

УДК 004.9

І.О. Романенко

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння і військової техніки ЗС України, Київ*

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

*У статті проводиться огляд основних класів методів сегментації об'єктів на цифровому зображенні, а також дається аналіз ефективності застосування цих методів для сегментації об'єктів нерегулярного вигляду, одержуваних в умовах значних варіацій параметрів знімків.*

**Ключові слова:** сегментація, метод, цифрове зображення, об'єкт нерегулярного вигляду.

### Вступ

В даний час дуже чітко простежується тенденція розширення сфери застосування систем комп'ютерного зору для вирішення актуальних прикладних задач в різних областях людської діяльності. Високий рівень автоматизації дозволяє системам комп'ютерного зору не просто доповнювати, але і замінювати людину при вирішенні найважливіших завдань розпізнавання образів [1 – 4].

Разом з тим, рівень ефективності застосування систем комп'ютерного зору при вирішенні багатьох актуальних завдань в даний час не відповідає вимогам, що пред'являються. І в першу чергу щодо стійкості сегментації об'єктів нерегулярного вигляду в умовах значних варіацій властивостей знімків що обробляють.

Тому в даний час актуальною є задача загальної систематизації і аналізу ефективності застосування сучасних методів сегментації цифрового зображення для можливості виявлення і усунення їх ключових недоліків щодо забезпечення стійкості сегментації об'єктів нерегулярного вигляду в умовах значних варіацій їх властивостей.

### 1. Порогова сегментація

Порогові методи займають центральне місце в задачах сегментації зображень завдяки своїй ефективності. Граничний метод сегментації по яскравості полягає в тому, щоб поставити величину порога по яскравості і, відносно нього сегментувати пікселі зображення на два безлічі, що належать об'єкту і фону. Якщо вхідне зображення містить кілька об'єктів, застосовується метод перетинів, коли задаються два порога, і сегментують пікселі знімка, яскравість яких лежить всередині заданих порогових значень [1, 3].

### 2. Гістограмна сегментація

При значних варіаціях яскравості пікселів зображень пороговий метод сегментації по яскравості самостійне застосування знаходить вкрай рідко, за

винятком завдань контролю якості продукції на виробництві в фіксованих умовах отримання даних.

У такій ситуації застосовується гістограмна сегментація, основна ідея якої полягає в тому, щоб побудувати бімодальною гістограму яскравості зображення в виділеній області, вибрати поріг в точці мінімуму і сегментувати зображення з цим порогом [1, 3]. В умовах нерівномірності освітлення або наявності великої кількості об'єктів гістограма яскравості не має бімодальною структури. Тому для ефективного застосування гістограмного методу необхідно проводити локалізацію об'єкта. Для цих цілей використовують скануючі маски, або розбиття зображень.

Найважливішою перевагою гістограмних методів є їх адаптивність до розподілу яскравості об'єкта і фону, яка виражається в можливості адекватного вибору порога для сегментації, причому в змінних умовах отримання даних. Однак така адаптивність в більшості випадків носить локальний характер і можлива лише в деякій околі локалізованого об'єкта.

### 3. Статистичні методи сегментації

В умовах невизначеності в даний час застосовуються статистичні методи сегментації, засновані, як правило, на використанні оптимальних статистичних класифікаторів. Хоча в порівнянні з детермінованими методами такі методи і є більш трудомісткими, проте, вони не рідко дозволяють стійко сегментувати зображення в умовах невизначеності [2-4]. Недоліком таких методів є той факт, що по справжньому ефективними вони є лише для обробки кольорових зображень.

### 4. Контурна сегментація

Останні роки основою методів сегментації вважаються контурні методи, оскільки вони є стійкими до варіацій рівнів яскравості і контрастності зображень [1 – 4].

*Виділення границь.* При цьому основою для побудови контурних методів сегментації є граничні детектори, призначені для виявлення граничних пік-

селів зображень по контрастності на основі використання масок. Такий підхід набув значного поширення в силу своєї низької трудомісткості.

Найпростіші з масок - це інваріантні повороту симетричні маски [3]. Однак згортка по такій масці характеризується високим розкидом допустимих відхилень і різким зниженням імовірності віддільності пікселів об'єкта від фону. При низькій контрастності зображень це призводить до нестійкості сегментації [4-6]. Для подолання цього негативного ефекту широке застосування в даний час знаходять спрямовані маски [2].

