



УДК 004.89;681

© 2011

В. В. Грицик

Метод обробки складних зображень та їх розпізнавання

(Представлено членом-кореспондентом НАН України В. В. Грициком)

Наведено метод розпізнавання та розділення візуальних об'єктів, що частково накладені один на інший. Метод досліджено на прикладі розділення конгломератів клітин.

1. Проблема. Розглядається предметна область обробки складних зображень комп'ютерного зору в галузі автоматизації мікробіології, розділення конгломератів (злитих об'єктів) на складові (рис. 1). Автоматизація обробки візуальних зображень на полі уваги є склад-

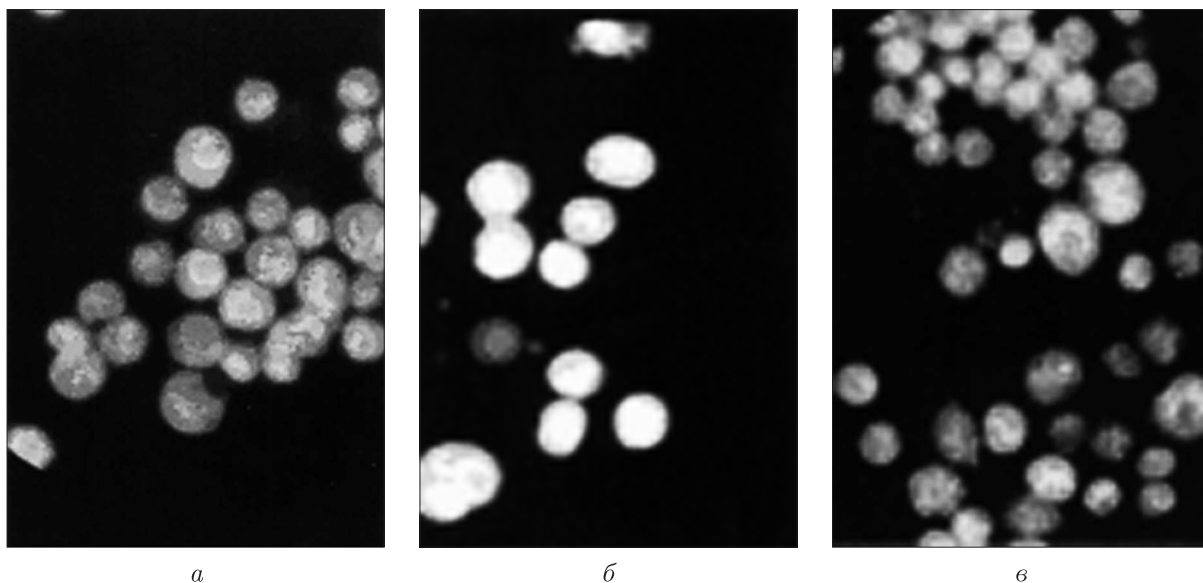


Рис. 1. Конгломерати клітин крові: *a* — моноцитів; *б* — лімфоцитів; *в* — нейтрофілів. Розроблений алгоритм

ною задачею [1–3]. Тому дослідження та розробка методів і алгоритмів декомпозиції конгломератів (складних об'єктів), аналізу, розпізнавання важливі для реалізації у застосуваннях.

Нижче наведено дослідження з обробки складних зображень (на неоднорідному фоні з неоднорідними слабоформалізованими об'єктами). Дослідження проводилось у три етапи:

- 1) розробка методу пошуку конгломератів на зображеннях у полі уваги без прив'язки до типу зображення. За основу взято підхід, описаний в [4];
- 2) розробка методу ефективної реалізації виділення об'єктів, що входять до складу конгломератів;
- 3) проведення імітаційного моделювання і випробування з якісною та кільцевою оцінкою ефективності обробки та розпізнавання зображень.

2. Метод пошуку конгломератів на зображеннях (декомпозиція конгломератів). Обробка даних на зображеннях здійснюється так: розробка даних розділення конгломератних утворень на складові об'єкти; реалізація контролю процесу розбиття на складові об'єкти; формування критеріїв розбиття: аналізу і розділення накладених об'єктів, розпізнавання об'єктів, фільтрації цих зображень, ідентифікація конгломератів на зображенні.

Рис. 1 демонструє можливість формування конгломератів з різних слабоформалізованих об'єктів, що відрізняються за структурою, числом об'єктів тощо. Простим випадком в полі уваги є конгломерат, утворений як поєднання двох об'єктів (клітин), накладання яких є незначним.

