

SEGMENTATION OF ULTRASOUND IMAGES FOR VISUAL DIAGNOSIS

Jaromír Vaňhara

Master Degree Programme (2), FIT BUT

E-mail: xvanha01@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Michal Španěl

E-mail: spanel@fit.vutbr.cz

Abstract: This paper presents a texture segmentation method, that is used for visual enhancement of ultrasound images for better diagnosis. Texture features are extracted by applying a bank of Gabor filters. Then mean-shift clustering is performed to classify image pixels into region.

Keywords: Ultrasound, texture, Gabor filter, image segmentation, mean-shift

1 ÚVOD

Ultrazvukové vyšetření patří mezi běžné diagnostické metody. Narozdíl od jiných zobrazovacích metod v medicíně, v případě ultrazvuku není běžné použití metod vylepšení a zpracování obrazu. V této práci je popsána metoda segmentace ultrazvukového obrazu založené na detekci textury. Je zde využít Gaborův filtr a metoda mean-shift shlukování.

2 ROZBOR

Celý problém detekce textury a její použití při vizuální diagnostice je možné rozdělit na několik částí. Prvním stupněm je předzpracování obrazu. Ultrazvukové obrazy jsou obecně degradované značným šumem. Tento šum je třeba odstranit. Pro potlačení vlivu šumu je v této práci využít Gaussův filtr.

V další fázi se aplikuje sada Gaborových filtrů. Gaborův filtr je podrobněji popsán v následující části. Obraz se dále rozdělí na malé části a pro každou část obrazu se extrahuje příznakový vektor popisující charakteristiku textury v oblasti. Následuje metoda shlukování (angl. clustering), která rozdělí sadu příznakových vektorů do shluků. V této práci je využita metoda mean-shift. Poslední fází je vizualizace výsledku.

3 GABORŮV FILTR

Gaborův filtr [3] je použit pro extrakci příznakového vektoru. Následující rovnice popisují Gaborovu funkci, která je základem filtru. Jelikož je Gaborova funkce komplexní, je zde výpočet reálné složky f_{re} i imaginární složky f_{im} . Z obou složek lze vypočítat i velikost, nebo-li magnitudu (f_{mag}).

$$f_{re}(x, y) = e^{-\frac{(x'^2 + y'^2)}{2\sigma^2}} \cos\left(2\pi\frac{x'}{\lambda} + \varphi\right) \quad (1)$$

$$f_{im}(x, y) = e^{-\frac{(x'^2 + y'^2)}{2\sigma^2}} \sin\left(2\pi\frac{x'}{\lambda} + \varphi\right) \quad (2)$$

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (3)$$

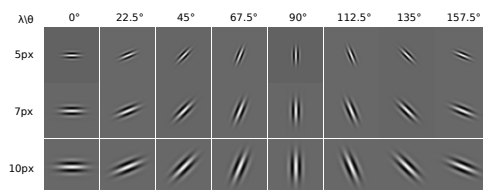
$$y' = -x \sin \theta + y \cos \theta \quad (4)$$

$$f_{mag}(x, y) = \sqrt{f_{re}(x, y)^2 + f_{im}(x, y)^2} \quad (5)$$

Důležitými parametry jsou zejména λ , který určuje vlnovou délku a θ , definující natočení. Parametr ϕ je fázový posun, σ určuje velikost filtru a γ ovlivňuje poměr šířky a délky jádra filtru.

4 EXTRAKCE PŘÍZNAKOVÉHO VEKTORU

Z odezev Gaborova filtru lze získat příznakový vektor, který charakterizuje danou texturu. Každý vektor popisuje malou část obrazu (o velikostech např. 10x10px, 16x16px nebo 32x32px). Celý obraz se filtruje sadou filtrů o různé vlnové délce (λ) a o různém natočení (θ). Zpravidla se používá 8 různých natočení ($\frac{\pi}{8}, \frac{2\pi}{8}, \dots, \frac{7\pi}{8}$) a 3 různé vlnové délky. Vytvoří se tak příznakový vektor se 24 dimenzemi. Jednotlivé vlnové délky je důležité volit podle charakteristiky dané sady obrazů tak, aby je co nejlépe popisovaly. Příklad jader filtrů jsou na obr. 1.



Obrázek 1: Jádra Gaborova filtru použité pro segmentaci obrazu se syntetickými texturami.

Pro výpočet vektoru je možné použít různé výstupy filtru - reálnou odezvu, imaginární odezvu nebo velikost. Nejvíce se osvědčila magnituda, která byla následně ještě rozmazána Gaussovým filtrem se stejnými parametry jako příslušný Gaborův filtr a poloviční hodnotou σ . Hodnoty prvků příznakového vektoru jsou pak sumou odezev filtru s danými parametry.

5 SHLUKOVÁNÍ

Dále se jednotlivé vektory rozdělí do skupin. K tomu je využita metoda mean-shift. Jejím principem je předpoklad, že hustota bodů v prostoru příznaků (tzv. feature space) roste směrem ke středu shluků.

