

$$DB(U) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^k \max_{i \neq j} \left\{ \frac{\Delta(C_i) + \Delta(C_j)}{\delta(C_i, C_j)} \right\}, \quad (12)$$

де –  $\Delta(C_i)$ ,  $\Delta(C_j)$ ,  $d(C_i, C_j)$  визначають ті самі параметри, що і в «силуетному» індексі.

Оптимальною вважається мінімальна величина індексу Деві-Болдвіна.

Алгоритмічна оцінка оптимальності результатів кластеризації за критерієм відстані реалізована в автоматизованій системі кластерного аналізу [8; 9].

1. Ту Дж., Гонсалес Р. *Принципы распознавания образов.* – М.: Мир, 1978. 2. Дюран Б., Оддел П. *Кластерный анализ.* – М.: Статистика, 1977. 3. Мандель И.Д. *Кластерный анализ.* – М.: Финансы и статистика, 1988. 4. Барселян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. *Технология анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP.* – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 5. Rousseeuw P.J. *Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis // Journal of Computational and Applied Mathematics.* – 1987. – Vol.20. – P.53–65. 6. Bezdek J.C., Pal N.R. *Some new indexes of cluster validity. // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics.* – 1998. – Vol.28. – P.301–315. 7. Dunn J. *Well separated clusters and optimal fuzzy partitions // Journal of Cybernetics.* – 1974. – Vol.4. – P.95–104. 8. Stekh Y., Fajsal M.E. Sardieh, Lobur M. *System for a cluster analysis. – Proceedings of the Xth International Conference “Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications, and Computer Science” // IEEE TCSET’2010.* – Lviv–Slavske. – 2010. – P.236 9. Stekh Y., Fajsal M.E. Sardieh, Kernytskyy A., Nykyforchyn R. *Dialog graphical system of classification with the help of distance function. – Proceedings of the XVI Ukrainian-Polish Conference on “CAD in Machinery Design. Implementation and Education Problems” // CADMD’2008.* – Lviv, 2008. – P.88–89.

УДК 004.932

М.В. Олексів

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра електронно-обчислювальних машин

## ЦИФРОВЕ ОПРАЦЮВАННЯ ВІЗУАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З МЕТОЮ ЕФЕКТИВНОГО ВІДДІЛЕННЯ ОБ’ЄКТІВ ВІД ФОНУ

© Олексів М.В., 2010

Розглянуто спосіб цифрового опрацювання візуальних зображень з метою ефективного відділення об’єктів від фону. Спосіб полягає у специфічному поєднанні операцій фільтрації і вирівнювання гістограми зображення. Полегшено відділення об’єктів від фону на зображеннях, отриманих за різних природних умов.

Ключові слова – цифрове опрацювання зображень, відділення об’єктів від фону, фільтрація зображень.

The digital visual images processing method for effective objects extraction from the background is considered. The method consists in a specific combination of filtering operations and histogram equalization. It facilitates objects extraction from background in the images, which are obtained in different environmental conditions.

Keywords – digital image processing, objects extraction, image filtration.

### Вступ

За цифрового опрацювання зображень сцени, отриманих за допомогою сенсорів в складних природних умовах, виникає проблема отримання таких зображень, що придатні для ефективного

відділення об'єктів від фону. Проблема ще більше загострюється, якщо зображення об'єктів на сцені не є однорідними, містять тіні, білі, текстури. Зауважимо, що фон за реальних умов також є неоднорідним. Це не дає змоги ефективно цілісно відділяти згадані об'єкти від фону. Отже, актуальною постає задача отримання таких цифрових зображень сцени, на яких можна ефективно цілісно відділити об'єкти від неоднорідного фону. Крім того, за реальних умов часто необхідно вирішити і багато інших задач: підвищення чіткості зображень; компенсація спотворень, отриманих в результаті вібрацій, яким може піддаватися сенсор; компенсація неоднорідності чутливості ПЗЗ матриці; компенсація дефектів сенсора; компенсація спотворень, отриманих внаслідок аналогово-цифрового перетворення; компенсація турбулентності тощо. Для розв'язання цих та інших задач пропонується спосіб, що полягає у специфічній комбінації операцій фільтрації і вирівнювання гістограми зображення.

