

УДК 681.325

В.В. Онищенко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

## МЕТОДИКА ВЕРИФІКАЦІЇ КОНТУРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ОБ'ЄКТІВ

*Наголошується, що в даний час найбільший інтерес представляють підходи, які ґрунтуються на узагальнених моделях зображень об'єктів та враховують характерні ознаки розпізнавання. Один з таких підходів полягає у відмові від обробки кожної точки зображення і переході до обробки лише його контурів. Пропонується методика верифікації контурних зображень тривимірних об'єктів, отриманих космічними системами дистанційного зондування Землі.*

**контур, контурне зображення, верифікація контурних зображень, розпізнавання зображень, піксель**

### Вступ

**Постановка проблеми.** Стрімке зростання обчислювальної техніки відкрило можливість обробки цифровими методами зображень об'єктів, що формуються різноманітними технічними датчиками. Найчастіше отримувані зображення мають недостатню по відношенню до фону контрастність, чіткість, спотворені перешкодами і шумами [1 – 3]. Особливо гостро стоїть ця проблема в повністю автоматизованих системах. Ситуація ускладнюється відсутністю таких теоретичних підходів до питань обробки зображень, застосування яких дозволяло б розпізнавати з високим ступенем вірогідності зображення об'єктів, контури яких схильні до деформаційних спотворень структури.

У зв'язку з цим найбільший інтерес представляють підходи, що базуються на узагальнених моделях зображень об'єктів та враховують характерні ознаки розпізнавання. Один з таких підходів полягає у відмові від обробки кожної точки зображення і переході до обробки лише його контуру, який цілком визначає форму зображення та містить всю необхідну інформацію для розпізнавання зображення за його формою [4].

Такий підхід дозволяє не розглядати внутрішні точки зображення і тим самим скоротити об'єм оброблюваної інформації, забезпечивши роботу системи в масштабі часу, ближчому до реального.

Саме тому при розгляді контурів зображень важливим є завдання верифікації їх на предмет відповідності певним вимогам. Верифікація дозволить підвищити якість розпізнавання об'єктів та скоротити час обробки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що процес інтерпретації зображень в значній мірі оснований на розпізнаванні контурів [1, 2]. Відзначається широке застосування структурних методів розпізнавання [3], що використовують як вхідну

інформацію контурні зображення об'єктів. Це послужило основою для розробки різних схем кодування контурів. Найбільш поширеним методом кодування, що розмежує чорні та білі області бінарного зображення, є метод Фрімена. Для відновлення контуру зображення об'єкта при цьому необхідно знати координати початкової точки та ланцюговий код, який не тільки зменшує об'єм пам'яті для зберігання контуру, але й може використовуватися при розпізнаванні об'єктів за їх формою.

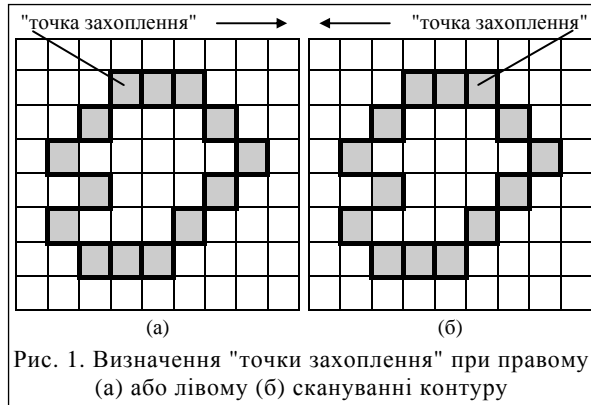
Проте при рішенні задач машинного зору виникає необхідність у верифікації та корекції початкових контурів, виходячи із специфічних особливостей конкретного завдання і використання тих або інших методів розпізнавання. Це пов'язано, перш за все, з наявністю в контурах, отриманих на попередніх етапах обробки зображень, ситуацій неоднозначності (прямокутні фрагменти контурів; фрагменти, що містять гострі кути). Наявність таких ситуацій приводить до неоднозначності і, отже, до додаткових витрат часу на її усунення.