У такому випадку конгломерати можна розділити та провести розпізнавання практично без інформаційних втрат про об'єкти, що в нього включені. Це досягається алгоритмом реставрації відфільтрованих об'єктів. Проте для конгломератів, утворених поєднанням трьох і більше об'єктів або об'єктів зі значним злиттям (коли людині важко однозначно ідентифікувати об'єкт, визначити його приналежність до певного класу), відновлення об'єктів з конгломерату стає дуже складною задачею для запропонованого алгоритму. Наведений нижче алгоритм декомпозиції потенційно може використовуватися в різних областях знань та застосувань із аналізом складних зображень, що дозволяє реалізовувати інформаційно-аналітичні системи для підтримки прийняття рішень та керування при розробках комп'ютерного зору [2, 3, 5, 6]. Дослідження та реалізацію алгоритму розглянуто на прикладі клітин, оскільки клітини є природними об'єктами і кожна з них унікальна.

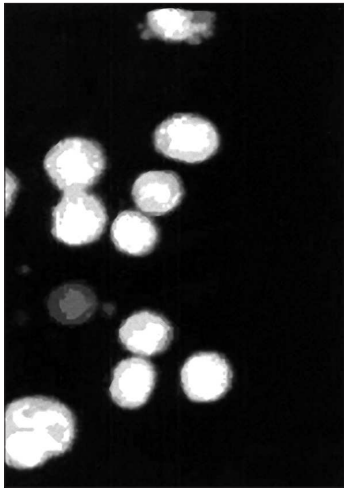
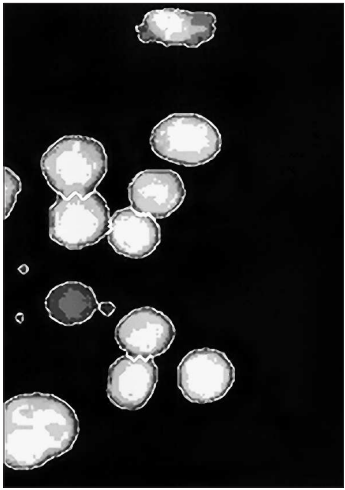
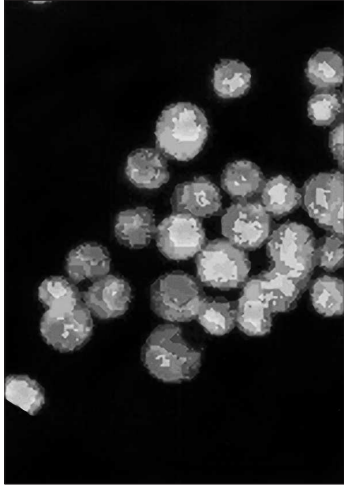
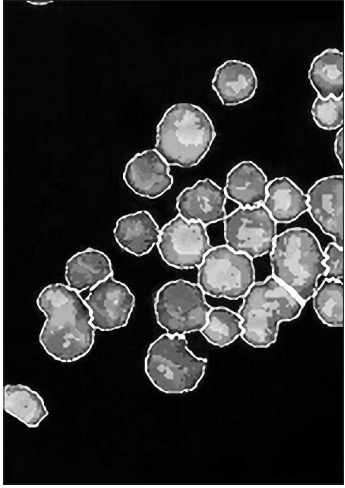
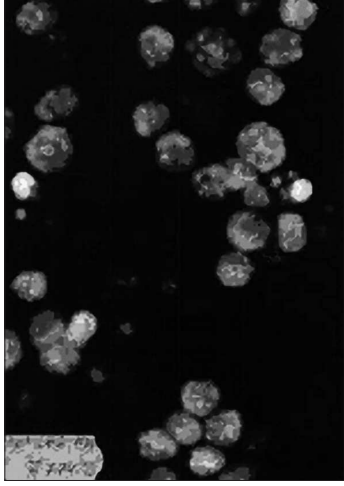
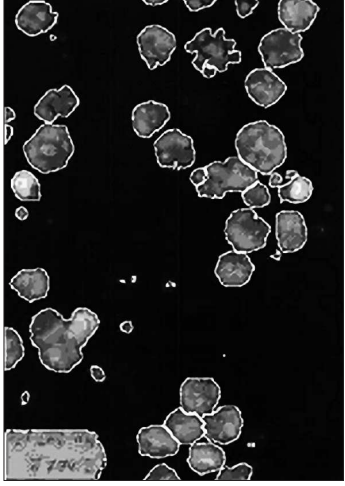
3. Алгоритм обробки даних зображень — контур об'єкта зображень. Для реалізації пошуку локальних змін напрямку контура зображення здійснюється обробка даних, згідно з масивом розмірності $m \times n$, де кожний елемент матриці набуває значення 1, якщо елемент належить об'єкту, і 0, якщо належить фону. Тоді для контурних точок справедлива така умова:

$$\text{Matrix}[x, y] = 1.$$

Якщо

$$\begin{aligned} \text{Matrix}[x, y - 1] = 0 \vee \text{Matrix}[x - 1, y] = 0 \vee \text{Matrix}[x + 1, y] = 0 \vee \text{Matrix}[x, y + 1] = 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow (x, y) = K(O), \end{aligned}$$

Таблиця 1

Вхідне зображення	Результуюче зображення
	
	
	

де $x = \overline{0, n}$, $y = \overline{0, m}$, O — масив точок, що формує об'єкт на зображенні; $K(O)$ — масив точок, що належать контуру об'єкта.

