různými říčními systémy. Spádová jímká je zeměpisná plocha stahující vodu do řeky nebo do jezera a je to objekt nebo region, který chceme identifikovat a najít jeho obrys. Pro nalezení obrysů těchto objektů, využijeme nástroj běžně používaný ve spojení s rozvod'ovou transformací a to transformaci distanční.

Distanční transformaci lze aplikovat pouze na binární obrazy. Transformace binárního obrazu  $\mathbf{A}_{M,N}$  se provádí výpočtem euklidovské vzdálenosti každého pixelu  $a_{i,j}$  k nejbližšímu pixelu  $a_{k,l}$  s hodnotou 1 [6]. Elementy  $b_{i,j}$  transformované matice  $\mathbf{B}_{M,N}$  jsou definovány vztahem:

$$b_{i,j} = \begin{cases} 0 & \text{pro } a_{i,j} = 1 \\ \min_{\forall k,l, a_{k,l}=1} (\sqrt{(i-k)^2 + (j-l)^2}) & \text{pro } a_{i,j} = 0, i = 1, 2, \dots, M, j = 1, 2, \dots, N \end{cases} \quad (6)$$

Příklad aplikace distanční transformace vypočtené pomocí rov. (6) je uveden na následujících maticích **A** a **B**.

1 1 0 0 0	0.00 0.00 1.00 2.00 3.00
1 1 0 0 0	0.00 0.00 1.00 2.00 3.00
0 0 0 0 0	1.00 1.00 1.41 2.00 2.24
0 0 0 0 0	1.41 1.00 1.00 1.00 1.41
0 1 1 1 0	1.00 0.00 0.00 0.00 0.00

Binární obraz A

Transformovaný obraz B

Pro efektivní využití distanční transformace v segmentaci je však algoritmus rozšířen následujícím způsobem:

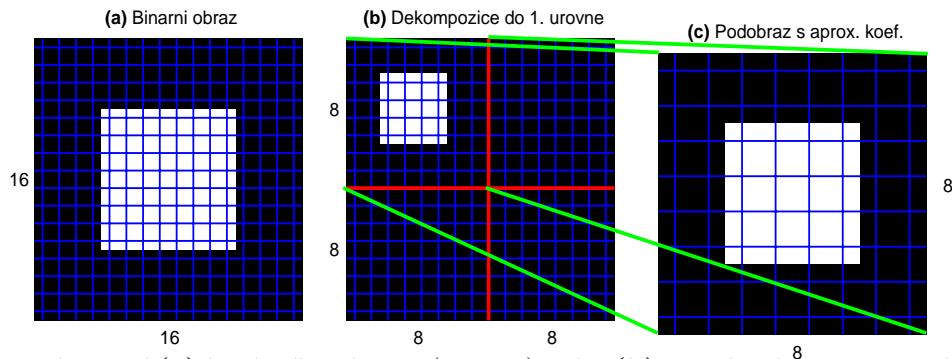
- binární obraz je převeden na komplementární
- na komplementární obraz se aplikuje distanční transformace

- transformovaný obraz se opět převede na komplementární a místo nul dosadíme  $-\infty$
- poté se aplikuje rozvod'ová transformace, která v obraze vyznačí hledané regiony

Pokud je obraz, který chceme segmentovat, zašuměný, vede segmentace pomocí rozvod'ové transformace k přesegmentování (obrovský počet regionů) a nejsme schopni určit počet správných segmentů. Následná klasifikace obrazu je bezvýznamná.