Konkrétně je použita upravená hotová implementace popsána v [1]. Její výhodou je vyšší rychlost při použití vektorů s vyššími dimenzemi (více než 10). Metoda optimalizuje hledání blízkých bodů v prostoru příznaků. Založená je na tzv. *Locality Sensitive Hashing* (LSH). Prostor příznaků je rozdělen na oblasti. Existuje pak hashovací funkce, která přiřadí stejný hash pro všechny body ležící v dané oblasti.

6 VIZUALIZACE

Posledním krokem je zobrazení výsledků. Je zde několik možností. Výsledkem shlukování může být více shluků s určitou pravděpodobností, že do daného shluku oblast patří. Potom je možné výslednou barvu oblasti získat kombinací barev příslušných shluků. Výhodou takového přístupu jsou jemnější přechody mezi různými segmenty.

V současné době je ale implementována metoda, při níž se každé oblasti přiřadí pouze jeden shluk. Jelikož každý shluk je obarven jinou barvou, tak ve výsledném obraze jsou jasně patrné a ostré hrany mezi oblastmi.

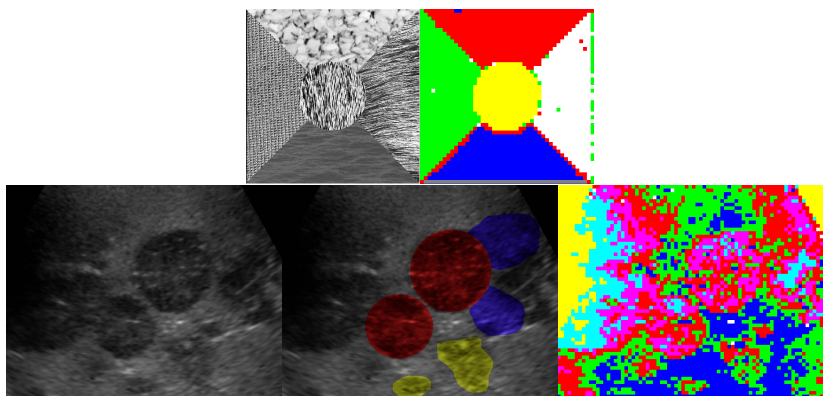
7 VÝSLEDKY

Na obr. 2 nahoře je možné vidět výsledek popsané metody segmentace na obraze s 5 syntetickými texturami. Je zde patrné, že metoda správně našla shluky. Drobné nedostatky jsou na rozhraních

textur a také na okraji obrazu. Okrajové hodnoty při segmentaci nebyly ošetřeny, proto tyto oblasti nejsou detekovány správně.

Obr. 2 dole ukazuje ultrazvukový obraz jater s několika metastázemi. V prostředním obraze jsou metastázy ručně vyznačeny červenou barvou. Oblasti, kde může docházet k prorůstání metastáz do okolí jsou zobrazeny modře. Žlutá barva značí artefakty v obraze (oblasti ultrazvukového stínu) a nevyznačené oblasti tvoří jaterní a okolní tkáň. V pravém obraze je vidět výsledek segmentace. Metoda relativně správně našla metastázy i další oblasti zájmu.

Při segmentaci byly využity vlnové délky (λ) 3px, 4px a 5px. V tomto případě by vizuálně lepší výsledek poskytla metoda zobrazení pomocí míchání barev více shluků.



Obrázek 2: Nahoře: Výsledek segmentace na obraze se syntetickými texturami. Dole: Ultrazvukový obraz jater s rakovinnými metastázemi. Zdrojový obraz převzat z [2].

8 ZÁVĚR

V této práci byla popsána metoda segmentace ultrazvukového obrazu na základě textury a její využití pro diagnostiku. Metoda poskytuje dobré výsledky při použití obrazu se syntetickými texturami i při segmentaci ultrazvukového obrazu. V navazující práci je třeba zejména dořešit lepší vizualizaci výsledků. Dále bude také následovat optimalizace algoritmů a případné vylepšení předzpracování obrazu.

9 PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla částečně za podpory grantu VUT FIT, FIT-S-10-2 a specifického výzkumu MSM0021630528.

REFERENCE

- [1] B. Georgescu, I. Shimshoni, and P. Meer. Mean shift based clustering in high dimensions: A texture classification example. In *Computer Vision, 2003. Proceedings. Ninth IEEE International Conference on*, pages 456–463. IEEE, 2008.
- [2] RadRounds Radiology Network. Pancreatic cancer with multiple liver metastases on ultrasound [online]. <http://www.radrounds.com/photo/pancreatic-cancer-with-2>, naposledy navštíveno 27. 2. 2011.
- [3] Wikipedia. Gabor filter [online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Gabor_filter, naposledy navštíveno 23. 3. 2011.