

УДК 517

к.т.н., доцент Крельштейн П.Д.,

Київський національний університет будівництва і архітектури,  
Маліна І.А., Одеська державна академія будівництва і архітектури

## АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИДІЛЕННЯ КОНТУРІВ НА РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗНІМКАХ

*Виконано аналітичне дослідження методів виділення контурів на радіолокаційних зображеннях.*

**Постановка проблеми.** Однією з основних і найважливіших цілей цифрової обробки зображень є розпізнавання присутніх на них об'єктів. Контурні, або граничні, лінії розділяють на зображенні ділянки з різними властивостями, тому виділення контурів інколи розглядається як попередня обробка, направлена на подальше виконання сегментації. В той же час в результаті виділення контурних ліній, можуть і самотійно ефективно використовуватися для розпізнавання, оскільки інформація, що міститься, достатня для вирішення багатьох завдань.

Особливої важливості задача виділення контурних ліній набуває при використанні цифрових радіолокаційних зображень, які за своєю структурою значно відрізняються від зображень у видимому діапазоні спектру.

В практиці цифрової обробки зображень розроблено багато методів виділення контурів на цифрових знімках. Дослідження цих методів є важливою, актуальною задачею.

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є аналітичне дослідження методів виділення контурів на радіолокаційних зображеннях.

### **Основний зміст роботи.**

В контексті поставленої задачі виділення контурів включає чотири етапи: підкреслення (посилення) перепадів яскравості, виділення граничних точок, потоншення (скелетизація) і усунення розривів.

Сенс операції підкреслення контурів полягає в тому, щоб підсилити різкі перепади яскравості, сформувавши у відповідних точках кадру імпульсні відклики на фоні порівняльно слабких флуктуацій в інших областях зображення, що не містять різких перепадів яскравості. За своєю характеристикою всі оператори підкреслення контурів є різними модифікаціями диференціювання двовимірного поля по різних напрямках області визначення.

Добре відомо, що при диференціюванні сигналів з шумами відбувається істотне посилення останніх, що знижує співвідношення сигнал/шум і негативно відбивається на отримуваних результатах. Тому є значне число операторів, що

представляють різні варіанти диференціювання з накопиченням, і використовуються для послаблення негативних наслідків диференціювання.

Зазвичай оператор підкреслення контурів представляють у формі масочного лінійного фільтру. В процесі обробки маска, яка є просто матрицею коефіцієнтів, ковзає по полю зображення, займаючи по черзі всі можливі положення. У кожному положенні маска грає роль вікна, за допомогою якого відбираються відліки оброблюваного зображення і виконується їх поелементне множення на відповідний елемент маски з подальшим підсумовуванням всіх добутоків. Отримане число розглядається як відлік вихідного зображення в точці, що відповідає центру симетрії вікна.

Приведемо найбільш широко використовувані варіанти масочних операторів підкреслення. Прості оператори диференціювання уздовж рядка, стовпця і двох діагональних напрямів відповідно описуються матрицями [1]:

$$(-1 \ 1); \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Видно, що обчислення похідної замінюється взяттям різниці елементів. Так, наприклад, перший з приведених операторів обчислює різницю вигляду  $u(i, j+1) - u(i, j)$  є апроксимацією похідної зображення  $u(i, j)$  по рядку. Аналогічно працюють і наступні оператори, представлені в (1). Відзначимо, що два останніх з них, працюючих уздовж діагональних напрямів, називаються оператором Робертса.

Всім операторам в (1) властиві два істотні недоліки. Перший — відсутність накопичення, що робить їх, як вже говорилося, вельми чутливими до шуму, що міститься в зображенні  $u(i, j)$ . Другий полягає в тому, що обчислювані різниці центровані відносно середніх точок між вузлами.

У операторах, що приводяться нижче, чутливість до шуму послабляється завдяки збільшенню розмірів матриць, а зсув усувається за рахунок використання масок з непарним розміром сторін. При цьому зазвичай обчислений результат відповідає центральній точці вікна. Найчастіше застосовують оператори Превітт I і II, матриці яких мають вигляд відповідно:

$$A_{PI} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}; A_{PII} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

і Собеля:

$$A_s = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

У приведених тут операторах обчислюють згладжені похідні уздовж стовпців зображення. Поворотом вагових коефіцієнтів цих операторів на  $90^\circ$  можна отримати оператори, що обчислюють згладжену похідну  $u_r(i, j)$  зображення в горизонтальному напрямі. Якщо ж виконати поворот вагових коефіцієнтів в матрицях на  $+45^\circ$  або  $-45^\circ$ , то отримаємо операторів, що обчислюють згладжені похідні  $u \setminus (i, j)$  або  $u / (i, j)$  уздовж двох діагональних напрямів.

