

## Секція 3. Цифрова компресія, оброблення, синтез та розпізнавання сигналів і зображень

УДК 004.932.2

### ПОРІВНЯННЯ КОНТУРІВ ЗОБРАЖЕНЬ В МЕТРИЦІ ГРОМОВА-ФРЕШЕ

**Берестецька Н.П., Воробель В.Б.**

*Тернопільський національний економічний університет, магістранти*

#### **I. Постановка проблеми**

Біомедичні зображення – це растрові зображення, отримані за допомогою будь-якої біомедичної техніки, що використовуються для візуального та автоматизованого аналізу в медицині та біології [1]. Для проведення дослідів над цитологічними біомедичними зображеннями, експерт повинен вручну виділити області інтересу (клітини та цитоплазму). На даний час ця робота вимагає великих затрат часу [2]. Для того, щоб зменшити кількість та складність роботи, необхідно використовувати алгоритми сегментації зображень для виділення однорідних областей на них. Проте, основною проблемою алгоритмів сегментації є невідповідність розбиття автоматичних алгоритмів сегментації із сегментацією експерта.

У більшості практичних завдань якість сегментації розглядається як міра близькості двох зображень: сегментованого експертом та сегментованого відповідними алгоритмами. Якість сегментації зображення може визначатися як на суб'єктивному (якісному), так і на об'єктивному (кількісному) рівні [3]. Суб'єктивні критерії – це критерії візуального сприйняття, отримувані в процесі експертизи деякою групою експертів. Об'єктивні критерії – це критерії, отримані внаслідок порівняння (знаходження різниці) кількісних ознак сегментованого та еталонного (сегментованого експертом) зображень [3]. Одним із об'єктивних методів порівнянь є використання метрик.

В загальному випадку, контур області – це крива. Відстань між двома кривими найкраще шукати в метриці Фреше, оскільки, дана метрика дозволяє максимально точно порівняти дві криві між собою. Вона, на відміну від аналогічних метрик, враховує порядок розташування точок на кривих і, тому, є хорошим інструментом для здійснення об'єктивного порівняння контурів зображень [4]. Для знаходження найменшої відстані між кривими, необхідно використовувати модифікацію метрики Фреше – метрику Громова-Фреше.

#### **II. Мета роботи**

Метою роботи є підвищення швидкодії алгоритму порівняння контурів зображень шляхом розпаралелення та створення програмного засобу для порівняння контурів зображень в метриці Громова-Фреше.

#### **III. Сегментація цитологічних зображень**

Особливості цитологічних зображень наступні: мала чіткість; складний за геометричними й оптичними характеристиками фон; залежність від міри оптичного збільшення; містять області з повторюваною структурою; стабільність кольорової палітри [1].

Сегментація зображень – це одна із операцій середнього рівня опрацювання зображень, яка призначена для розділення зображення на однорідні області [5]. Найпоширенішими алгоритмами сегментації зображень є: порогова сегментація; нарощування областей; k-середніх; водоподіл [6]. На рисунку 1 наведено приклади сегментації зображень експертом (а) та автоматичними алгоритмами сегментації (б, в, г).

#### **IV. Аналіз алгоритмів оцінки якості сегментації**

Основним недоліком усіх автоматичних алгоритмів сегментації є те, що вони не можуть виділити області ідентично до експертного виділення. Якість сегментації зображень можна оцінити на суб'єктивному (якісному) так і на об'єктивному (кількісному) рівні [3]. Суб'єктивні критерії не можуть

дати точної оцінки якості сегментації, тому, необхідно використовувати об'єктивні критерії, які дають точну кількісну оцінку сегментації зображень. Найкращим способом об'єктивного порівняння контурів зображень є використання метрик.

