

УДК 519.876.2: 681.327

Я.Г. Скорюкова, канд. техн. наук  
Вінницький національний технічний університет  
С.І. Кормановський, канд. техн. наук,  
А.В. Спірін, канд. техн. наук, С.А. Спірін  
Вінницький національний аграрний університет,

## МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМИ ЗОБРАЖЕННЯ ЗА ОЗНАКАМИ ЗВ'ЯЗНОСТІ ДЛЯ ЗАДАЧ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА СОРТУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

*Разработана структурная модель поверхности вращения, в соответствии с которой сформированы функции связности. Полученные функции могут применяться как признаки для задач распознавания. При этом они имеют высокую информативность, простые в вычислениях и ориентированы на параллельные матричные структуры.*

*In accordance to developed structure model of surface rotation, communication functions were formed. these functions can be used as a signs for the goal of recognition. also they are informative, simple in calculations and oriented on parallel matrix structures*

### Вступ

У різноманітних галузях науки і техніки все більше місце займає автоматична обробка зображень. Одна з найвагоміших задач такої обробки є задача розпізнавання зображень. Відомі розроблені методи та засоби розпізнавання є дуже різними і залежать від типу зображень. Серед великої кількості зображень існують такі, які є окремими закономірними поверхнями або їх сукупністю, у тому числі поверхні обертання. У сільськогосподарському виробництві прикладами таких об'єктів можуть бути цукрові та кормові буряки, картопля, фруктові плоди тощо. Один з підходів до розв'язання цієї задачі полягає у тому, що система надає зображення об'єкта, що потрапляє в поле її зору, у вигляді формальної моделі і порівнює з еталонною моделлю. Якщо результат задовольняє певним критеріям, то виноситься судження про форму поверхні і, відповідно, про подальші дії роботи чи системи. Отже, важливим моментом є формування такої моделі поверхні, яка буде оптимальною за інформативністю, простотою та часом визначення.

Найпростішим методом є представлення зображення поверхні у вигляді бінарної моделі, обчислення її геометричних характеристик, з яких формується вектор ознак, і співставлення отриманого вектору з векторами еталонних зображень [1—3]. Недоліками такої моделі є необхідність у наявності різкого контрасту між фоном та поверхнею об'єкту, обмеженість повороту об'єкту площиною, яка паралельна площині зображення. Один з відомих методів отримання інформації про форму об'єкту є метод стереофотометрії [1]. Цей метод дозволяє отримати зображення за допомогою однієї камери, але при різному освітленні. Діаграма, яку отримано в результаті, описує орієнтацію частин поверхні, які відповідають елементам на зображенні. Таким чином голкові діаграми, що представляють орієнтацію поверхні, співставляються з прототипами об'єктів, які були запам'ятовані раніше.

Відомим є метод надання зображення поверхні у вигляді полігональної моделі [2]. Для такої моделі в якості примітивів використовуються вершини (точки у просторі) та відрізки прямих (вектори), з яких будуються полілінії (полігони) та полігональні поверхні. Головним елементом моделі є вершина. Координати вершини визначаються у декартовій системі параметрами  $x$ ,  $y$  та  $z$ . Лінія задається двома вершинами, полілінія представляє собою незамкнену ламану лінію, полігон — замкнену ламану лінію. Полігон моделює плоский об'єкт. Кілька граней складають об'єкт у вигляді полігональної поверхні.

У сучасній комп'ютерній графіці полігональна модель є найпоширенішою. Її переваги: зручність масштабування об'єктів, невеликий обсяг даних для опису простих поверхонь, апаратна підтримка багатьох операцій. До недоліків можна віднести те, що алгоритми виконання топологічних операцій досить складні. Також має місце той факт, що при моделюванні апроксимація поверхні складної форми плоскими гранями призводить до значної похибки.

