

Interaktivní segmentace buněčné membrány

Tomáš Ryba¹

1 Úvod

Pomocí polarizační mikroskopie je možné sledovat buňky, které mají do svých membrán navázané fluorescenční molekuly. Sledování změn orientace těchto fluorescenčních molekul může sloužit pro detekci řady procesů odehrávajících se v buňkách, například změn napětí na membránách neuronů viz např. Lazar et al. (2011).

Pro vyhodnocování získaných dat, je nutné segmentovat buněčnou membránu a popsat její tvar pomocí spline funkce. Původně byla segmentace membrány prováděna manuálně, což s sebou přinášelo celou řadu problémů. Pro jejich odstranění a celkové zefektivnění práce byly na snímku z mikroskopu aplikovány metody zpracování obrazu.

2 Segmentace buněčné membrány

Pro segmentaci membrány byla vyzkoušena celá řada segmentačních metod, které ovšem vzhledem k různorodosti vstupních dat neposkytovaly přijatelné výsledky. Mezi testované metody patří jak standardní metody (např. prahování, metody pracující s gradientem obrazu, narůstání oblastí) tak i metody středně pokročilé (např. aktivní kontury viz Cohen (1991)). Ovšem ani ty nebyly dostatečně robustní a proto bylo nutné naimplementovat metodu novou.

2.1 Lokalizované narůstání oblastí

Jelikož žádná z testovaných metod neprokazovala dostatečnou robustnost k úspěšnému vyřešení úlohy, byla implementována nová metoda. Jádrem metody je princip narůstání oblastí, ale splnění podmínky homogenity je testováno lokálně pouze v okolí testovaného bodu.

Nechť p je zkoumaný pixel a $N(p)$ je okolí pixelu p , které se bere v potaz. Dále označíme $N_O(p)$ množinu pixelů v okolí $N(p)$, které jsou klasifikovány jako součást buněčné membrány. Podobně $N_B(p)$ nechť jsou označeny pixely v okolí $N(p)$, které byly klasifikovány jako pozadí, nebo zatím nebyly klasifikovány vůbec. K určení příslušnosti pixelu p je zapotřebí určit vzdálenost jeho jasu k průměrnému jasu pixelů v množině $N_O(p)$ resp. k průměrnému jasu pixelů v množině $N_B(p)$. Tyto vzdálenosti jsou označeny $dist_O$ resp. $dist_B$. Jelikož je zapotřebí brát v potaz možnost změny jasu membrány v jednom snímku, je pro finální porovnání vzdáleností použita hodnota určená následující rovnicí:

$$\widehat{dist}_O = \alpha \cdot dist_O + (1 - \alpha) \cdot dist_N, \quad (1)$$

kde $dist_N$ je vzdálenost jasu pixelu p od střední hodnoty jasu celého okolí $N(p)$ a $\alpha \in \langle 0, 1 \rangle$ je váhící parametr.

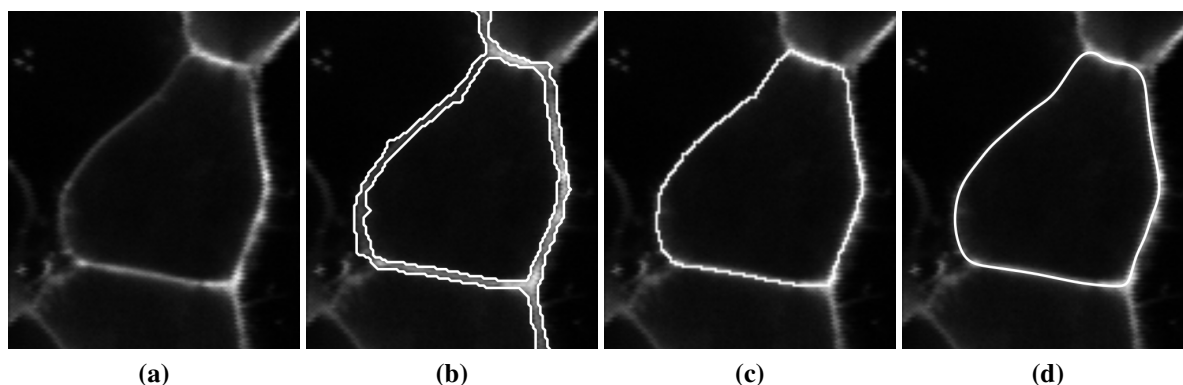
Pixel p je poté přiřazen k objektu právě tehdy, platí-li $\widehat{dist}_O < dist_B$ nebo $|dist_O -$

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika a řídicí technika, e-mail: tryba@kky.zcu.cz

$dist_B| < T$, kde T značí hodnotu udávající minimální rozdíl jasů, pro který se dá ještě uvažovat o odlišitelnosti objektu a pozadí.

2.2 Aproximace membrány

Jakmile je buněčná membrána segmentována, je dalším krokem aproximace jejího tvaru pomocí spline funkce. Nejprve byl tedy určen skeleton binární masky reprezentující membránu, který byl dále aproximován B-spline křivkou. Celý postup segmentace včetně zde popsané aproximace je znázorněn na obr. 1.



Obrázek 1: Segmentace vstupního snímku (a) je znázorněna na obr. (b). Z binárního obrázku membrány byl určen skeleton (c), který byl dále aproximován pomocí spline křivky (d).

3 Závěr

Segmentace buněčné membrány ze snímků získaných pomocí polarizační mikroskopie se ukázala být problémem, který se jen ztěží dá řešit přímočarým nasazením standardních metod zpracování obrazu. Vzhledem k různorodosti obrazových dat docházelo k selhávání většiny metod a byla proto implementována metoda nová, která prokazovala velmi dobrou robustnost při zachování přesnosti výsledků. Pro reálné nasazení vytvořeného přístupu byl vytvořen program MemSkel viz Ryba (2012), který nabízí uživatelsky příjemné prostředí pro zpracování snímků.

Poděkování

Práce je podpořena studentskou grantovou soutěží: Inteligentní metody strojového vnímání a porozumění 2 (SGS-2013-032).

Literatura

- Cohen, L.D., 1991. On active contour models and balloons. *CVGIP Image Understanding*, Vol. 53 pp 211-218.
- Lazar, J., Bondar, A., Timr, S., and Firestein, S.J., 2011. Two-photon polarization microscopy reveals protein structure and function. *Nature Methods*, Vol. 8 pp 684–690.
- Ryba, T., 2012. MemSkel: Nástroj pro segmentaci buněčné membrány. Dostupné z URL: <<http://www.kky.zcu.cz/cs/sw/memskel>>