**Формулювання мети статті.** Необхідно сформулювати основні вимоги, що пред'являються до контурів зображень та розробити методику верифікації контурних зображень тривимірних об'єктів, отриманих космічними системами дистанційного зондування Землі.

### 1. Основні вимоги, що пред'являються до контурів зображень

Враховуючи, що основним елементом сприйняття зображень на борту космічного апарату (КА) є матриця приладу із зарядовим зв'язком (ПЗЗ), будемо представляти бінарне зображення у вигляді сукупності пікселів. У якості чорних пікселів виступатимуть пікселі, які безпосередньо визначають контур зображення. Білі пікселі гратимуть роль фону. "Точкою захоплення"  $a_0$  називатимемо піксель, що

належить контуру  $P$  ( $a_0 \in P$ ) зображення, який був виявлений першим при правому або лівому послідовному перегляді рядків матриці ПЗЗ (правому або лівому скануванні). На рис. 1 показані "точки захоплення" контуру при правому (а) та лівому (б) скануванні.



Враховуючи, що фундаментальними властивостями контурів реальних зображень є замкнутість і безперервність, представимо замкнутий контур зображення у вигляді структури  $\Delta S$  одиничних векторів (ОВ)  $b_i$ , що з'єднують центри сусідніх пікселів. Буква  $\Delta$  перед ім'ям структури указує на те, що структура складається з ОВ:

$$\Delta S = \langle b_0, b_1, \dots, b_{n-1} \rangle,$$

де  $n$  – кількість одиничних векторів в контурі зображення.

На матриці ПЗЗ можливі вісім різних напрямів ОВ, що з'єднують сусідні пікселі (рис. 2).



Напрями кожного з послідовно з'єднаних одиничних векторів замкнутого контуру визначатимуть розвиток структури в цілому.

Позначимо буквою "Т" – поточний піксель, буквою "П" – попередній піксель і буквою "С" – наступний піксель. Проаналізуємо взаємне розташування трійки (П, Т, С) пікселів на довільно узятому контурі  $\Delta P$ .

Довільний замкнутий контур повинен задовольняти наступним вимогам:

- мінімальна відстань між початком одного  $b_i$  та кінцем іншого  $b_{i+1}$  сусіднього ОВ, узятого за напрямом обходу контуру (розвитку структури), повинна дорівнювати двом ОВ;
- товщина контуру не повинна перевищувати одного пікселя.

Дані вимоги виключають появу прямокутних фрагментів контурів та фрагментів, що мають гострі кути (рис. 3) або містять надмірні стани, при яких поточний піксель не впливає на напрям розвитку структури  $i$ , отже, може бути виключений з розгля-

ду. Пунктирні стрілки показують напрям розвитку структури з урахуванням надмірного стану, а суцільні – реальний напрям розвитку структури  $\Delta S$ . Іншими словами, не допускаються ситуації безпосереднього сусідства пікселів П та С.

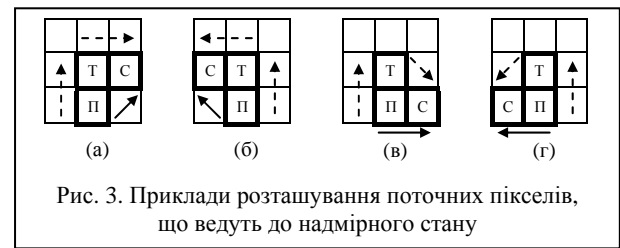


Рис. 3. Приклади розташування поточних пікселів, що ведуть до надмірного стану

Розглянемо ситуації взаємного розташування поточного і наступного пікселів, число яких відповідатиме кількості різних напрямів ОВ (рис. 4).