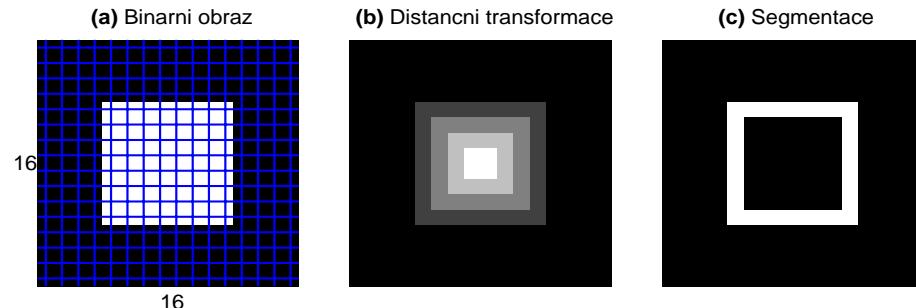
Segmentace založená na charakteristických vlastnostech obrazu, anglicky "Feature Based Image Segmentation" [12], [13] je další, velmi efektivní alternativou. Princip metody je založen na vytvoření vektoru vlastností. Algoritmus prochází pixel po pixelu, aktuální pixel se vždy stává kořenovým pixelem a na základě definovaného okolí kolem kořenového pixelu (např.  $7 \times 7$  pixelů) se vypočítá jeho vektor vlastností (počítá se např. střední hodnota, rozptyl, atd.). Tento vektor slouží jako vstup pro klasifikaci, kde je určen počet skupin, na které se má obraz rozdělit. Porovnáním vlastností jednotlivých skupin a vektoru vlastností daného pixelu určíme, do které skupiny patří právě náš kořenový pixel a přiřadíme mu jakousi nálepku. Tímto postupem označíme pixely celého obrazu a v tomtéž kroku obraz klasifikujeme do zvoleného počtu skupin.

Další metodou, která se zabývá segmentací, je metoda využívající wavelet transformaci, která umožňuje různá rozlišení obrazu, s následným využitím rozvod'ové transformace jak je vidět na obr. 3, 4 a 5, anglicky "Multiscale Image Segmentation Using Wavelets and Watersheds" [8]. Touto metodou využívající nižší rozlišení obrazu po dekompozici obrazu pomocí wavelet transformace se věnuje několik článků [10], [11], [16], [4]. Tato metoda se skládá ze čtyř kroků: dekompozice obrazu, segmentace, spojování regionů a zpětné projekce obrazu.



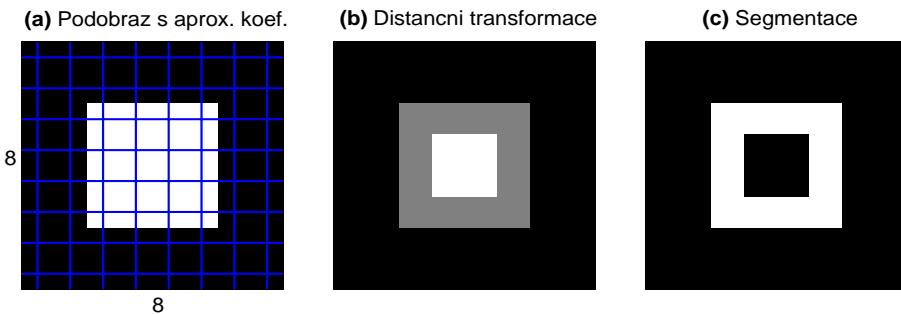
Obrázek 3: Zobrazení (a) binárního obrazu ( $16 \times 16$ ), jeho (b) wavelet dekompozice do 1. úrovně a (c) approximovaného podobrazu po dekompozici s nižším rozlišením ( $8 \times 8$ )

Nejprve dekomponujeme obraz pomocí wavelet transformace např. do druhé úrovně, dále segmentujeme approximovaný podobraz s nejnižším rozlišením s využitím rozvod'ové transformace (viz obr. 5). Poté slučujeme segmentované regiony na základě jejich vlastností a nakonec tento segmentovaný obraz s nízkým rozlišením promítneme zpět pomocí inverzní wavelet transformace na originální rozlišení obrazu. Tento algoritmus segmentace je náročný, ale jeho úspěšnost je vysoká.



Obrázek 4: Zobrazení (a) binárního obrazu ( $16 \times 16$ ) s původním rozlišením, jeho (b) distanční transformace a (c) segmentace

Z obr. 5 je zřejmé, že segmentaci je možné také dobře provádět na obrazech s nižším rozlišením, což může také zamezit vzniku nežádoucím regionů a také snížit výpočetní čas.