Один з методів представлення поверхні — воксельна модель [3]. Об'єкт надано у вигляді тривимірного масиву об'ємних кубічних елементів. Кожен воксель має свої характеристики: колір, прозорість тощо. Повна прозорість вокселя означає порожність у відповідній точці об'єму. Чим більше вокселів у певному об'ємі, тим точніше моделюються поверхні. Позитивні якості воксельної моделі: можливість представлення внутрішньої структури об'єкту, просте виконання топологічних операцій. До недоліків можна віднести: велика кількість інформації, що необхідна для надання об'ємних даних, відповідно великі витрати пам'яті, проблеми з роздільною здатністю при збільшенні чи зменшенні зображення.

Для здійснення процесу розпізнавання поверхні зазвичай використовують не саму модель, а певні її характеристики. В основному це використовується у геометрич-

ному методі розпізнавання [3, 4]. Вектор геометричних ознак об'єкту в певному сенсі теж є моделлю. Але для розпізнавання поверхонь при такому підході необхідно обчислювати ознаки поверхонь у різних проекціях, що не завжди можна здійснити.

Метою роботи є поєднання цих двох підходів, а саме, розробка та дослідження моделі поверхні обертання, яка дає змогу отримати ознаки з високою інформативністю, бути простою в обчисленні та орієнтованою на паралельні обчислювальні структури.

**Математична зв'язна модель поверхні**

Будемо вважати, що поверхню, яка підлягає моделюванню, представлено у вигляді напівтонового зображення. Причому це зображення було піддане попередній обробці, тобто відсегментовано від фону та відфільтровано. Надамо вихідне напівтонове зображення поверхні у вигляді матриці  $A^0$ , що становить сукупність елементів (або пікселів) зображення  $a(m,n)$ , де  $m=1, \dots, M$ , а  $n=1, \dots, N$ , де  $M$  — кількість рядків, а  $N$  — кількість стовпців:

$$A^0 = \begin{pmatrix} a(1,1) & a(1,2) & \dots & a(1,N) \\ a(2,1) & a(2,2) & \dots & a(2,N) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a(M,1) & a(M,2) & \dots & a(M,N) \end{pmatrix}$$

Значення елементів  $a(m,n)$  обмежені умовою:

$0 < a(m,n) < C$ , де  $C$  — максимально можлива яскравість і належать до області цілих невід'ємних чисел. При цьому всі елементи, що належать фону, мають однакові значення яскравості, наприклад, нульові.

На першому кроці значення всіх елементів вхідного зображення зменшуються на визначену дискретну величину  $d$  (крок квантування). Математично це виглядає як різниця двох матриць: вхідної  $A^0$  і матриці  $D$  того самого виміру, всі елементи  $d(m,n)$  якої мають однакові значення, що дорівнює кроку квантування:  $A^0 - D = A^1$ , де  $d(1,1) = d(1,2) = \dots = d(M,N) = d$ .

У відповідності з матрицею  $A^1$  формується бінарний зріз  $B^1$  за правилом:

$$b^k(m,n) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } a^k(m,n) = 0, \\ 0, & \text{якщо } a^k(m,n) \neq 0. \end{cases}$$

Ці дії повторюються для всіх матриць  $A^1, \dots, A^k$ . Процес триває до тих пір, поки всі елементи зрізів  $B^1, B^2, \dots, B^k$  відповідних матриць  $A^1, A^2, \dots, A^k$  не набудуть нульових значень [5, 6].

Математична структурна модель поверхні представляється сукупністю бінарних зрізів відповідних рівнів яскравості (рис. 1):

$$A(M,N) \rightarrow \bigcup_{k=1}^K B^k(M,N)$$

Для кожного зрізу з одержаної сукупності обчислюється внутрішньозрізова зв'язність  $\Delta^k$ , що представ-

ляє суму зв'язностей його елементів (або половину суми) і визначається за формулою

$$\Delta^k = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \delta^k(m,n) / 2$$

Для кожних двох зрізів, що є сусідніми, розраховується міжзрізова зв'язність

$$\Delta^{k,k+1} = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \delta^{k,k+1}(m,n)$$

Отримані результати представляються у вигляді функції внутрішньозрізової зв'язності  $\Delta(k) = \Delta^1, \Delta^2, \dots, \Delta^K$  та функції міжзрізової зв'язності

$$\Delta'(k) = \Delta^{1,2}, \Delta^{2,3}, \dots, \Delta^{k-1,k}, \Delta^{k,k+1}, \Delta^{k+1,k+2}, \dots, \Delta^{K-1,K}$$

які можуть розглядатися як математична зв'язна модель поверхні.

