УДК 621.397, 004.932

А.О. Подорожняк,
кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник,
Р.М. Гриб,
С.В. Домнін

МОРФОЛОГІЧНА ОБРОБКА ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ТЕЛЕСКОПІВ

Проаналізовано можливість застосування морфологічних методів для обробки зображень, отриманих телескопами з малою апертурою. Розроблені вимоги до програмного забезпечення для обробки даних морфологічними алгоритмами. Наведено приклад обробки цифрового зображення з телескопу за допомогою розробленого програмного забезпечення.

***Ключові слова**: морфологічна обробка зображення, цифрове зображення, телескоп.*

В статье проанализирована возможность применения морфологических методов для обработки изображений, полученных телескопами с малой апертурой. Разработаны требования к программному обеспечению для обработки данных морфологическими алгоритмами. Приведен пример обработки цифрового изображения телескопа с помощью разработанного программного обеспечения.

***Ключевые слова**: морфологическая обработка изображения, цифровое изображение, телескоп.*

Paper analyzes the applicability of morphological methods for the processing images, obtained with small aperture telescopes. Software requirements for data processing by morphological algorithms are developed. An example of digital image processing of the telescope using the developed software is given.

***Keywords**: morphological image processing, digital image, telescope.*

Для вирішення багатьох практичних задач у різних галузях науки і техніки, таких як медицина, космічна галузь, геодезія, металургія та багатьох інших, застосовується обробка зображень. Кожна така сфера діяльності має власну специфіку і послуговується своїм добором ефективних методів, що задовольняють певним умовам.

Швидкість, точність, якість – це основні критерії, що висуваються до алгоритмів. На жаль, не існує жодного з них, який можна було б оцінити одночасно найвищими оцінками за цими критеріями, а отже, доводиться для кожної задачі жертвувати певними параметрами. Виділення та використання допустимих критеріїв оцінки якості для конкретного завдання є таким же важливим, як і, власне, вибір самого методу.

Типові операції обробки зображень слугують лише механізмом у певному ланцюзі перетворень, довжина якого залежить від напряму та виставлених критеріїв [1]. Одним із провідних завдань обробки є формування та визначення меж

(границь) певних очікуваних зон у візуальних даних. У процесі визначення меж суттєвою є наявність завад та перекручень вихідних даних, залежно від методів їх формування та способів передачі каналами зв'язку. Одним із напрямів формування та визначення меж, а також боротьби із певними завадами є застосування методів та принципів математичної морфології.

Морфологія дозволяє абстрагуватись від специфіки напряму та використовувати логічні операції. Реалізація цих алгоритмів базується на двійковій логіці, яку використовує переважна більшість обчислювальних потужностей.

Це висуває морфологічну обробку в розряд найбільш пріоритетних напрямів досліджень у обробці зображень у розрізі швидкодії методу при реалізації на сучасній обчислювальній базі.

Над визначенням границь зображень вчені всього світу працюють вже упродовж багатьох років [2, 3]. Загальноприйнятим результатом виділення границі є набір послідовних кривих, що позначають межі об'єкта. Цей набір повинен формувати замкнутий нерозривний контур, із яким надалі повинна працювати система розпізнавання.

Відомі методи виділення контурів за допомогою операторів Кенні, Собеля мають гарні результати лише у випадку майже повної відсутності шумів [4]. Тобто їх застосування потребує попередньої обробки зображень, що не завжди є прийнятним, особливо в умовах часових обмежень [4, 5].

У той же час застосування морфологічних перетворень дозволяє проводити фільтрацію шумів зображення й оконтурювання за допомогою однотипних операцій [6, 7].

Задача оконтурення постає досить спрощеною для ситуації бінарного зображення, оскільки із можливих варіацій перепадів не потрібно виділяти допустиму границю та завжди існує фіксована величина переходу, що дорівнює 1. Водночас за необхідності мати контур товщиною більш ніж 1 піксель достатньо лише збільшити формуючий примітив [5].

У лабораторних/еталонних зображеннях, на яких можна досліджувати базову поведінку моделі, немає притаманного реальним зображенням шуму або кутових спотворень. Саме ці фактори створюють чимало проблем у обробці і вимагають попереднього доопрацювання перед використанням операції оконтурення, щоб запобігти наявності виступаючих артефактів. За допомогою операцій ерозії можна прибрати такі зайві елементи із зображень, виконавши згладжування [8].

Метою статті є аналіз базових алгоритмів морфологічної обробки для застосування у виділенні контурів та покращанні отриманих результатів на прикладі зображень, отриманих використанням телескопа з малою апертурою.

У ході аналізу існуючих засобів реалізації операцій математичної морфології було встановлено, що добре описано досить примітивний набір засобів для аналізу суті морфологічних операцій, тому прийнято рішення про розробку власної програмної реалізації існуючих методів. Такий підхід дає можливість у подальшому використовувати власні маніпуляції над зображеннями, не обмежуючись можливостями одного із існуючих математичних пакетів.

Етапи розробки програмного забезпечення для обробки даних морфологічними алгоритмами:

– концептуальне проектування, під час якого виділяються основні узагальнені вхідні дані та типи операцій;

– етап реалізації базового набору операцій;

– етап тестування та виділення нових вимог до отриманого додатку.