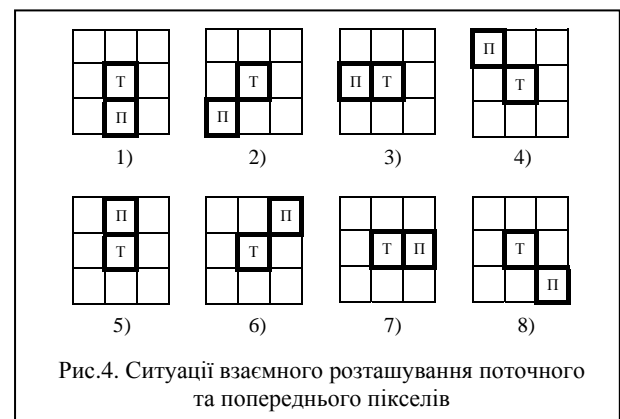


Рис.4. Ситуації взаємного розташування поточного та попереднього пікселів

Проаналізувавши взаємне розташування пікселів Т і П, можна відзначити, що для кожної з ситуацій їх діагонального розташування можна вибрати п'ять варіантів розташування наступного пікселя, а для кожної з ситуацій, коли пікселі Т і П розташовані на одній лінії, можна вибрати лише три варіанти.

Таким чином, для довільного замкнутого контуру загальне число варіантів  $V$  визначатиметься за формулою:

$$V = V_d + V_l, \tag{1}$$

де  $V_d$  – кількість варіантів діагонального розташування пікселя С;  $V_l$  – кількість варіантів лінійного розташування пікселя С.

Значення  $V_d$  і  $V_l$  визначатимуться відповідно за формулами:

$$V_d = k_d \cdot w_d; \tag{2}$$

$$V_l = k_l \cdot w_l, \tag{3}$$

де  $k_d$  – кількість ситуацій діагонального розташування пікселів Т і П;  $w_d$  – кількість варіантів розташування пікселя С для ситуації діагонального розташування пікселів Т і П;  $k_l$  – кількість ситуацій лінійного розташування пікселів Т і П;  $w_l$  – кіль-

кість варіантів розташування пікселя С для ситуації лінійного розташування пікселів Т і П.

Враховуючи, що  $k_d = k_l = 4$ ,  $w_d = 5$ ,  $w_l = 3$ , а також користуючись формулами (2) та (3), отримаємо загальне число варіантів  $V$  згідно формули (1):

$$V = 4 \cdot 5 + 4 \cdot 3 = 20 + 12 = 32.$$

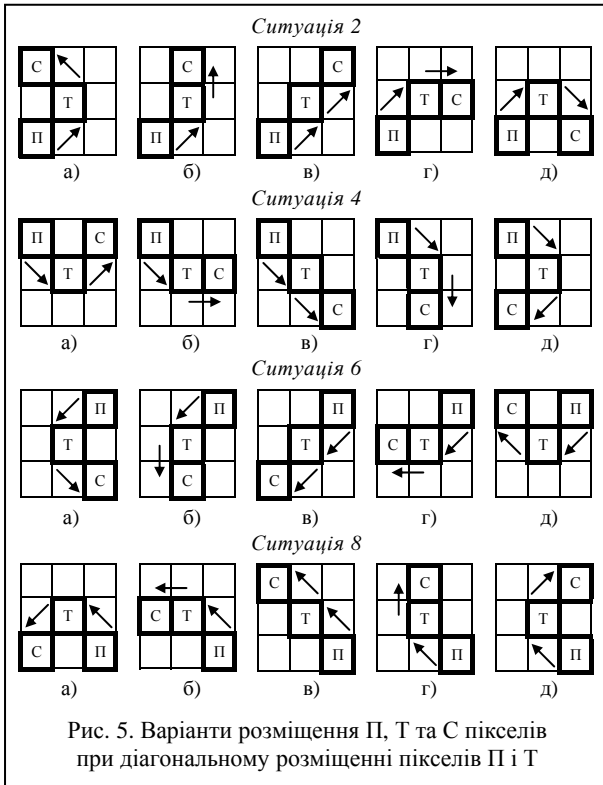


Рис. 5. Варіанти розміщення П, Т та С пікселів при діагональному розміщенні пікселів П і Т