### **Аналіз відомих рішень**

До існуючих способів вирішення проблеми цифрового опрацювання зображень для ефективного відділення об'єктів від фону належать способи, що ґрунтуються на фільтрації у частотній чи просторовій областях, відніманню зображень, вирівнюванню гістограм зображень тощо [1, 2]. Проте вони не дають змоги отримати зображення сцени, що придатні для коректного автоматичного відділення силуетів об'єктів з складною структурою від фону. Часто є спеціалізованими під один вид завод. Є способи, що ґрунтуються на апріорних відомостях про природу завод, проте вимагають втручання людини в процес покращання якості зображень, що є неприпустимим під час розробки способів автоматичного опрацювання зображень сцени [2].

### **Постановка задачі**

За цифрового опрацювання зображень сцени з складною структурою, наприклад, сцени прилеглого простору аеропорту, постає завдання розроблення способу отримання цифрових зображень сцени, на яких можна ефективно цілісно відділити неоднорідні об'єкти зі складною структурою від неоднорідного фону. При цьому необхідно врахувати негативний вплив складних природних умов та особливості утворення цифрових зображень ПЗЗ матрицею. Застосування цього способу уможливить ефективно відділяти об'єкти зі складною структурою, наприклад літаки, від фону, що, своєю чергою, підвищить надійність, точність, швидкість розроблення систем безпеки, наприклад, візуального спостереження за прилеглим простором аеропорту.

### **Отримання цифрових зображень придатних для ефективного відділення об'єктів від фону**

Отримання цифрових зображень, придатних для ефективного відділення об'єктів від фону, здійснюється з метою ефективного відділення об'єктів, наприклад літаків, від фону та інших об'єктів, підвищення чіткості зображень і контурів зображених об'єктів. Полягає у комбінації фільтрації візуальних зображень сцени у частотній області та вирівнюванні гістограми зображень. Перехід в частотну область здійснюється за допомогою швидкого перетворення Фур'є. Під час фільтрації використовуються два види фільтрів: фільтр підсилення високих частот (ВЧ) і низькочастотний фільтр. Якщо фон є світлішим, ніж літак, то перед опрацюванням зображення його необхідно інвертувати. Граф-схему алгоритму роботи розробленого способу зображено на рис. 2.

Результати опрацювання сцени розробленим способом показані на рис. 1. Як бачимо з рис. 1, результатом роботи алгоритму є чіткіше і контрастніше зображення силуетів літаків. При цьому за допомогою фільтрів високих частот усувається негативний вплив турбулентності та компенсуються дрібні спотворення, отримані в результаті руху літака стосовно камери. Підсилюються контури об'єктів, зокрема літаків. Причому підсилення контрасту між суміжними об'єктами, фоном однаково ефективне за початкового низького і високого контрасту між ними. Вирівнювання гістограми дає змогу рівномірно розподілити рівні інтенсивності зображення, при цьому ще більше підсилити контраст між суміжними об'єктами, фоном, усунути негативний вплив туману, дощу, недостатнього освітлення сцени. Поєднання фільтрації з підсиленням високих частот і вирівнювання гістограми, крім зазначених ефектів, також перетворює текстури, що описують напівтоновий силует літака в області однакової інтенсивності. Ще одним ефектом поєднання цих