Obrázek 5: Zobrazení (a) podobrazu s aproximačními koeficienty ( $8 \times 8$ ) po wavelet dekompozici do 1. úrovně, jeho (b) distanční transformace a (c) segmentace

## 5 Popis GUI

### 5.1 Tvorba GUI v systému Matlab

Systém Matlab nabízí možnost vytvářet grafická uživatelská prostředí (GUI), která zjednoduší používání vytvořených programů. Jsou dvě možnosti, jak grafické uživatelské prostředí vytvořit.

- S použitím zdrojového kódu
- S využitím vestavěného editoru

Pro začátečníky je výhodnější při návrhu prostředí použít vestavěný editor, který umožňuje interaktivní formou nastavit hlavně grafické vlastnosti navrženého prostředí. Po uložení návrhu editor také vygeneruje m - soubor, do kterého je možno přidávat vlastní části programu. Editor umožňuje přímo vkládat ovládací či zobrazovací prvky GUI. Navíc obsahuje tzv. menu editor, kde je možno vytvářet či upravovat položky menu (např. položka File-New). Jednotlivé ovládací prvky je možné libovolně umístit v ploše editoru, která vymezuje vznikající GUI.

Každý prvek GUI má řadu vlastností, které je možno nastavovat. Jeden způsob je pomocí editoru GUI, kde je k dispozici tzv. *Property Inspector*. Ten zobrazí všechny dostupné vlastnosti ovládacího prvku a hodnoty, na které je možno jej měnit.

Druhý způsob je programově v m - souboru. K tomuto účelu jsou možné využít funkce **set** a **get**. Funkce **get** získá danou vlastnost, funkce **set** ji změní.

- Krátký úsek programu z GUI.

```
if islogical(x2) && ~issparse(x2);
set(handles.gamma,'Visible','Off');
else
set(handles.gamma,'Visible','On');
end
```

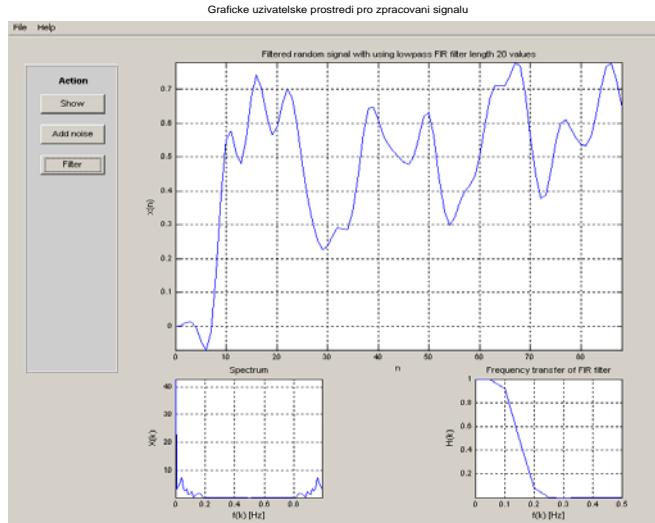
### 5.2 Možnosti navrženého GUI

Navržené GUI umožňuje aplikovat výše uvedené metody jak pro zpracování signálů, tak pro zpracování obrazů s tím, že pro zpracování obrazů je nabídka ještě rozšířena o segmentaci a úpravy obrazu. Pro signál je možné:

- Navržení signálu s dvěma náhodnými amplitudami, frekvencemi a náhodnou délkom
- Možnost volby délky signálu, dvou amplitud a frekvencí
- Otevření a uložení signálu do **MAT - souboru**
- Přidání náhodného šumu k signálu
- Návrh FIR filtru k potlačení či odstranění šumu ze signálu

Na obr. 6 je v horní části zobrazen filtrovaný signál a ve spodní části jeho spektrum a frekvenční charakteristika použitého filtru.

