

ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ

УДК 551.568.85

ПОРІВНЯННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ІМПУЛЬСНОГО ЗАШУМЛЕННЯ ТА СПОТВОРЕННЯ РОЗМИТТЯМ

Т. І. Керод, Р. Я. Косаревич, Б. П. Русин, О. В. Капшій, В. В. Корній

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

E-mail: taras.ki.29@gmail.com

Проаналізовано завадостійкість основних методів сегментації зображень в умовах дії імпульсних шумів та спотворень розмиття, виявлено їх переваги та недоліки. Порівняно результати сегментації. Вказано перспективи заснованих на кластеризації зображень методів для сегментації.

Ключові слова: *сегментація, точковий образ, імпульсний шум, розмиття, зображення.*

COMPARISON OF IMAGE SEGMENTATION METHODS ON RESISTANCE TO THE IMPULSE NOISE AND BLUR DISTORTION

T. I. Kerod, R. Ya. Kosarevych, B. P. Rusyn, O. V. Kapshiy, V. V. Korniy

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine

One of the main stages of images pre-processing when recognizing objects placed on it is its segmentation – the division into segments (parts) to simplify greatly the process of clustering. Noise immunity threshold, gradient and methods based on clustering for image segmentation in terms of impulse noise and distortion blurring has been analyzed. It is shown that the method of image segmentation using the characteristics of pattern points, to separate image into equal-sized fragments followed by construction of histogram and the definition of its basic dominant characteristics makes it possible to obtain the complete and rather clear segmentation of the object. Advantages and disadvantages of the proposed methods under effect of additive action impulse noise and blur using a Gaussian filter have been established. For the estimation error of segmentation the factor that determines the spread area of image segmentation with noise defining expert segmentation is used. For calculation of chosen object area the image is segmented by Cannes method, the additional morphological processing to eliminate gaps in contours and to find the area of the closed areas is used. Prospects for specified use of clustering techniques of image segmentation have been proposed.

Keywords: *segmentation, point pattern, impulsive noise, blur, image.*

Одним із головних етапів аналізу зображення під час розпізнавання поданих на ньому об'єктів є його сегментація – поділ на сегменти (частини) для спрощення процесу. Найчастіше її використовують, щоб виділити об'єкти на зображенні, зокрема поділити його на частини, кожна із яких відповідатиме певному класу згідно з вибраними критеріями.

Сегментацію широко застосовують у медицині для виділення пухлин чи патологій, об'єктів на супутникових знімках, у дистанційному дослідженні земної поверхні, для технічної діагностики під час формування кількісних характеристик металографічних зображень [1].

Її важливість обумовлена суттєвим впливом отриманих результатів на подальші етапи аналізу зображення. Тому для різних задач використовують різні методи, щоб одержати достовірніші результати. Серед множини методів сегментації можна виділити найчастіше вживані: порогові, градієнтні та кластерні.

Порогові методи. Вони дуже прості і їх суть – встановити одну або декілька порогових величин, згідно з якими зображення розділяють або на об'єкт і фон, або

на множину об'єктів та фону [2].

У результаті отримали зображення $I'(x, y)$, пікселі якого набувають двох значень 0 або 1 залежно від виконання умови

$$I'(x, y) = \begin{cases} 0, & I(x, y) < t \\ 1 & I(x, y) \geq t \end{cases},$$

де t – вибраний поріг; (x, y) – координати пікселів оброблювального вхідного зображення $I(x, y)$. Наведемо приклад порогової сегментації вихідного зображення, вибраного за еталоном рис. 1а, б.