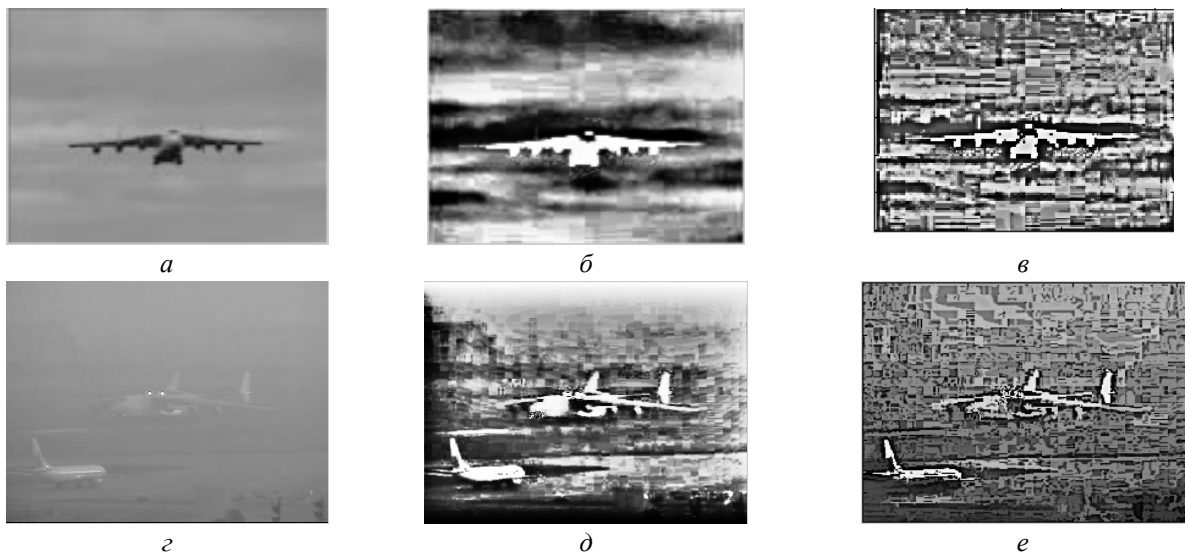


Рис. 1. Результати роботи алгоритму: а – вхідне зображення 1; б – зображення 1, опрацьоване запропонованим алгоритмом з шириною ВЧ-фільтра 1 %; в – зображення 1, опрацьоване запропонованим алгоритмом з шириною ВЧ-фільтра 10 %; г – вхідне зображення 2; д – зображення 2, опрацьоване запропонованим алгоритмом з шириною ВЧ-фільтра 1 %; е – зображення 2, опрацьоване запропонованим алгоритмом з шириною ВЧ-фільтра 10 %

