

Shrnutí

Cílem této práce bylo z prostorových obrazových dat, která reprezentovala jednotlivé řezy buněčnými jádry, pomocí vhodného segmentačního algoritmu nalézt hranice těchto jader a odpovídající výsledky vizualizovat. K tomuto účelu jsme vytvořili vlastní metodu zvanou hvězda. Jedná se o speciální případ obecné metody deformabilní simplexové sítě navržené H. Delingettem. Pozměnili jsme základní principy deformace sítě a dosáhli tak značného zrychlení výpočtu. Na druhou stranu námi navržená metoda není použitelná k modelování obecných tvarů, a to narozdíl od Delingetteho obecné metody. Její síla spočívá v modelování sférických těles, jimiž jsou právě buněčná jádra. Za účelem prověření vlastností a chování této metody jsme ji rovněž implementovali a následně vyzkoušeli na různých vstupních datech.

Klíčová slova

- *Segmentace* • *simplexová síť* • *deformabilní model* • *star-shaped polygons* • *paprsky deformace*
- *konvoluce* • *FISH* •

Obsah

1 Pořizování obrazových předloh	2
1.1 Metoda FISH	2
1.2 Použité prostředky	2
2 Předzpracování obrazu	3
3 Segmentační algoritmy	7
3.1 Prahování	7
3.2 Watershed algoritmus	8
3.3 Houghova transformace	9
3.4 Vlnící se obrisy (hadí metoda)	10
4 Star-shaped simplexová síť	12
4.1 Definice a terminologie	12
4.2 Geometrické vlastnosti	13
4.3 Deformabilita sítě	15
5 Realizace metody	21
5.1 Úprava vstupních dat	21
5.2 Konstrukce iniciálního modelu simplexové sítě	24
5.2.1 Stanovení vhodné plochy	24
5.2.2 Generování iniciálního (sférického) modelu	25
5.3 Nastavení iniciálního stavu	28
5.3.1 Určení vzdáleností voxelů od vrcholů sítě	28
5.3.2 Fixace simplexového úhlu	28
5.4 Průběh deformace	28
5.5 Ukončení deformace	29
6 Výsledky	30
6.1 Volba koeficientů	30
6.2 Aplikace metody hvězda	31
7 Závěr	37
A Nestabilita výpočtu	38
B Eliptická metoda nejmenších čtverců	39
C Model okřídlená hrana – datové struktury	40
Literatura	41

Seznam obrázků

1	Fáze metody FISH	2
2	Jednoduchá optická soustava	3
3	Gaussovské rozložení	5
4	4 a 8-sousedství bodů v obraze	6
5	Prahování s různě vhodnými prahy	8
6	Hadí metoda hledání hran jádra	11
7	Dynamické programování	11
8	p -buňky	12
9	Povrch koule reprezentovaný simplexovou sítí	13
10	Jednoduché star-shaped simplexové sítě	13
11	Dualita	14
12	Geometrické vlastnosti simplexové sítě	14
13	Delingetteho model působení vnitřní síly	17
14	Volba okolí bodu v simplexové sítí	17
15	Pseudoparalelismus výpočtu	18
16	Vnitřní síla	19
17	Vnější síla	20
18	Algoritmus	21
19	Předzpracování obrazu – prahování nasnímaných buněčných jader	22
20	Předzpracování obrazu – aplikace gaussovského filtru	23
21	Předzpracování obrazu – vyvážení jasu	23
22	Předzpracování obrazu – detekce hran ve snímku jádra	24
23	Semínkové vyplňování	26
24	Generování simplexové sítě na povrchu koule	27
25	Jiné simplexové sítě	27
26	Optimalizační problém	30
27	Závislost úspěšnosti deformace na počtu iterací	31
28	Deformace na krychli	32
29	Výsledná simplexová síť pro jádro buňky HT-29	33
30	Řezy rovinou xy	33
31	Řezy rovinou xz	34
32	Řezy rovinou yz	34
33	Výsledná simplexová síť pro jádro buňky HL-60	35
34	Řezy rovinou xy	35
35	Řezy rovinou xz	36
36	Řezy rovinou yz	36

Úvod

Studiu tvarů a rozměrů buněk, jejich jader, uspořádání obsahu jádra, jeho okolí a mnoha dalších podrobnějších informací o buňkách se věnuje odvětví biologie zvané cytometrie. Měřením uvedených vlastností získáváme důležitá fakta o buňce, o tom, jak se chová v různých prostředích (např. po ozáření UV-paprsky), o jejích abnormalitách, zda nenesou chybnou genetickou informaci apod.

K tomuto účelu se používá množství odlišných postupů. S jejich využitím můžeme různými způsoby například zjišťovat rozměry buněčných jader. V této práci se budeme zabývat metodami, které se používají ke zjišťování tvarů buněčných jader. Protože většina současných metod je aplikovatelná jen na data reprezentovaná dvourozměrnými snímky, navrhli jsme novou metodu, která je schopna pracovat také nad prostorovými daty. Ta ze snímků buněčných jader zpětně vymodeluje původní tvar těchto jader a výsledky vhodným způsobem vizualizuje.

V první kapitole si ve stručnosti přiblížíme, jaké technické zázemí jsme měli k dispozici, jaké postupy byly při získávání snímků použity a které buňky jsme vlastně sledovali.

Protože nasnímaná data, která jsme obdrželi, nebylo možné bezprostředně zpracovat, budeme se ve druhé kapitole zabývat metodami předzpracování obrazu. Vysvětlíme si také, jaké metody jsme použili, a co nás k tomu vedlo.

V kapitole třetí si ukážeme nejčastěji používané segmentační algoritmy a vysvětlíme si důvody, proč jsme se rozhodli pro návrh nové metody

Dále se pokusíme objasnit, co to je simplexová síť, její konstrukci, a jaké jsou její možnosti využití v naší studii. Zavedeme si také zúžení simplexové sítě, a to deformabilní star-shaped simplexovou síť. Vysvětlíme si její význam a navrhne segmentační algoritmus, jehož jádrem bude námi zdefinovaná síť. Tomuto tématu se bude věnovat kapitola čtvrtá.

V kapitole páté se zaměříme na realizaci nově navržené metody. Vysvětlíme si, co nás vedlo ke konkrétním postupům, a ukážeme si, jak vygenerovat simplexovou síť požadovaného tvaru.

Kapitola šestá se věnuje výsledkům. Zde si ukážeme, čeho jsme dosáhli, jak byla naše nová metoda úspěšná a zda se chovala správně v jednotlivých situacích. Na závěr zhodnotíme výsledky.