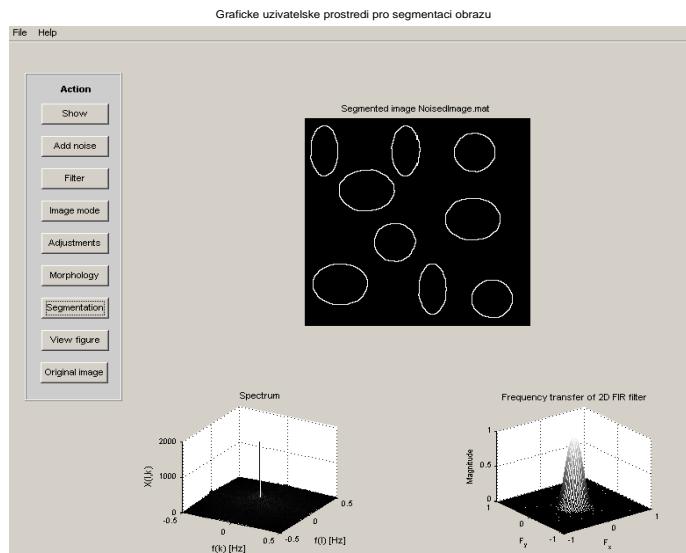
Těžiště práce je ve zpracování obrazů. Program nabízí i jiné možnosti úprav, než které byly popsány v předešlých částech a umožňuje:



Obrázek 6: Zobrazení grafického uživatelského panelu pro zpracování signálu

- Otevření a uložení dat do podporovaných formátů **JPEG, GIF, MAT**
- Přidání šumu k obrazu (*Gaussovský bílý* a *Salt and Pepper*)
- Návrh číslicových filtrů a jejich aplikace na obraz (popsáno v kapitole 3)
- Změny barevné reprezentace obrazu z RGB do intenzitního obrazu a ten pak do černobílého obrazu s volitelnou hodnotou prahu, přičemž je možno využít funkci `graythresh`, která vypočítá hodnotu prahu *Otsovou metodou* [14]
- Zpřístupnění další možnosti úprav obrazu pomocí tlačítka **Adjustments**
  - Úpravy jasové funkce obrazu
  - Úpravy histogramu – gama korekce
  - Geometrické transformace – změna rozlišení a výřez
- Operace binární matematické morfologie (dilatace, eroze, otevření a uzavření) pro černobílé obrazy
- Segmentaci obrazů pro černobílý obraz, kdy se zpřístupní tlačítko **Segmentation** a podle kvality původního či filtrovaného obrazu se provede segmentace

Obr. 7 uvádí příklad segmentace obrazu po aplikaci rozvodové transformace. V dolní části panelu je zobrazeno spektrum obrazu a použitý 2D filtr. V levé části obrazu jsou vidět tlačítka uživatelského prostředí.



Obrázek 7: Zobrazení grafického uživatelského panelu pro segmentaci obrazu

## 6 Závěr

Cílem tohoto příspěvku bylo navržení GUI pro segmentaci obrazů. K tomu je potřeba zahrnout také metody analýzy obrazu. Použitím navrženého GUI si uživatel může vyzkoušet nejen možnosti číslicového zpracování obrazů, ale i signálů. V případě signálů i obrazů lze přidat náhodný šum. Pro detekci významných frekvenčních složek je použita diskrétní Fourierova transformace. Aby se dala aplikovat v praxi teorie FIR filtrů, je možno si navrhnut v interaktivním grafickém prostředí vlastní FIR filtr. Stačí pouze zadat jeho délku a mezní frekvenci. K navrženému filtru se ihned zobrazí frekvenční přenos. Po aplikaci filtru a zobrazení výsledného signálu a obrazu a jejich spekter lze poznat, jestli byl filtr účinně navržen. Po filtrace je obraz převeden na černobílý obraz a je na něj aplikována distanční transformace následována rozvod'ovou transformací. Výsledný segmentovaný obraz a původní obraz pro srovnání jsou zobrazeny v samostatném okně.

V další práci se budeme věnovat rozšíření GUI o další metodu analýzy obrazu - wavelet transformaci, jejíž vlastnosti budeme využívat pro segmentaci obrazu. Po úspěšném zvládnutí segmentace bude možné pak rozvinout poslední část zpracování obrazu a to klasifikaci.