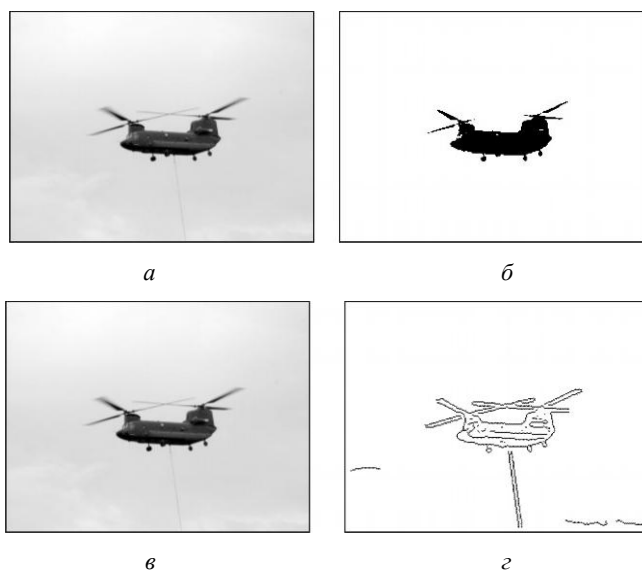


Рис. 1. Вихідне зображення (а, с) та його сегментація методами Оцу (б) і Канні (д).

Методи сегментації, побудовані на виборі порога, вирізняються високою швидкістю, однак, дають добрі результати лише за сегментації зображення із однорідними за яскравістю областями, що не завжди трапляється на практиці.

Гradientні методи. Більшість методів, що виділяють границі, складаються з фільтрації (зменшення шумів, що дає можливість поліпшити локалізацію границь), підсилення (поліпшена локалізація точок суттєвої зміни яскравості), виділення (перевірка, чи належать точки до границі) і локалізації (визначення напрямку градієнта). Градієнт під час обробки зображень – це зміна його яскравості у певній області. Градієнт яскравостей елементів зображення

$$\nabla I = \left(\frac{\partial I(x, y)}{\partial x}, \frac{\partial I(x, y)}{\partial y} \right).$$

Градієнт визначають як

$$|\nabla I| = \sqrt{\left(\frac{\partial I}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial y} \right)^2},$$

а його напрямок – як

$$\tan(\alpha) = \frac{\left(\frac{\partial I}{\partial x} \right)}{\left(\frac{\partial I}{\partial y} \right)}.$$

Для визначення напрямку градієнта часто користуються спеціальними операторами: Собеля, Превіта, Лапласа, Робертса, Кірша [3]. У результаті одержують вектор градієнта в заданій точці або його норму.

Одним із найпоширеніших методів виділення границь є метод Канні (рис. 1з) [4]. Можна зауважити, що цими методами отримують добрі результати для якісних зображень. Проте за дії спотворювальних факторів, наприклад імпульсних шумів, вони незадовільні.

Методи, які базуються на кластеризації. Окрему нішу сегментації зображень займають алгоритми, засновані на кластеризації. Мета цих методів – відбір досліджуваних елементів до груп за певними подібними ознаками, а ознаки різних кластерів повинні при цьому суттєво відрізнятися. Кластер – певна група елементів, кожен з яких має ознаку, притаманну всім елементам цієї групи.

Властивість цих методів – поділ зображення на довільну кількість кластерів. Одним із найпоширеніших є метод k -середніх [5], який мінімізує сумарне квадратичне відхилення точок кластерів від центрів цих кластерів. Це ітераційний алгоритм, який ділить цю множину пікселів на k кластерів, точки яких максимально наближені до їх центра, а кластеризацію спричиняє зміна положення цих центрів. До цієї групи відносять також методи, засновані на нарощуванні областей [6]. Їх недоліком є складність вибору критерію належності елемента до певного класу, а також мала кількість класів, на які поділяють зображення.

Метод сегментації зображення із використанням характеристик точкових образів (рис. 2) полягає у його поділі на однакові за розмірами фрагменти із подальшою побудовою гістограми та визначенням її основних домінуювальних яскравостей для кожного фрагмента. Далі кожному фрагменту ставлять у відповідність вектор яскравостей, надаючи кожній яскравості зображення точковий образ [7–9].