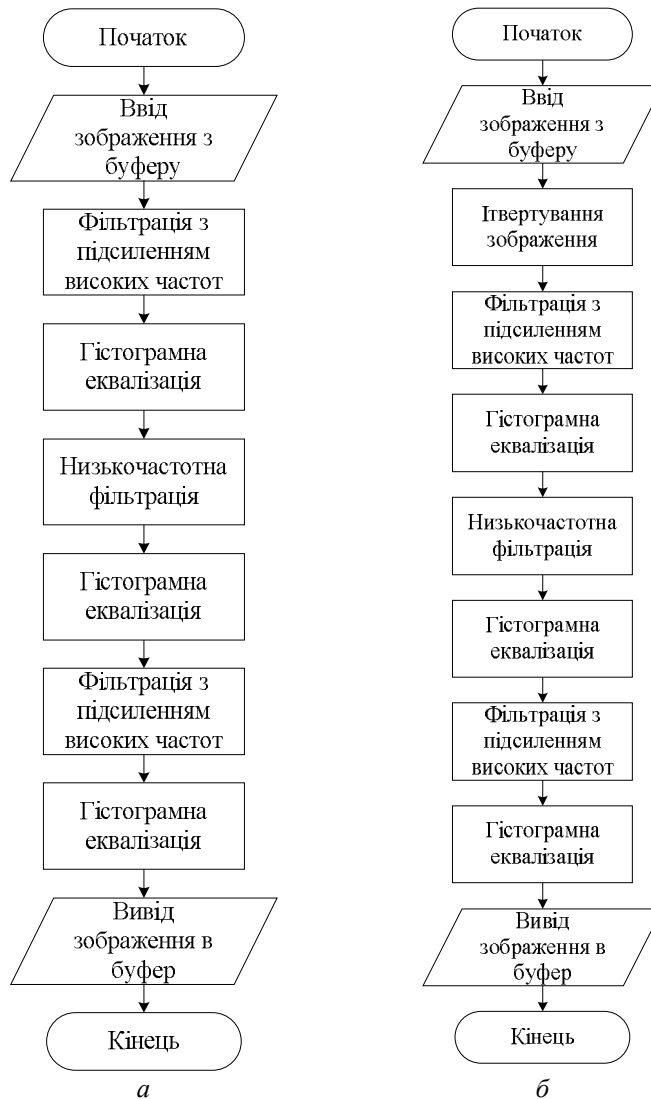


Рис. 2. Граф-схема алгоритму отримання цифрових зображень, придатних для ефективного відділення об'єктів від фону: а – за умови, що об'єкт(и) світліший, ніж фон; б – за умови, що об'єкт(и) темніший, ніж фон

двох операцій є утворення незначного контуру, розмір якого залежить від розмірів об'єкта і параметрів фільтра, навколо зображення корпусу літака. Типовими розмірами контуру є 1 – 3 пікселі. Це, своєю чергою, дає змогу полегшити відділення об'єкта (літака) від фону. Подальші операції низькочастотної фільтрації і фільтрації з підсиленням високих частот дають можливість ще більше згладити шуми і підкреслити силуети об'єктів на кшталт літаків. Виконання операції вирівнювання гістограми після кожної з операцій фільтрації в частотній області також уможливорює зберегти однакову інтенсивність зображення окремих елементів об'єктів, зокрема літаків.

Для людського сприйняття отримане зображення видається спотвореним, з наявністю великої кількості шумів. Ці шуми часто можна описати як текстури з вищим, ніж на вхідному зображенні, середньоквадратичним відхиленням. Проте ці шуми легко видаляються за подальшого опрацювання зображення відомими методами цифрового опрацювання зображень, наприклад, операціями морфологічного опрацювання попередньо бінаризованого зображення, опрацьованого розробленим способом.

### **Аналіз апаратно-програмної реалізації розробленого способу з використанням елементної бази Analog Devices**

Час виконання розробленого способу під час використання напівтонових восьмибітних зображень розміром 128·128 пікселів на мікроконтролері ADSP-BF533 становить 0,04 с. Прискорення обчислень досягається під час використання процесора ADSP-21369, що містить співпроцесор. У результаті моделювання встановлено, що при цьому час виконання алгоритму різко знижується до 0,003 с.

Для прискорення і уніфікації розробки програмної частини систем цифрового опрацювання зображень часто використовуються бібліотеки функцій сторонніх розробників. Однією з таких бібліотек є бібліотека OpenCV. Під час використання цієї бібліотеки для реалізації розробленого способу на мікроконтролері ADSP-BF533 час його виконання зростає на 35 % і становить 0,055 с, а розмір виконавчого файлу зростає з 0,3 до 8,5 МБ. Також виникають проблеми за розміщення програми в пам'яті початкового завантаження типу Flash, оскільки вона обмежена 4 МБ. Це свідчить про недоцільність використання бібліотеки OpenCV під час розв'язання цієї задачі на спеціалізованій елементній базі Analog Devices.

### **Висновок**

Застосування розробленого способу до вхідного цифрового візуального зображення сцени здатне істотно підвищити надійність, точність, швидкість розроблення систем безпеки, наприклад, візуального спостереження за прилеглим простором аеропорту, та ефективність відділення об'єктів від фону, на відміну від використання неопрацьованого вхідного зображення. Спосіб здатний опрацьовувати зображення сцени в режимі реального часу під час використання сучасної мікропроцесорної елементної бази, що містить математичний співпроцесор.

1. Шапиро Л., Стокман Дж. *Компьютерное зрение / пер. з англ.* – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 756 с. 2. Гонсалес Р., Вудс Р. *Цифровая обработка изображений.* – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.