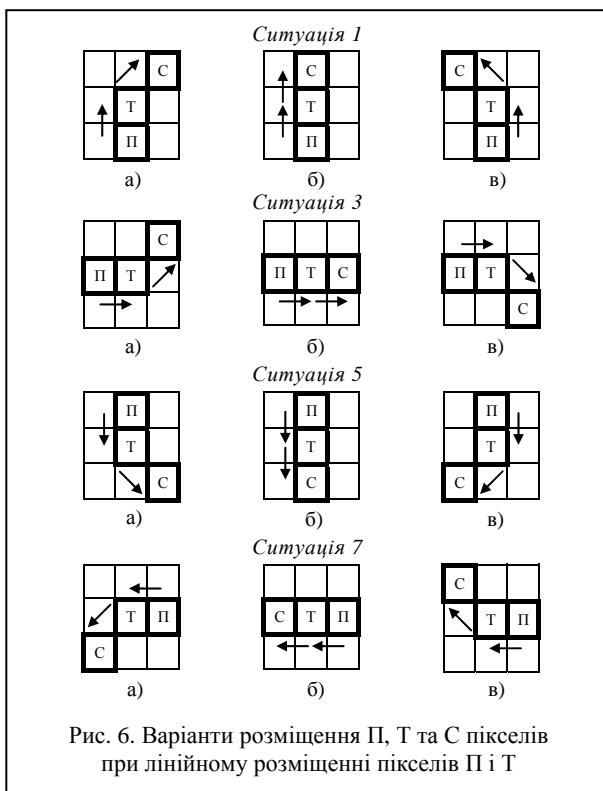


Рис. 6. Варіанти розміщення П, Т та С пікселів при лінійному розміщенні пікселів П і Т

Таким чином, для ситуацій 2, 4, 6 та 8 матимемо варіанти взаємного розташування пікселів П, Т і С, представлені на рис. 5, а для ситуацій 1, 3, 5 та 7 - на рис. 6.

## 2. Метод, каявер, фікаціїжон2урн, хя зображеньоб'єк2івя

Узагальнена блок-схема методики верифікації контурних зображень об'єктів представлена на рис. 7.