Наступний крок – порівняння розподілу точкового образу яскравостей вихідного зображення із пуассонівським. Якщо ця яскравість відтворює об'єкт на зображенні чи його фрагмент, то для точкового образу характерне утворення скупчень точок. Для перевірки цього використовують виконання умови

$$K(r) > K^{Poi}(r),$$

де r – відстань між центрами фрагментів, на які поділено зображення; $K(r)$ – середня кількість точок образу N , які лежать у крузі радіуса r з центром у деякій точці процесу, що розділена на інтенсивність процесу; $K^{Poi}(r)$ – відповідна характеристика для пуассонівського процесу.



Рис. 2. Вихідне зображення (а) та його сегментація методом із використанням характеристик точкових образів (б).

Перевага цих методів у тому, що на початку сегментації можна одержати певний набір класів, а отже, зменшити кількість ітерацій. Також вони доволі добре сегментують дрібні об'єкти на зображенні.

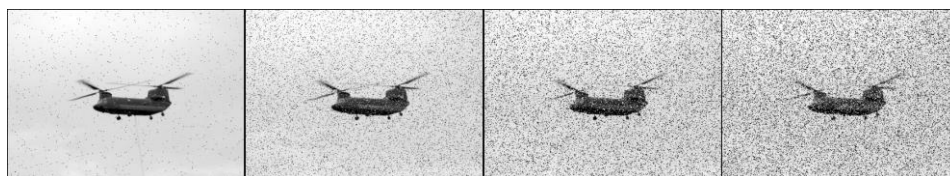
Результати дослідження та обговорення. Дуже часто у реальних умовах на зображеннях, що підлягають обробці, виникають завади, які спотворюють результат сегментації. У найбільш загальному вигляді подамо це у вигляді такої моделі:

$$G = n \cdot I + h,$$

де n – функція розмиття; h – коефіцієнт зашумленості. Як бачимо, коефіцієнт h мультиплікативний, а точкові завади діють адитивно.

Для дослідження впливу спотворень на результати сегментації за допомогою вказаних методів моделювали зашумленість зображення з різними значеннями інтенсивності імпульсного шуму та розмиття.

Вплив на зображення найпоширеніших завад, зокрема імпульсного шуму та розмиття, за допомогою фільтра Гауса відтвореним на рис. 3. Рівень імпульсного шуму, який визначали як відношення площі шуму до загальної площі зображення, змінювали від 1 до 35%. Ступінь розмиття у нашому випадку визначає показник σ , а розмір маски розмиття – $N \times N = 3 \cdot \sigma \times 3 \cdot \sigma$, де σ – середньоквадратичне відхилення розподілу Гауса, яке змінюється від 2 до 8. Під час моделювання зображення встановили, що зашумленість $L = S_{шуму} / S_{зобр.}$, $S_{шуму}$ – загальна площа завад; $S_{зобр.}$ – загальна площа зображення, де $L \geq 0,35$ та розмиття $\sigma \geq 8$ – граничні межі застосування розглянутих методів.



a



б

Рис. 3. Зображення спотворені імпульсними шумами (*a*), площа спотворень відносно загальної площі зображення яких змінюється від 1 до 30% відповідно, та розмиттям Гауса (*б*), де $\sigma = 2 \dots 8$.

Для порівняння якості сегментації описаними методами зіставляли площу виділеного об'єкта із площею об'єкта еталонної сегментації, взятої із бази даних оцінки сегментації [10] (рис. 4).



Рис. 4. Приклад експертної сегментації вихідного зображення рис. 1*a*.

Після сегментації кожним методом для суттєво спотворених зображень отримали множину результатів сегментації (рис. 5 та 6). Для обчислення площі виділеного об'єкта зображень, що сегментували методом Канні, застосували додаткову морфологічну обробку, щоб усунути розриви контуру та знайти площу замкнутих областей.