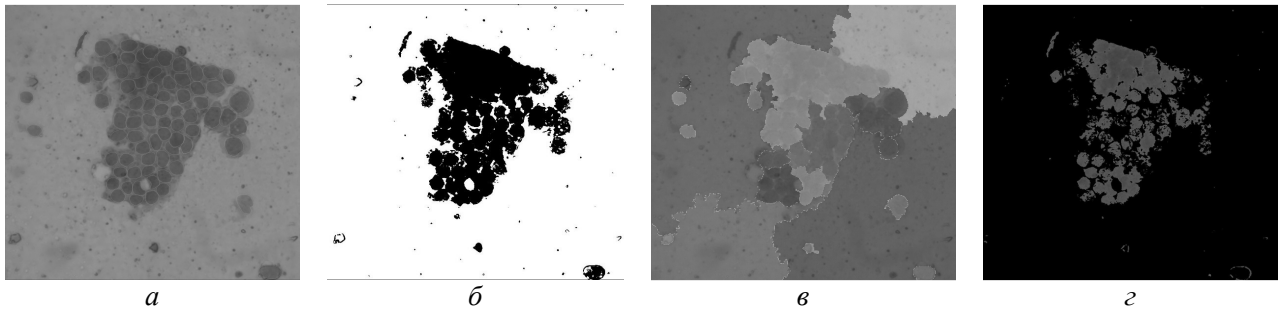


Рисунок 1 – Сегментовані зображення: експертом (а), пороговим алгоритмом (б), алгоритмом водоподілу (в) та алгоритмом k-середніх (г)

Метрика – це множина, в якій визначена відстань між будь-якою парою елементів  $x(x_1, x_2)$  та  $y(y_1, y_2)$  [7]. Для вимірювання відстаней між точками, використовується Евклідова відстань, яка обчислюється за формулою:

$$d(x, y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2} .$$

Контур зображення, в загальному випадку є кривою. Тому, для вимірювання відстаней між кривими недоцільно використовувати Евклідову метрику. Для цього використовуються метрика Фреше. Відстань Фреше обчислюється за наступною формулою [8]:

$$F_r(P, Q) = \inf_{\alpha, \beta, t \in [0,1]} \|P(\alpha(t)) - Q(\beta(t))\|$$

де  $P$  і  $Q$  – дві криві, задані параметрично;  $\alpha, \beta$  – неперервні монотонні функції.

Для реалізації алгоритму порівняння контурів у метриці Фреше, використовують апроксимацію до полігональних кривих. Така відстань Фреше називатиметься дискретною. При цьому, складність обчислення відстані складає  $O(p, q)$ , де  $p, q$  – довжини порівнюваних кривих [8].

#### VI. Алгоритм порівняння контурів зображень в метриці Громова-Фреше

Для порівняння контурів зображень у метриці Громова-Фреше, запропоновано такий алгоритм [8]:

- 1) проведення фільтрації;
- 2) знаходження контурів об'єктів на зображенні;
- 3) перетворення знайдених контурів у полігональні криві;
- 4) виконання операцій ізометричних перетворень (переносу та накладання) двох контурів;
- 5) для кожної точки із кожного контуру із сегментованого зображення (С) та кожного контуру еталонного зображення (Е) виконання наступної послідовності кроків:
  - а) при порівнянні перших точок обох контурів, знаходиться Евклідова відстань між ними;
  - б) при порівнянні  $i$ -ої точки контуру С із першою точкою Е, знаходиться максимальна відстань із двох: Фреше – між  $i-1$  точкою контуру С та першою точкою контуру Е, та Евклідовою між поточними точками;
  - в) при порівнянні  $1$ -ої точки контуру С із  $j$ -ою точкою Е, вибирається максимум між відстанню Фреше, між першою точкою з С та  $j-1$  точкою з Е, та Евклідовою відстанню між даними точками;
  - г) при порівнянні  $i$ -ої точки з С із  $j$ -ою точкою з Е, шукається максимум між Евклідовою відстанню даних точок та мінімумом відстаней Фреше у точках  $(i-1, j)$ ,  $(i-1, j-1)$ ,  $(i, j-1)$  ;
- 6) результатом виконання обчислень є дискретна відстань Фреше між двома полігональними кривими;

Найскладнішим етапом даного алгоритму є етап 5. Операція порівняння кожного контуру еталонного зображення з усіма контурами сегментованого зображення займає велику кількість часу. Тому, запропоновано розпаралелити виконання даного етапу. Граф розпаралелення алгоритму наведено на рисунку 2.