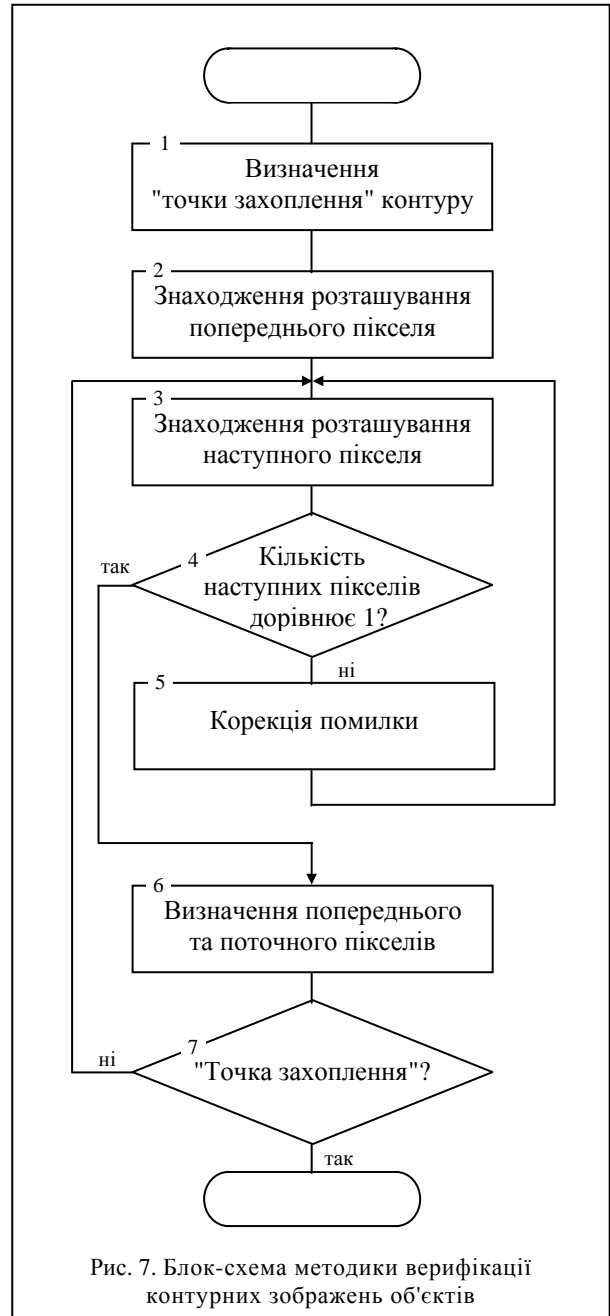
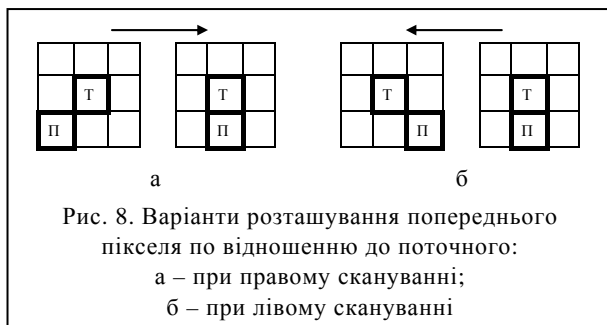


Рис. 7. Блок-схема методики верифікації контурних зображень об'єктів

Символ 1. Здійснює праве ("зліва-направо" та "зверху-вниз") або ліве ("справа-наліво" та "зверху-вниз") сканування зображення на рецепторному полі й визначає "точку захоплення" контуру.

*Символ 2.* Залежно від виду сканування знаходить місцеположення попереднього пікселя (рис. 8).

Причому ситуація, коли попередній піксель розташовується під поточним буде загальною для лівого та правого сканування.



*Символ 3.* Здійснює пошук місцеположення наступного пікселя виходячи з восьми можливих ситуацій (рис. 4)

*Символ 4.* Підраховує кількість наступних пікселів виходячи з можливих варіантів розвитку структури (рис. 5 і рис. 6). У разі, коли кількість пікселів не дорівнює 1, видає повідомлення про помилку.

*Символ 5.* Здійснює корегування контуру у разі виявлення помилки.

*Символ 6.* Робить нове визначення пікселів, обираючи у якості попереднього пікселя - поточний, а у якості поточного - наступний.

*Символ 7.* У разі повернення до "точки захоплення" – завершує алгоритм, інакше – продовжує роботу.

## В, сновк, я

1. Розроблена методика дозволяє підвищити якість та скоротити час розпізнавання об'єктів за рахунок виключення ситуацій неоднозначності на прями розв'язку структури.

2. Використання даної методики при верифікації контурів приводить їх у відповідність вимогам, згідно з якими, для довільного замкнутого контуру допустимо лише 32 різних варіанти взаємного розташування трійки (П, Т, С) пікселів.

## Сп, сокялізера2ур, я

1. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. – 928 с.

2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.

3. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение: Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.

4. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Передреев, А.А. Роженцов, Р.Г. Хафизов, И.Л. Егошина, А.Н. Леухин; Под ред. Я.А. Фурмана. 2-е изд, испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.

Надійшла до редколегії 2.08.2006

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