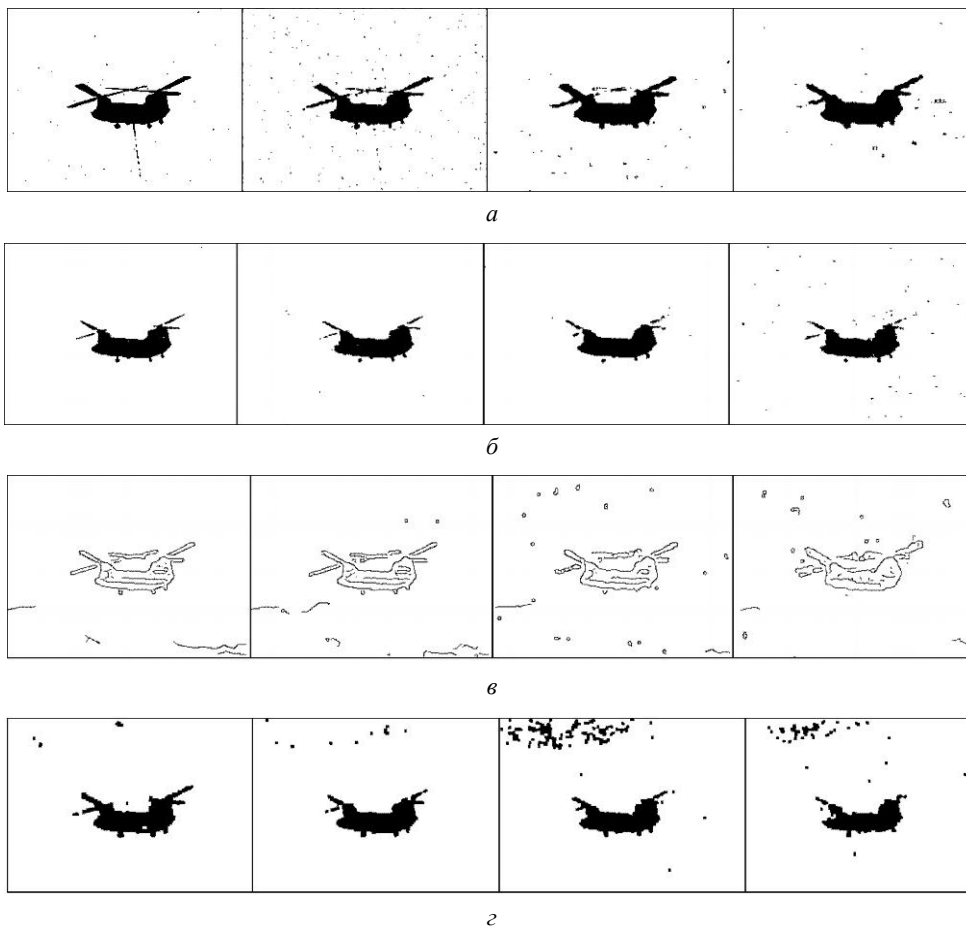


Рис. 5. Сегментація зашумлених зображень: *a* – експертна; *б* – методом Оцу; *в* – методом Канні; *г* – методом із використанням точкових образів.

Отже, можна стверджувати, що метод із використанням точкових образів під час сегментації зображення під впливом імпульсних завад дає добрий результат зі збереженням дрібних елементів об'єкта проти інших методів.

Зі збільшенням завад розмитості на зображеннях під час їх сегментації похибки стабільні у всьому діапазоні розмитості. Метод із використанням точкових образів після морфологічного аналізу даних для нарощування областей та заповнення розривів контуру дає добрий результат із чітко виділеними ділянками об'єкта. Цілісність об'єкта зі збільшенням розмитості його частини втрачається, але ця частина доволі чітка.

