

УДК: 681.327

С. І. КОРМАНОВСЬКИЙ, В. П. КОЖЕМ'ЯКО

ВИКОРИСТАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОЗНАК ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

*Вінницький національний технічний університет,
21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна,
E-mail: kormanovski@ukr.net*

Анотація. В роботі пропонується метод визначення об'єму та площі бічної поверхні опуклої фігури та довільної фігури обертання для задач розпізнавання біологічних об'єктів.

Аннотация. В работе предлагается метод определения объема и площади боковой поверхности выпуклой фигуры и произвольной фигуры вращения для задач распознавания биологических объектов.

Ключові слова: геометричні ознаки, площа, об'єм, розпізнавання, обробка зображень, біологічні об'єкти.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

В наш час обробка та розпізнавання зображень широко використовуються в різних галузях науки і техніки, де застосовують різноманітні методи обробки, ідентифікації і розпізнавання двовимірних і тривимірних зображень. В галузі обчислювальної та вимірювальної техніки досягнення останніх років обумовили появу оптоелектронних систем аналізу та розпізнавання, здатних з високою точністю отримувати інформацію про об'ємні тіла довільної форми [1]. Моделі об'ємних тіл, що застосовані на даних, отриманих від вимірювальних пристроїв, широко застосовуються в астрономії, медицині, геології, архітектурі та багатьох інших областях. Використовуючи методи геометричного та комп'ютерного моделювання, можна істотно підвищити ефективність відповідних процесів.

Одне з завдань при роботі зі симетричними опуклими об'єктами, а також опуклими об'єктами довільної форми – визначення площі бічної поверхні та об'єму тіла. Актуальність цього завдання очевидна при розрахунку витрат матеріалів при виконанні робіт, пов'язаних з нанесенням покриттів на відповідні об'єкти. Прикладами таких об'єктів можуть бути куполи релігійних споруд, дахи складних опуклих архітектурних конструкцій, ювелірні та сувенірні вироби і таке інше. Інший ракурс, що обумовлює необхідність розробки таких методів – це збір інформації про біологічні об'єкти для подальшої їх класифікації або розпізнавання, що в свою чергу, потрібно для вирішення різних екологічних задач. Наприклад, при описі та розпізнаванні стану співтовариства мікрободоростей використовуються такі показники, як чисельність, біомаса і площа поверхні клітин [2].

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сучасні методи обчислення об'єму та площі бічної поверхні реалізовані в спеціалізованих графічних пакетах програм [3], що використовують, в основному, три проекції і ґрунтуються на відомому описі оброблюваного зображення. Відомі, також, способи обчислення об'єму та площі довільної фігури [4,5], суть яких полягає в тому, що зображення об'єкту проєкціюють на перетворювач світлосигнал, потім переміщують зображення об'єкту по поверхні перетворювача та визначають площу отриманої довільної замкненої фігури. Недоліками вказаних способів є низька точність обчислень і відсутність можливості застосування до стаціонарних великих об'єктів.

ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ ТА ПЛОЩІ БІЧНОЇ ПОВЕРХНІ ОПУКЛОЇ ФІГУРИ

Основою розпізнавання зображень є вибір оптимальної інформації про об'єкт, тобто формування його ознак. Оскільки зображення являє собою геометричну модель об'єкта, то саме його геометричні параметри (відстань, периметр, площа, об'єм та ін.) несуть в собі важливу інформацію про об'єкт розпізнавання. Для тривимірних зображень геометричним параметром, адекватним площі двовимірних зображень, є об'єм, а площею може бути визначена бічна поверхня об'ємної фігури.

Довільна опукла фігура представляється в двох проекціях (рис.1). Зображення опуклої фігури центрують так, щоб центр обертання збігався з вершиною O цієї проекції. Після цього фігуру обертають відносно вершини O на кут $\alpha = 360^\circ/N$. Визначають відстань від вершини до нульового рівня (основа фігури), тобто до точок з інтенсивностями I_0 , які мають найменшу інтенсивність і відповідні радіуси R_i і R_{i+1} . Поверхню фігури розбивають на k поверхонь рівня, а кожен рівень розбивають на k дискретних секторів, і визначають радіуси R_0, R_1, \dots, R_k основ цих секторів. Кожен такий дискретний сектор опуклої фігури розглядається як сектор урізаного конуса (рис. 2).