4. Метод обробки об'єктів на зображенні та їх ідентифікація і класифікація.

Основною ознакою конгломерату є те, що у місці злиття опуклих об'єктів завжди виникає різка зміна напрямку слідування контура об'єкта (перепад напрямку в місці злиття). Алгоритм передбачає:

1) зрізування шарів з конгломерату до його розділення на складові об'єкти (ядра об'єктів);

2) відновлення об'єктів (нарощування зрізаних шарів) з покроковим встановленням приналежності пікселів кожного шару до того чи іншого об'єкта.

Зрізування шарів із аналізованого об'єкта дозволяє одночасно як розділити, так і ідентифікувати розділені об'єкти. Одночасно з відновленням об'єктів проводиться додатковий контроль приналежності їх до того чи іншого класу об'єктів.

Метод передбачає поділ об'єктів на три основних класи: конгломерати, не конгломерати, об'єкти з завадами.

5. Алгоритм автоматичного розділення конгломератів. В основі алгоритму лежить аналіз контура зображень відповідно до таких етапів.

Етап 1:

1) відсіювання фону. Алгоритм пошуку межі яскравості кольору фону, методів оконтурювання та кластеризації;

2) приведення зображення до бінарного вигляду (фон білий, об'єкт чорний).

Етап 2:

1) виділення об'єктів на бінарному зображенні для їх подальшого аналізу;

2) аналіз об'єкта на наявність локальних змін напрямку ходу контура;

3) пошук наступного об'єкта на вхідному зображенні;

4) розпізнавання даних об'єктів;

5) зрізування шарів та індексація.

Етап 3:

1) аналіз наявності зрізаних шарів за даним індексом;

2) нарощення шару з заданим індексом. На цьому кроці відновлюється шар з заданим індексом, що дотикається до даного об'єкта;

3) аналіз зображення на наявність шарів;

4) позначення контурів об'єктів на вхідному зображенні.

6. Обробка складних зображень. Ефективність алгоритму та рівень складності обробки вхідних зображень. В табл. 1 наводяться вхідні зображення та демонструється ефективність алгоритму на різних рівнях складності вхідних зображень.

Отже, в роботі запропоновано ефективні для використання алгоритм та метод обробки даних складних зображень та їх розпізнавання. Розглянуто тестові зображення в реальних умовах. Розроблений метод може бути ефективно застосований для найрізніших предметних областей знань в системах комп'ютерного зору.

1. Грицик В. В., Влах М. А. Технічні та програмні засоби розпізнавання та аналізу зображень складних біологічних об'єктів // Інформ. технології і системи. – 2005. – 8, № 1. – С. 17–28.
2. Форсайд Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. – Москва; Ст-Петербург; Киев: Вильямс, 2004. – 926 с.
3. Грицик В. В. Задача класифікації біологічних об'єктів // Зб. наук. праць Ін-ту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України, № 34. – Київ, 2006. – С. 153–160.
4. Грицик В. В., Влах М. А., Пелих Н. І., Влах В. А. Розпізнавання текстово-символьної графічної інформації на зображеннях за допомогою нейронної мережі комп'ютерного зору. – Львів, 2008. – 39 с. (Препринт / НАН України, Держ. наук.-дослідн. ін-т інформ. інфраструктури.)
5. Грицик В. В. Новаторські ідеї штучного інтелекту. Інформаційно-аналітичні системи. – Львів: Вид-во наук.-дослідн. ін-ту інформ. інфраструктури НАН України, 2008. – 63 с.
6. Грицик В. В. Концепція інтелектуальних систем дослідження біологічного середовища для прийняття рішення у реальному часі // Вісн. нац. ун-ту “Львівська політехніка”, № 543. – Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів, 2005. – С. 204–211.

*Державний науково-дослідний інститут
інформаційної інфраструктури
НАН України, Львів*

Надійшло до редакції 29.03.2010

V. V. Hrytsyk

A method of processing and recognition of complex images

A method of identification and separation of visual objects that partially overlap one another is presented. The example of the division of cell conglomerates is studied.