Всі ці маски не враховують наявності тіні і гілок границі, а для оцінки контрастності використовують згортку, що різко зменшує віддільність об'єкта від фону і ускладнює вибір порогу.

Для обліку цих недоліків в [5] були запропоновані побудовані на основі образу кола маски з диференціальним правилом оцінювання контрастності, призначені для сегментації границь слабо контрастних зображень і ліній.

Для об'єктів нерегулярного вигляду при значному зниженні їх контрастності навіть такі маски не завжди дозволяють ідентифікувати кордон, а методи прогнозування апроксимацією неспроможні через невизначеність форми. В цьому відношенні актуальним є використання додаткових критеріїв ідентифікації границі по типу спектру контрастності її пікселів [5].

Для виявлення меж об'єктів в даний час використовуються детектори, засновані на застосуванні перетворення Фур'є (або вейвлетів). Їх застосування характеризується дуже високою трудомісткістю, вони не адаптуються до просторовому положенню границі, для адекватної сегментації границі потрібно не проста процедура відбору коефіцієнтів перетворення [6, 2].

*Зв'язування границь.* Після сегментації пікселів границі наступне завдання - зв'язування контурів і побудова границь зображень. В умовах відсутності розривів границі основним для цілей зв'язування є хвильовий метод [1, 3].

Дві ключові проблеми при побудові границі - поява розривів і потовщення границі.

Для усунення локальних розривів границі, на теперішній час застосовуються маски, які використовуються для зв'язування фрагментів границі, що лежать на одній прямій (кривої), а також методи гістерезису, засновані на використанні двох порогів для сегментації слабо виявленою границі в області розриву [2]. Однак застосування таких методів нерідко призводить до утворення гілок і петель границі [4, 5, 7]. Для усунення великих розривів і надлишкової товщини границь застосовуються методи контурної апроксимації. Однак їх адекватне застосування може бути обґрунтовано лише для об'єктів регуляр-

ного виду [1, 4].

Для побудови межі зображення також використовується пошук на графі. Однак такий метод є наближеним і надзвичайно трудомістким, через необхідність перегляду величезної кількості варіантів положення границі [4].

Для зв'язування контурів також використовують перетворення Хафа, яке ефективно працює для об'єктів регулярного виду, форма контурів яких відома апіорно [1, 2].

Методи утоньшення над ділянкою найчастіше орієнтовані на втілення ідеї не максимального придушення [2, 4].

Безсумнівним достоїнством більшості контурних методів є низька трудомісткість і стійкість до незначних варіацій яскравості і контрастності зображень. Однак в складних умовах низької контрастності методи характеризуються високою складністю усунення помилкових границь при заниженому порозі, а також складністю усунення розривів границі при підвищеному порозі, особливо, для об'єктів нерегулярного вигляду.

## 5. Сегментація областей

Методи сегментації областей є альтернативою контурної сегментації.

*Вирощування областей.* Вирощування областей - це метод, який групує пікселі зображення в області за заздалегідь заданими критеріями [1]. Однією з ключових проблем вирощування областей є вибір стартових пікселів. Крім того, є проблемою побудова критерію зупинення вирощування, оскільки локальної інформації про суміжні пікселі околу не вистачає для вирішення нетривіальних завдань [2]. Тому істотним недоліком методів вирощування є їх низька стійкість в умовах низької контрастності зображень.

*Злиття-розщеплення областей.* Альтернативою вирощування є розбиття зображення на безліч областей, які не перетинаються і потім виконання процедури злиття-розщеплення цих початкових областей [8]. Основна проблема реалізації методів злиття-розщеплення полягає в низькій потужності критеріїв, що застосовуються для оцінювання однорідності областей. Разом з тим в порівнянні з методами контурної сегментації методи сегментації областей ґрунтуються вже на аналізі характеристик областей, а не окремих пікселів, або околу. В цьому відношенні методи сегментації областей є незамінний інструмент цілісного аналізу зображень.

*Метод водорозділів.* Позитивною рисою метода водорозділів [2] є той факт, що розподілу контрастності для внутрішності об'єктів і фону, як правило, носять характер рівномірного закону розподілу і, в цьому відношенні з ними досить легко працювати. Однак при цьому виникає велика проблема з вибо-

ром порога для визначення значущості водорозділів. Для вирішення цих проблем пропонується використовувати маркери об'єктів, що, однак, призводить до необхідності інтерактивної сегментації [2].