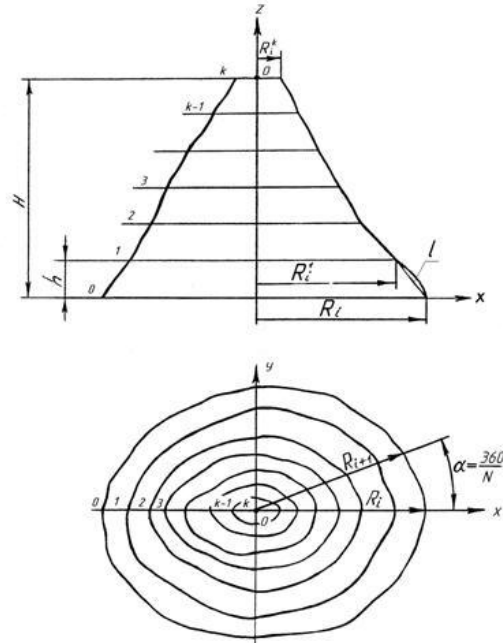


Рис. 1. Довільна опукла фігура в двох проекціях

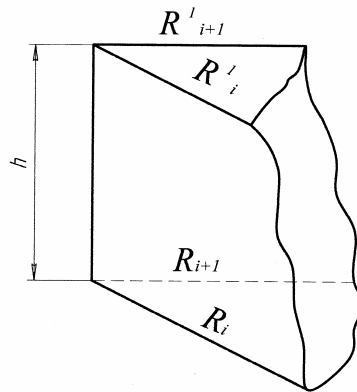


Рис. 2. Сектор опуклої фігури

Об'єм дискретного сектора обчислюється за формулою

$$V_{i+1\text{сект.}} = \pi h / 3N (R_{i+1}^2 + R_i R_{i+1} + R_i^2). \quad (1)$$

Сумарний об'єм секторів опуклої фігури, обмежених кутом α визначається з такого виразу:

$$V_{\text{сект.}}^\alpha = \pi h / 3N \sum_{i=0}^K (R_i^2 + R_i R_{i+1} + R_{i+1}^2). \quad (2)$$

Площа бічної кривої поверхні дискретного урізаного конуса обчислюється за формулою

$$S_{i+1\text{сект.}} = \pi / N (R_i + R_{i+1}) l_{i+1}, \quad (3)$$

$$l_{i+1} = \sqrt{h^2 + (R_{i+1} - R_i)^2}, \quad (4)$$

а сумарна площа бічної поверхні сектора опуклої фігури, обмеженої кутом α , описується таким виразом

$$S_{\text{сект}}^{\alpha} = \pi / N \sum_{i=0}^k (R_i + R_{i+1}) l_{i+1}. \quad (5)$$

Після кожного обертання зображення на кут α , повторюють алгоритм обчислення об'єму і площі бічної поверхні чергового сектора опуклої фігури. Повороти здійснюють до тих пір, поки зображення не буде повернуте на 360° . Підсумовуючи об'єми і площі бічних поверхонь секторів, визначають повні об'єм і площу опуклої фігури. Цей метод за своєю суттю схожий на метод [5] тим, що в ньому також дискретизується все зображення по секторах для спрощення обчислення їх геометричних параметрів. Це дає можливість підвищити швидкість обчислень, а також зменшити кількість проєкцій зображення фігури до однієї для подальшої обробки її в оптоелектронних однорідних обчислювальних середовищах.

ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ І ПЛОЩІ БІЧНОЇ ПОВЕРХНІ ДОВІЛЬНОЇ ФІГУРИ ОБЕРТАННЯ

Серед усієї різноманітності тривимірних фігур існує цілий клас фігур, що побудовані шляхом обертання твірної лінії навколо визначеної осі обертання. Зображення таких фігур зручні для обробки, оскільки для них достатньо однієї проєкції, щоб отримати повну інформацію щодо визначення їх геометричних параметрів. Існує велика кількість методів визначення об'єму та площі бічної поверхні фігур обертання – поширеного класу об'єктів розпізнавання. Однак загальними їх недоліками є мала швидкість обчислень, неточність та обмеженість області застосування. Залучення оптоелектронних обчислювальних середовищ дає можливість спростити методіку визначення геометричних ознак і дозволяє визначити площу та об'єм лише за однією проєкцією.

Запропонований метод визначення об'єму та площі бічної поверхні фігури обертання виконується таким чином:

1. Зображення об'єкта проєктують на перетворювач світлосигнал (ПСС) таким чином, щоб вісь обертання фігури була паралельна площині ПСС (рис. 3).
2. Зображення зсувають до суміщення його основи з нижнім рядком ПСС і визначають відстань від лівого нижнього кута ПСС до осі обертання x .
3. Вісь обертання об'єкта суміщають з крайнім лівим стовпчиком. Зображення розбивають на дискретні конусні зрізи з кроком дискретизації h і кількістю рядків ПСС N .
4. Зсуваючи зображення донизу на кожну дискретну висоту, визначають відстань R_i від лівого нижнього кута ПСС до контуру об'єкта і ту ж відстань l_i на висоті h_i .