Відомі різні способи подальшого використання похідних, обчислених за допомогою масочних операторів, проте всі вони можуть бути віднесені до градієнтних методів. Градієнт  $h(i, j)$  двовимірної функції  $u(i, j)$  є, як відомо, векторною двовимірною функцією, що визначає напрям і швидкість максимальної зміни функції  $u(i, j)$ . Частіше користуються другою з цих характеристик, визначуваною модулем градієнта:

$$h(i, j) = |\nabla_y(i, j)| = \sqrt{\left(\frac{\partial u(i, j)}{\partial i}\right)^2 + \left(\frac{\partial u(i, j)}{\partial j}\right)^2} \quad (4)$$

Грубішими, але все частіше вживаними в практичних завданнях є модифікації градієнтного методу, засновані на виборі максимальної з похідних по різних напрямках і її використанні як градієнту.

Різноманіття масочних операторів ставить питання про порівняння їх характеристик і про вибір кращого в тому або іншому сенсі оператора.

За своїм характером всі оператори підкреслення контурів є різними модифікаціями диференціювання двовимірного поля по різних напрямках області визначення. Для порівняння масочних операторів використаємо показник якості, що використовує рівень вихідних шумів. Якщо вхідне зображення містить адитивний білий шум з дисперсією  $\sigma$ , однаковою у всіх точках кадру, то стійкість масочного оператора до шумів зображення визначають співвідношенням сигнал/шум. Для цього задаються моделлю вхідного перепаду яскравості. Відношення "перепад яскравості / шум" для вхідного зображення характеризують величиною  $q_{вх} = s_0 / \sigma$ .

Корисний сигнал на виході запишемо, як:

$$S_{вих} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n S_{i,j} a_{i,j}, \quad (5)$$

а співвідношення сигнал/шум після обробки:

$$q_{вих} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n s_{i,j} a_{i,j}}{\sigma \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{i,j}^2}}, \quad (6)$$

де  $a_{i,j}$  - коефіцієнти маски;  $s_{i,j}$  - коефіцієнти маски зображення до виділення контурів.

Досліджено наступні методи виділення контурів та їх оператори: Кірша, Собеля, багаторівневий фільтр, фільтр Робінсона 3-го рівня. [2.3]. Результати досліджень зведені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Аналітичне дослідження методів виділення контурів**

Оператор	Маска	Співвідношення сигнал/шум
Робінсона 3-го рівня	3x3	1,22
	5x5	2,24
	7x7	3,24
Багаторівневий	3x3	1,15
	5x5	2,06
	7x7	2,96
Гرادієнтний Превіта I	3x3	1,22
Градієнтний Превіта II	3x3	0,87
Собеля	3x3	1,15
Кірша	3x3	1,10

На рис. 1 та рис. 2 наведений приклад роботи методів виділення контурів на космічних радіолокаційних знімках ENVISAT.

Ці зображення демонструють той факт, що навіть найкращий серед операторів в конкретному класі не завжди забезпечує найкращий результат. Отримуване на основі виділення контурів зображення  $h(i, j)$  зазвичай, використовують для утворення контурного препарату — бінарного зображення, в якого контурні точки набувають значення 1 (рівень чорного), а інші — 0 (рівень білого) або навпаки [1,4].

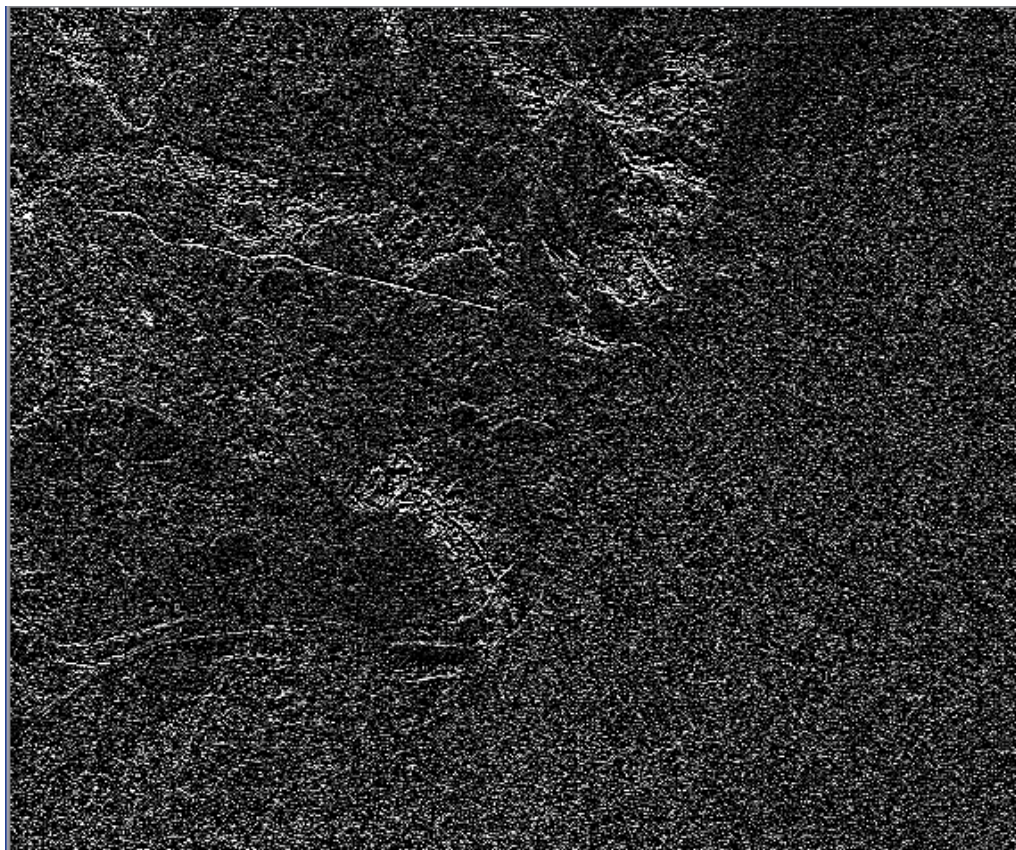


Рис. 1. Виділення контурів на знімку ENVISAT оператором Превітта-І (маска 3x3)