*Методи кластерного аналізу.* Для сегментації областей використовуються методи кластерного аналізу. При роздільній кластеризації весь набір даних сприймається як кластер, який рекурсивно розщеплюється на менші кластери. При агломеративній кластеризації кластером вважається кожен елемент даних, а для отримання кращого уявлення кластери рекурсивно зливаються. Основою для злиття (розщеплення) служить аналіз відстані між кластерами. В цьому відношенні одним з ефективних методів є комбінований метод Бюрта, опис якого приводиться в [9].

Багатьма фахівцями вважається, що найкращі результати сегментації виходять при поєднанні критеріїв кластерного і дискримінаційного аналізу, наприклад, критерію мінімізації середньоквадратичної помилки в умовах, якщо задані центри кластерів для зображень розглянутих класів об'єктів [7].

*Дискримінаційний аналіз.* Що стосується самостійного застосування критеріїв дискримінації, то найчастіше розглядається застосування байєсівського класифікатора для оптимальної класифікації пікселів, або фрагментів зображень в умовах невизначеності. Такий підхід є обчислювально ефективним, проте дає прийнятні результати лише для порівняно великих фрагментів зображень, тим більше в умовах варіацій фотометричних параметрів зображень [1, 2, 4].

В цьому відношенні ефективної нерідко є сегментація об'єкта нерегулярного вигляду текстурними методами [2, 8]. Однак вона ефективна лише в тому випадку, якщо текстурні ознаки об'єкта є унікальними і стійкими.

## Висновки

Хоча в даний час розроблено досить велику кількість різноманітних методів сегментації, проте,

проведений вище аналіз ефективності їх застосування показує, що актуальним в даний час є вирішення проблеми нестійкості сегментації об'єктів нерегулярного вигляду, що пов'язано з відсутністю адаптивних методів сегментації, здатних налаштуватися на варіації параметрів зображень.

Тому актуальним в даний час є вирішення проблеми забезпечення стійкості сегментації об'єктів розглянутого виду за рахунок розвитку адаптивних методів їх сегментації.

## Список літератури

1. Шапиро Л. Компьютерное зрение; пер. с англ. / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ, 2006. – 752 с.
2. Gonzalez R. Woods Digital Image Processing. Second Edition / R. Gonzalez, R. Woods. – Prentice Hall, 2002. – 793 p.
3. Семенов С.И. Теория неадаптивных масок для обработки изображений / С.И. Семенов // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2002. – № 12. – С. 33-40.
4. Sonka M. Image processing, analysis, and machine vision / M. Sonka, V. Hlavak, R. Boyle. – California (USA): Cole Publishing Company, 1999. – 770 p.
5. Смеляков К.С. Модели и методы сегментации границ изображений нерегулярного вида на основе адаптивных масок: Дис. ... канд. техн. наук: 09.03.05. – Харьков, 2005. – 162 с.
6. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов / Под ред. Я.А. Фурмана. – 2-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2003. – 592 с.
7. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный подход: Пер. с англ. / Д. Форсайт, Ж. Понс. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.
8. Путьтин Е.П. Обработка изображений в робототехнике / Е.П. Путьтин, С.И. Аверин. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
9. Яне Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне. – М.: Техносфера, 2007. – 584 с.

Надійшла до редколегії 2.02.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ю.В. Стасєв, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ СЕГМЕНТАЦИИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

И.А. Романенко

*В статье производится обзор основных классов методов сегментации объектов на цифровом изображении, а также дается анализ эффективности применения этих методов для сегментации объектов нерегулярного вида, получаемых в условиях значимых вариаций параметров снимков.*

**Ключевые слова:** сегментация, метод, цифровое изображение, объект нерегулярного вида.

## ANALYSIS OF EFFICIENCY OF MODERN METHODS FOR DIGITAL IMAGES SEGMENTATION

I.O. Romanenko

*The review of basic classes of methods of segmentation of images of objects of irregular kind, analysis of efficiency of their application and prospect of development, is in-process given in relation to realization of methods of adaptive segmentation for the terms of meaningful variations of parameters of pictures.*

**Keywords:** segmentation, method, digital image, irregular object.