Для оцінювання похибки сегментації використали коефіцієнт K , який визначає розкид площі сегментації зображення зі шумами експертної сегментації:

$$K = \frac{S_{методу} + S_{шуму}}{S_{експертне}}$$

де $S_{методу}$, $S_{експертне}$ – площі об'єкта під час сегментації зображення методом без завад та під час експертної сегментації [10].

За ідеальної сегментації коефіцієнт K рівний одиниці. Результати обчислень відхилення площі сегментації об'єкта, спотвореного імпульсними шумами та розмиттям, наведено у таблиці.

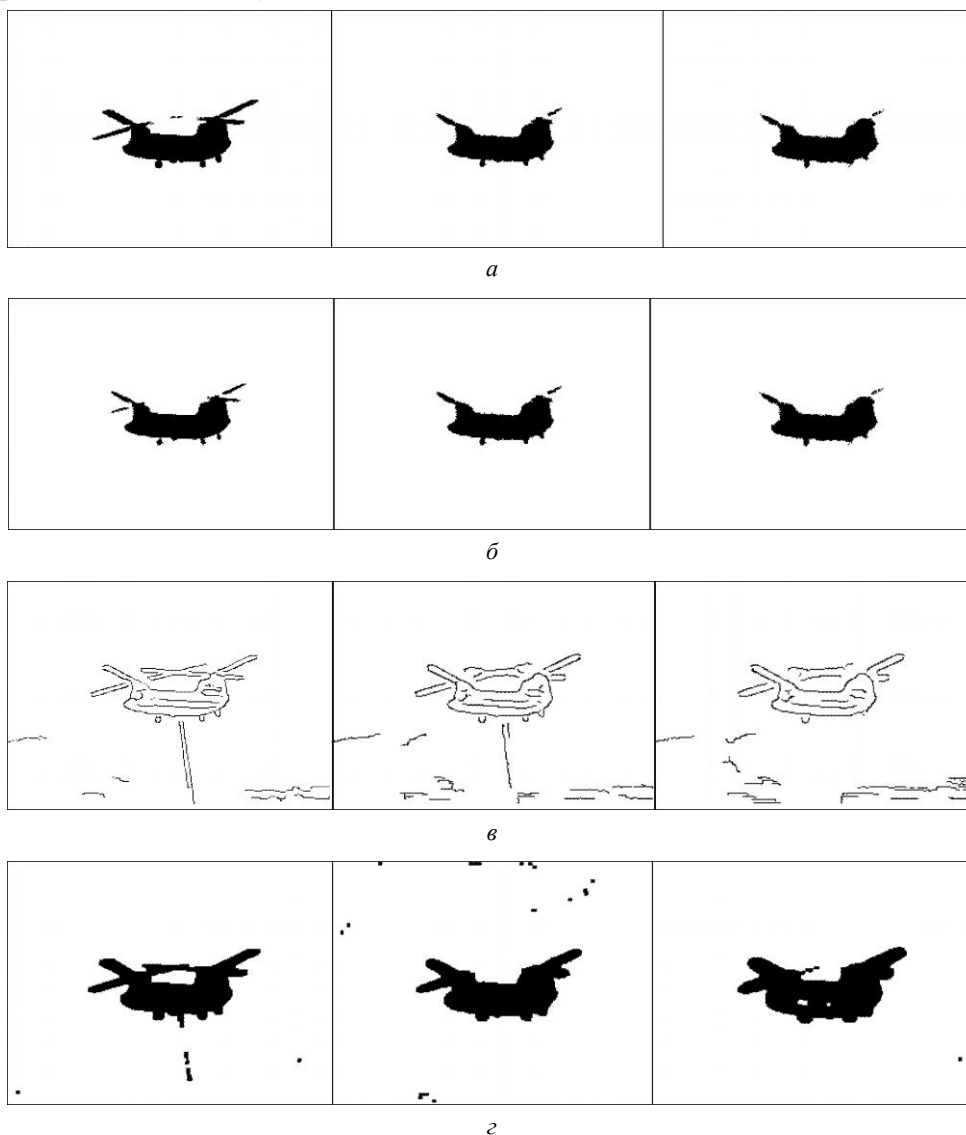


Рис. 6. Сегментація зображення розмитих зображень: *a* – експертна; *b* – методом Оцу; *v* – методом Канні; *z* – методом із використанням точкових образів.