Подальше нарощування функціоналу відбувається із виникненням нових вимог, що ставляться в процесі постановки задач стосовно розпізнавання об'єктів космічної галузі, отриманих за допомогою телескопів, якими обладнано обсерваторії в Україні.

Основні технічні вимоги до забезпечення:

– отримання даних із файлу загальноприйнятого формату;
– збереження вихідних даних у загальноприйнятому форматі;
– наявність модуля візуалізації результатів обробки;
– атомарність операцій та пов'язаних із ними даних;
– можливість редагування маски та виділення її центру;
– ланцюговий принцип побудови послідовності операцій.

Розроблений відносно цих вимог графічний інтерфейс показано на рис. 1.

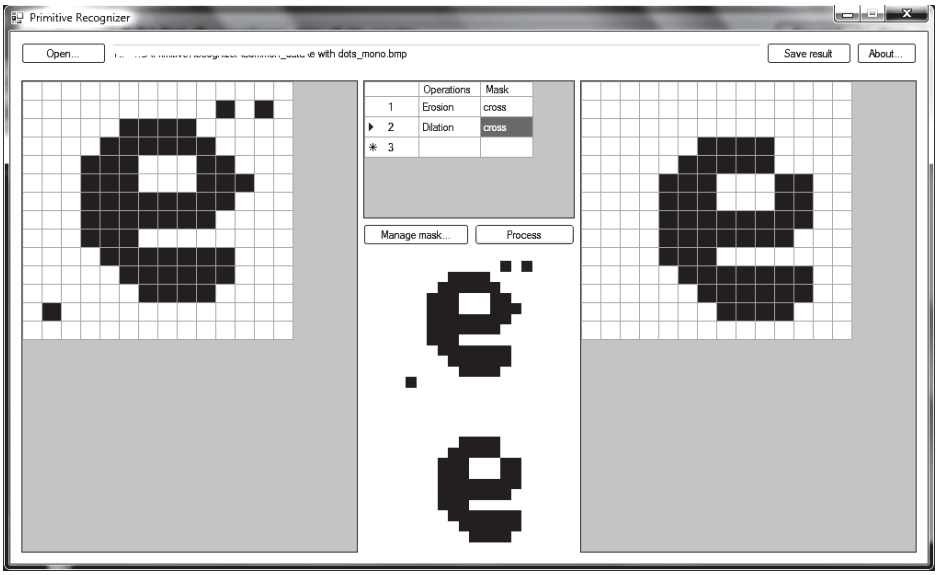
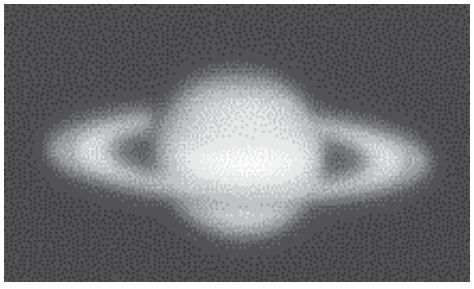


Рис. 1. Вигляд основного інтерфейсу додатку

Редагування масок та можливість вибору центру у масці реалізовано за допомогою окремого діалогу. Створені маски можна використовувати у послідовності операцій, яка задається списком.

У якості вхідних даних було використано зображення Сатурна, отримане завдяки використанню телескопа, як показано на рис. 2а. Далі було виконано перетворення зображення до монохромного (рис. 2б).


а

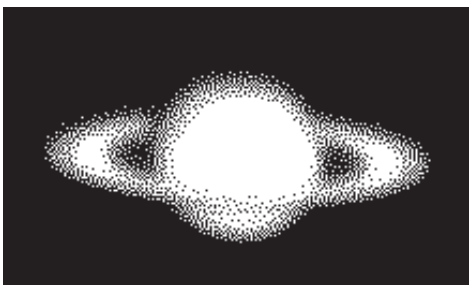

б

Рис. 2. Зображення Сатурна: а) оригінальне зображення; б) монохромне зображення

Основними морфологічними операціями є дилація та ерозія, тому спершу реалізовано ці дві операції. Операція дилації може бути записана як

$$A \oplus B = \{z \left| [(\hat{B})_z \cap A] \subseteq A \right.\},$$

а ерозії

$$A \Theta B = \{z \left| (B)_z \subseteq A \right.\},$$

де A – вхідне зображення; B – структуроутворююча множина (примітив); $\hat{B}$ – центральне відображення множини B; z – точка, в яку проводиться зсув множини B.

Оскільки вхідне зображення значно зашумлене, то доцільно застосувати операцію розкриття для виділення основного великого елемента по примітиву $B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ із точковим центром всередині. Операція розкриття може бути записана у вигляді

$$A \circ B = (A \Theta B) \oplus B.$$

Результат перетворення показано на рис. 3.

Рис. 3 Зображення після проведення операції розкриття

З рис. 3 видно, що зображення являє собою цілісний фрагмент із прибраним інтенсивним шумом. По такому зображенню уже можна виконати виділення контуру.