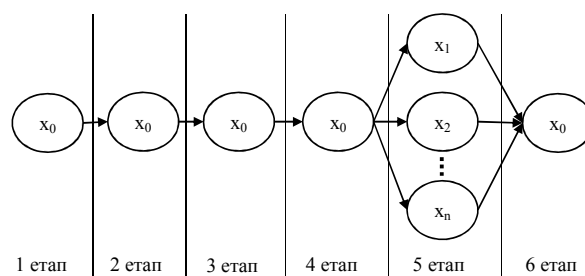


Рисунок 2 – Граф розпаралелення алгоритму порівняння контурів зображень

На рисунку 2  $x$  – це потік, у якому виконується програма.  $x_0$  – головний потік, який керує усіма іншими.  $x_1 \dots x_n$  – дочірні потоки, де  $n$  – кількість контурів, знайдених на еталонному зображенні. Для знаходження часу, необхідного для виконання порівняння контурів, використаємо наступну формулу:

$$T = \begin{cases} \frac{n}{p} \cdot t, & \text{при } p < n \\ t, & \text{при } p \geq n \end{cases}$$

де  $T$  – загальний час виконання операції порівняння контурів;  $p$  – кількість процесорних ядер;  $t$  – час виконання порівняння одного еталонного контуру із контурами сегментованого зображення.

### ВІІ. Експериментальне дослідження

Для прикладу, взято наступні вхідні дані: час виконання порівняння – 0.2 с, кількість контурів – 20, кількість потоків 1, 2, 4, 8, 16, 32, 128. Залежність часу виконання від кількості потоків наведено на рисунку 3.

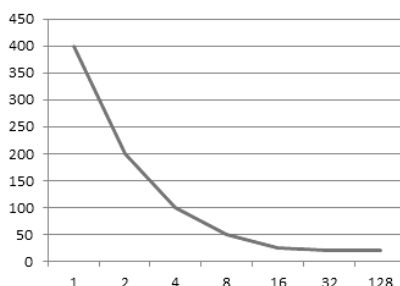


Рисунок 3 – Залежність часу виконання порівняння від кількості потоків

### Висновок

У роботі проаналізовано алгоритми оцінки якості сегментації та проведено комп'ютерні експерименти сегментації цитологічних зображень на основі алгоритмів порогової сегментації, нарощування областей, k-середніх та вододілу. Вдосконалено алгоритм порівняння контурів зображень в метриці Громова-Фреше за рахунок розпаралелення етапів його виконання.

### Список використаних джерел

1. Березький О. М. Дослідження похибки перетворення контурів біомедичних зображень [Текст] / О. М. Березький // Науковий вісник НЛТУ України. – 2013. – № 23.17. – С. 352-359.
2. Методи гістологічних досліджень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/histolog/classes\\_stud/uk/stomat/ptn/1/01\\_gistologichna\\_tekhnika\\_metodi\\_gistologichnih\\_doslidzenj\\_osnovi\\_citologii\\_zagalna\\_organizacija\\_klitini\\_poverkhniviy\\_kompleks.htm](http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/histolog/classes_stud/uk/stomat/ptn/1/01_gistologichna_tekhnika_metodi_gistologichnih_doslidzenj_osnovi_citologii_zagalna_organizacija_klitini_poverkhniviy_kompleks.htm).
3. Батько Ю. М. Метод і алгоритми сегментації біомедичних зображень на основі попередніх розміток [Текст] / Ю. М. Батько // «Штучний інтелект». – 2010. – № 4. – С. 140-149.
4. Скворцов В. А. Примеры метрических пространств / В. А. Скворцов. – М.: Издательство Московского центра непрерывного математического образования, 2002. – 24 с.
5. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Вид-во «Техносфера», 2005. – 1072 с.
6. Батько Ю. М. Метод і алгоритми сегментації біомедичних зображень на основі попередніх розміток [Текст] / Ю. М. Батько // «Штучний інтелект». – 2010. – № 4. – С. 140-149.
7. Скворцов В. А. Примеры метрических пространств / В. А. Скворцов. – М.: Издательство Московского центра непрерывного математического образования, 2002. – 24 с.
8. Eiter Th. Computing Discrete Fréchet Distance [Text] / Thomas Eiter, Mannila Heikki // International Journal of Computational Geometry & Applications. – 1994: pp. 1-7.