Слід зауважити, що метод сегментації із використанням характеристик точкових образів порівняно із відомими виділяє об'єкти із мінімальними втратами основних частин та мінімальними відхиленнями проти експертної сегментації. Крім того, під час морфологічної обробки спрощує процедуру замикання розривів контурів.

ВИСНОВКИ

Виконано порівняльний аналіз існуючих методів сегментації зображення в умовах дії спотворювальних факторів, зокрема різних зашумленості та розмиття.

Встановлено граничні умови ефективного їх використання. Виявлено, що найперспективнішим до інваріантності до спотворювальних факторів є запропонований метод сегментації, який ґрунтується на застосуванні випадкових процесів для опису розподілу яскравостей та отриманні точкового образу, що визначає кластери на зображенні.

Величина завад	Відхилення площі сегментації об'єкта K під час сегментації зображення методами			
	експертним	Оцу	Канні	із використанням точкових образів
Без завад	1,000	0,753	1,175	1,130
Імпульсні шуми				
1%	1,032	0,769	1,256	1,045
5%	1,003	0,761	1,056	0,966
10%	1,147	0,876	1,102	0,923
15%	1,042	0,754	0,880	1,149
20%	1,119	0,755	1,074	1,280
25%	1,091	0,764	1,096	0,946
30%	1,039	0,761	1,212	0,921
35%	1,010	0,789	2,572	0,993
Розмиття				
2 пікселя	0,975	0,770	1,236	1,432
3 пікселя	1,036	0,762	1,272	1,387
4 пікселя	1,101	0,765	1,263	1,421
5 пікселів	1,032	0,766	1,175	1,449
6 пікселів	1,058	0,770	1,244	1,605

1. *Dzung L. Pham, Chenyang Xu, and Jerry L. Prince* Current Methods in Medical Image Segmentation // Annual Review of Biomedical Eng. – 2000. – Vol. 2. – P. 315–333.
2. *Otsu N.* A threshold selection using grey level histograms // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. – 1979. – № 1. – P. 62–69.
3. *Prewitt J. M. S.* Object Enhancement and Extraction // Picture Processing and Psychopictorics. – 1970. – P. 75–151.
4. *Canny J.* A Computational Approach to Edge Detection // IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1986. – № 6. – P. 679–698.
5. *MacQueen J. B.* Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations // Proc. 5th Berkeley Symp. on Mathemat. Statistics and Probability. – University of California Press., 1967. – P. 281–297.
6. *Beucher S.* Watershed, Hierarchical Segmentation and Waterfall Algorithm // Mathematical Morphology and its Applications to Image Processing. – 1994. – Vol. 2. – P. 69–76.
7. *Косаревиц Р. Я.* Сегментація зображень із використанням характеристик точкових образів // Відбір і обробка інформації. – 2012. – № 36 (112). – С. 91–97.
8. *Kerod T. I., Rusyn B. P., Kosarevych R. Ya.* The Comparison of Segmentation Methods of Metallographic Images // Proc. XIIth Int. Conf. TCSET'2014. – February 25–March 1, 2014. – Ukraine: Lviv-Slavske. – P. 654–656.
9. *Керод Т. І., Русин Б. П., Косаревиц Р. Я.* Порівняння кластерних методів сегментації зображення // XII Міжнар. конф. “Контроль і управління в складних системах” (КУСС–2014). – Вінниця: Вінницьк. нац. техн. ун-т, 2014. – С. 80–81.
10. http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~vision/Seg_Evaluation_DB/download/Weizmann_Seg_DB_1obj.ZIP

Одержано 14.01.2015