Виділення границі може бути виконано за виразом:

$$L(A) = A(A \Theta B).$$

Результати застосування операції виділення границь наведені на рис. 4.

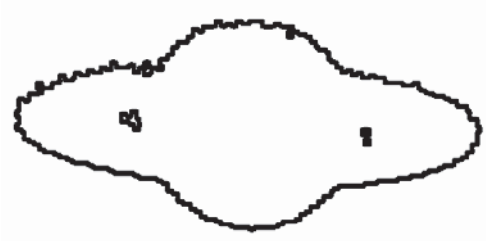


Рис. 4. Контур, отриманий виділенням границі

Як видно, потрібно вирішити задачу згладжування зазубрених виступів, які чітко можна спостерігати в лівій та верхній частині зображення. Під набір відповідних дій підпадає операція закриття. Закриття може бути описане формулою

$$A \bullet B = (A \oplus B) \Theta B.$$

Слід зауважити, що для кращого згладжування потрібно використовувати примітив більшої розмірності. Однак чим більшим буде примітив, тим помітнішим стає потовщення контуру, отже, слід обирати мінімальну величину. Якщо вектор напрямку завад яскраво виражений, як для даного зображення − вгору, то потрібно використати сплюснутий примітив прямокутної форми. Оскільки характер завад має точковий характер, то доводиться використовувати мінімальне збільшення у напрямку, ортогональному до вектору завад. Використавши зазначене вище, отримуємо розміри формуючого примітиву 5х3, який має вигляд $B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$.

При застосування операції закриття отримуємо результат на рис. 5.

Рис. 5. Сформований контур Сатурна.

Аналогічним чином застосовуємо послідовність зазначених вище операцій для зображення штучного супутника із примітивом на операції закриття 3х5 на рис. 6в, та 3х3 на рис. 6г.

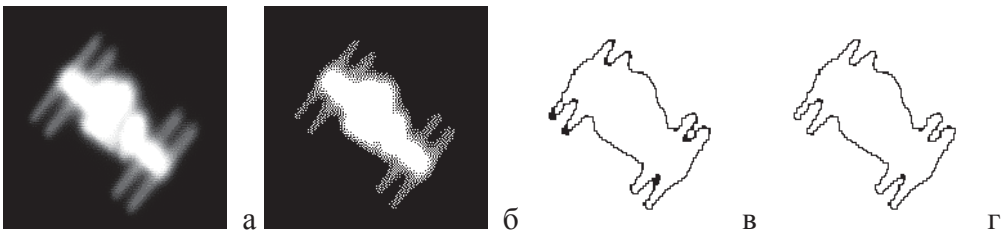


Рис. 6. Зображення штучного супутника а) оригінальне зображення; б) бінаризоване зображення; в) виділений контур із примітивом 3х5; г) виділений контур із примітивом 3х3

Отже, запропоновано алгоритм виділення контурів знімків об'єктів, отриманих від телескопів із малою апертурою.

Висновки

У статті проаналізовано можливість застосування морфологічних методів обробки зображень для космічної галузі, а саме при опрацюванні бінарних зображень, отриманих телескопами з малою апертурою.

Досліджені алгоритми трансформування образів дають широкі можливості для розвитку та реалізації на програмно-апаратному рівні різноманітної обробки результатів роботи існуючої зображеннєвотворної техніки.

Алгоритми контуризації та згладжування дають можливість підготувати набори для розпізнавання космічних об'єктів з малим блиском, отриманих існуючими засобами.

Темою подальших досліджень є розширення класу оброблюваних тонових та багатоспектральних зображень, а також синтез алгоритмів для конкретних застосувань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Gopi E.S.* Algorithm Collections for Digital Signal Processing Applications using Matlab. – Springer, 2007 – 190 p.

2. *Форсайт Д.* Компьютерное зрение. Современный подход / Д. Форсайт, Ж. Понс. – М. : Издательский дом Вильямс, 2004. – 928 с.

3. *Гонсалес Р.* Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.

4. *Fisher R.* HIPR2 / *Robert Fisher,* Simon Perkins, Ashley Walker, Erik Wolfart [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http : // homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/.

5. *Solomon C.* Fundamentals of Digital Image Processing. A Practical Approach with Examples in Matlab / C. Solomon, T. Breckon. – Wiley-Blackwell, 2011. – 355 p.

6. *Пытьев Ю.П.* Методы морфологического анализа изображений / Ю.П. Пытьев, А.И. Чуликов. – М. : Физматлит, 2010. – 336 с.

7. *Braga-Neto U.* Automatic Target Detection and Tracking in Forward-looking Infrared Image Sequences Using Morphological Connected Operators / *Braga-Neto U.,* Goutsias J. // Proc. of the 23rd Conference on Information Sciences and Systems (CISS). – 1999. – Vol. 1. – P 173–178.

8. *Sheshadri H.S.* Detection of Breast Cancer Tumor based on Morphological Watershed Algorithm / Sheshadri H.S., Kandaswamy A. // ICGST-GVIP Journal. – 2005. – Vol. 5. – Issue 5.

Отримано 21.03.2013