## Algoritmus

Následující část algoritmu popisuje filtrace a segmentaci obrazu s využitím rozvod'ové transformace, která je detailně popsána v kapitole 4.

```
• Načtení obrazu a analýza.  
A = load('SimImageNoised.mat');  
AA = fftshift(fft2(A)); AA = (AA-mean(AA(:)));  
  
• Návrh 2D FIR filtru a aplikace.  
f = [0 0.15 0.2 1]; m = [1 1 0 0];  
b = fir2(30,f,m); h = ftrans2(b);  
Afilt = filter2(h,A);  
  
• Segmentace obrazu.  
bw = im2bw(Afilt, graythresh(Afilt)); %převod na binární obraz  
bwc = bw; %vytvoření kompl. obrazu  
D = bwdist(bwc); %distanční transformace  
D1 = (D-min(D(:)))/(max(D(:))-min(D(:)));  
D = -D; D(bwc) = -Inf;  
LL = watershed(D); w = LL == 0; %rozvod'ová transformace
```

## Poděkování

Tato práce vznikla za podpory výzkumného grantu Fakulty chemicko-inženýrské Vysoké školy chemicko-technologické v Praze číslo 6046137306.

## Reference

- [1] Wikipedia - the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org>. Internet.
- [2] S. Arivazhagan and L. Ganesan. Texture Segmentation Using Wavelet Transform. *Pattern Recognition Letters*, 24(16):3197–3203, December 2003.

- [3] A. Walker B. Fisher, S. Perkins and E. Wolfart. Hypermedia image processing reference - median filter, <http://www.cee.hw.ac.uk/hipr/html/median.html>. Internet, 1994. Department of Artificial Intelligence, University of Edinburgh, UK.
- [4] Y. H. Chai, L. Q. Gao, and S. Lu. Wavelet-based Watershed for Image Segmentation Algorithm. *6th World Congress on Intelligent Control and Automation*, June 2006.
- [5] A. Gavlasová, A. Procházka, and M. Mudrová. Wavelet Use for Image Classification. *15th International Conference on Process Control, Štrbské Pleso*, 2005.
- [6] R. C. Gonzales, R. E. Woods, and S. L. Eddins. *Digital Image Processing Using MATLAB*. Prentice Hall, 2004.
- [7] J. Pavlík a kol. *Aplikovaná statistika*. VŠCHT Praha, 2005.
- [8] C. R. Jung. Multiscale Image Segmentation Using Wavelets and Watersheds. *Pattern Recognition Letters*, 2003.
- [9] L. Karam. 2D FIR Filters,  
[http://www.fulton.asu.edu/~karam/eee507/Lectures/eee507\\_2DFIRImplement.pdf](http://www.fulton.asu.edu/~karam/eee507/Lectures/eee507_2DFIRImplement.pdf). Internet, 2004.
- [10] J. B. Kim and H. J. Kim. Multiresolution-based Watersheds for Efficient Image Segmentation. *Pattern Recognition Letters*, 24:473–488, 2003.
- [11] H. Liu, Z. Chen, X. Chen, and Y. Chen. Multiresolution Medical Image Segmentation Based on Wavelet Transform. *Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, September 2005.
- [12] J.A. Rushing, H. Ranganath, T.H. Hinke, and S.J. Graves. Image Segmentation Using Association Rule Features. *IEEE Transactions on Image Processing*, 11(5):558–567, 2002.
- [13] C.W. Shaffrey. *Multiscale Techniques for Image Segmentation, Classification and Retrieval*. PhD thesis, University of Cambridge, Department of Engineering, 2003.
- [14] Inc. The MathWorks. Matlab help,  
<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/techdoc/matlab.html>. Internet, 1984–2007.
- [15] V. Hlaváč, M. Sedláček. *Zpracování signálů a obrazů*. ČVUT Praha, 2005.
- [16] J. Zhang and J. Fan. Medical Image Segmentation Based on Wavelet Transformation and Watershed Algorithm. *International Conference on Information Acquisition*, August 2006.

Bc. Zdeněk Měřinský, Ing. Andrea Gavlasová  
 Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
 Ústav počítacové a řídicí techniky  
 Technická 1905, 166 28 Praha 6 Tel.: 00420-220 442 970  
 E-mail: Zdenek.Merinsky@vscht.cz, Andrea.Gavlasova@vscht.cz