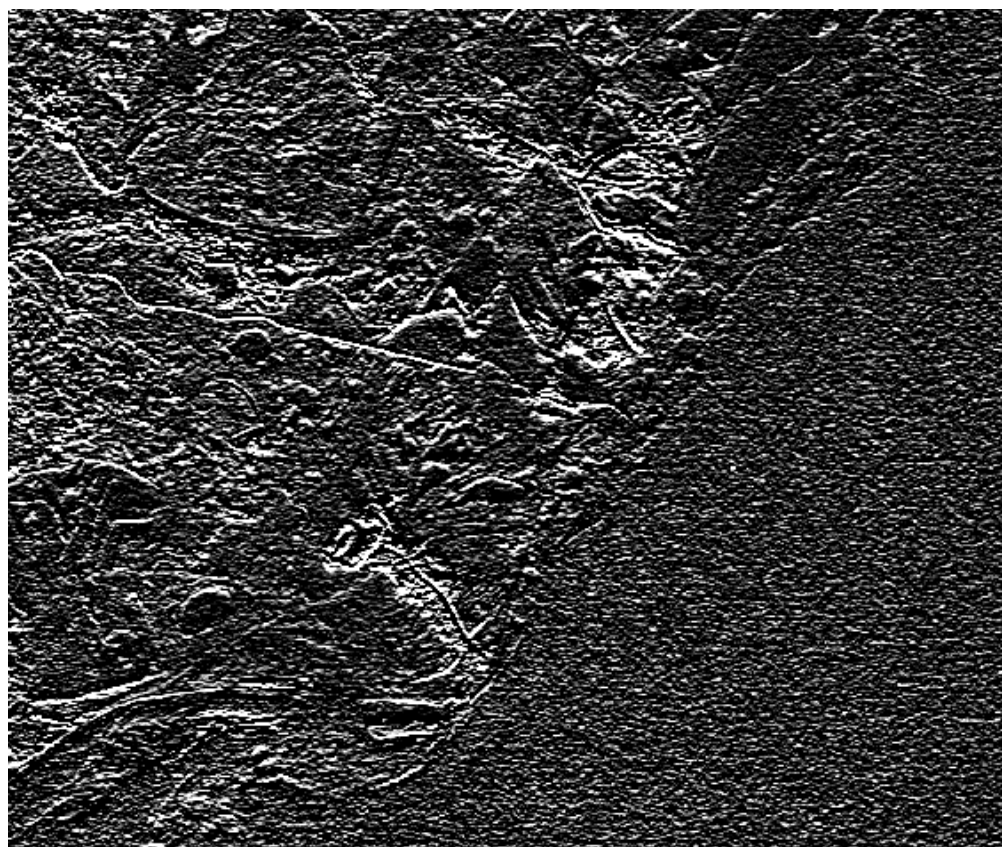


Рис. 2. Виділення контурів на знімку ENVISAT оператором Робінсона 3-го рівня (маска 7x7)

**Висновок.** Результати дослідження показують, що максимальне співвідношення сигнал/шум забезпечується оператором Робінсона 3-го рівня. Порівнюючи методи виділення контурів з однаковою маскою можна виділити кращі оператори: Превіта II і Робінсона 3-го рівня. Використання раціонально побудованих матриць підкреслення контурів, в яких закладається ідея диференціювання з накопиченням, не лише не зменшує вихідного співвідношення сигнал/шум, що властиве простим операторам, що не використовують накопичення, але навіть, навпаки, приводить до його збільшення в порівнянні з вхідним зображенням.

### Список літератури

1. Цифровая обработка изображений в информационных системах [Текст] / И.С. Грузман, В.С. Киричук и др. – Новосибирск, НГТУ, 2002. – 352 с.
2. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений: учеб. пособие [Текст]/ Р.А. Шовенгердт - М., Техносфера, 2010. – 560 с.
3. Яне Б. Цифровая обработка изображений: учеб. пособие [Текст] / Б. Яне - М., Техносфера, 2007. – 584 с.
4. Форсайт Д. Компьютерное зрение, современный подход. [Текст] / Д. Форсайт, Ж. Понс // Москва: Вильямс, 2004. - 928 с.

### АННОТАЦИЯ

Выполнено аналитическое исследование методов выделения контуров на радиолокационных изображениях.

### SUMMARY

Analytical research of methods of selection of contours is executed on radio-location images.