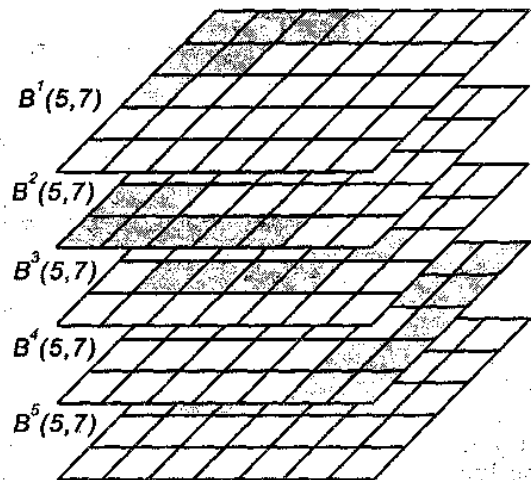


Рис. 1. Приклад структурної моделі поверхні.

**Експериментальні дослідження та результати**

Для експериментальних досліджень було обрано три види поверхонь обертання: циліндр обертання, конус обертання та сфера. Еталонні зображення було змодельовано у середовищі «Компас 3D-LT». Серед них — 10 циліндрів, 15 конусів з різним співвідношенням радіуса основи та висоти та різною орієнтацією осей ізометрії у просторі та 10 сфер різного радіусу.

У результаті аналізу отриманих функцій з'ясовано, що форма їх гістограм однозначно характеризує поверхню. Причому найбільш характерною є функція міжзрізової зв'язності.

При зміні орієнтації поверхні об'єкту відбуваються зміни форми гістограм відповідних функцій, а саме: змінюється положення максимумів та форма лінії, що огинає функцію. При цьому форма цієї лінії є близькою для одного того ж напрямку орієнтації поверхонь одного виду але з різними геометричними параметрами (діаметр, висота).

#### Висновки

Створено математичну модель поверхні обертання, яка може використовуватись як ознака при розпізнаванні, має високу інформативність, проста в обчисленнях та орієнтована на паралельні матричні структури, в тому числі — оптоелектронні.

Отже, якщо створити еталонні моделі вказаних функцій для основних просторових напрямків (наприклад, 28), то здійснюючі кореляцію із зв'язними функціями реальних поверхонь, можна визначити орієнтацію об'єкта у просторі, або класифікувати поверхні, що досліджуються. Такий підхід при розпізнаванні та класифікації може бути використаний не тільки для поверхонь обертання, а також і до інших поверхонь.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Хорн, Б. Зренье роботов / Б. Хорн; пер. с англ. — М.: Мир, 1989. — 487 с.
2. Куликов, А.И. Алгоритмические основы современной компьютерной графики [Электронный ресурс] / А.И. Куликов, Т.Э. Овчинникова <http://www.intuit.ru/department/graphics/graphalg>
3. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. — М.: Техносфера, 2005. — 1072 с.
4. Кормановський, С.І. Око-процесорна обробка та розпізнавання образної інформації за геометричними ознаками: монографія / С. Кормановський, В. Кожем'яко — Вінниця: УНІВЕРСУМ — Вінниця, 2008. — 160 с.
5. Тимченко, Л. І. Сегментація зображень об'єктів за ознаками зв'язності для задач технічного зору / Л.І. Тимченко, Я.Г. Скорюкова, В.О. Тишківська // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2004. — № 2 — С. 70—72.
6. Сегментація напівтонових зображень: монографія / Я.Г. Скорюкова, А.Л. Железняк, Л.І. Тимченко, О.І. Стасюк, С.М. Марков. — К.: ДЕТУ, 2008. — 144 с.