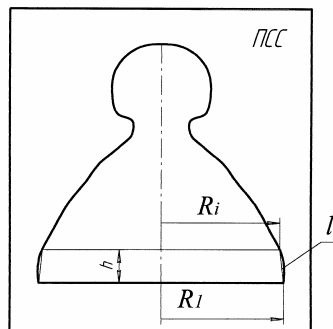


Рис. 3. Зображення об'єкта на перетворювачі світлосигналу

Визначають елементарний об'єм i -го зрізаного конуса

$$V_i = \frac{\pi}{3} h_i (R_i^2 + r_i^2 + R_i r_i). \quad (6)$$

Тоді повний об'єм фігури обертання визначають за формулою

$$V_{\phi} = \sum_{i=1}^N V_i. \quad (7)$$

Аналогічно можна визначити і площу бічної поверхні фігури обертання

$$S_i = \pi \sqrt{h_i^2 + (R_i - r_i)^2} (R_i + r_i) , \quad (8)$$

$$S_\phi = \sum_{i=1}^N S_i . \quad (9)$$

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для аналізу зображень фігур обертання створена програма, яка обчислює об'єм та площу бічної поверхні. Програма моделює однопроєкційний спосіб обробки зображень. Об'єм фігури визначається за формулою (7), площа бічної поверхні обчислюється за формулою (9). На порівняльних графіках показано похибки обчислень об'єму (рис.4) і площі бічної поверхні (рис.5) еталонної фігури обертання за формулами конуса і циліндра. З обох графіків видно, що похибка обчислення за формулою конуса, менша ніж за формулою циліндра.



Рис. 4. Графік обчислень об'єму фігури обертання

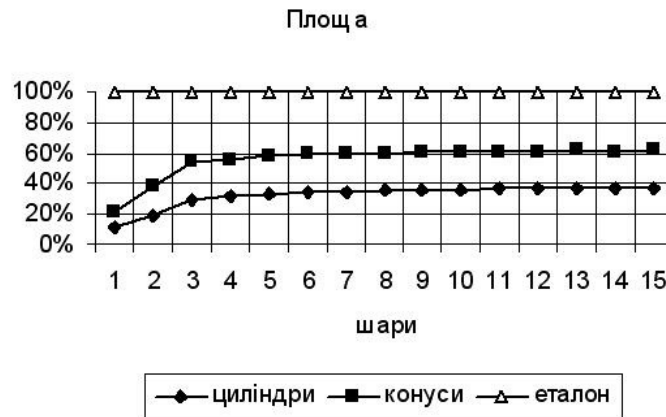


Рис. 5. Графік обчислень площі бічної поверхні фігури обертання

Проведено експериментальні дослідження 100 довільних фігур обертання. На рис. 6 показано графік середнього значення похибки обчислення об'єму, на рис. 7 – графік обчислення площі бічної поверхні фігур обертання з розбиттям висоти фігури від 1 до 15 шарів. Графіки показують, що точність обчислень за формулою конуса вища ніж за формулою циліндра. При розбитті висоти фігури на 15 шарів, середнє значення похибки обчислення об'єму фігури обертання $\xi=0,0129$ %, середнє значення похибки обчислення площі бічної поверхні складає $\xi=0,0150$ %. При розбитті висоти фігури більше ніж на 15 шарів, похибка збільшується.

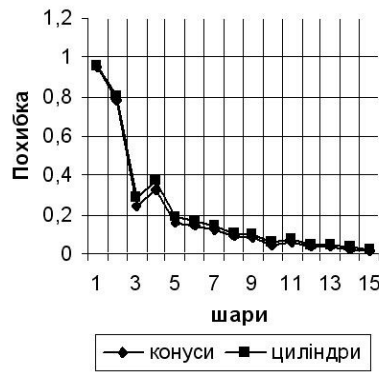


Рис. 6. Графік середнього значення похибки обчислення об'єму фігур обертання

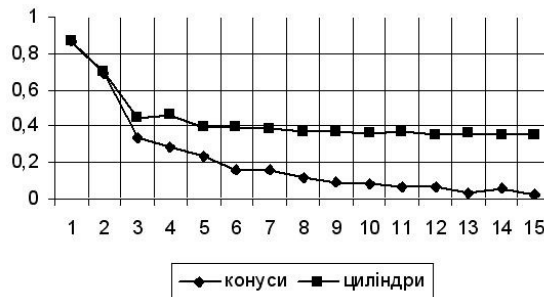


Рис. 7. Графік обчислення площі бічної поверхні фігур обертання

ВИСНОВКИ

Розроблено методи обчислення об'єму та площі бічної поверхні тривимірних опуклих фігур та фігур обертання, які базуються на принципі посекторної і пошарової дискретизації. Такий підхід дозволяє виконувати однопроєкційну обробку зображень, що підвищує швидкість процесу обчислення геометричних ознак.

Запропоновані методи можуть бути використані в оптоелектронних системах розпізнавання для вирішення технічних, біологічних та екологічних задач.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кожемяко В.П. Оптоэлектронные логико-временные информационно-вычислительные среды. – Тбилиси: Мецниереба, 1984. – 358 с.
2. Брянцева Ю.В., Лях А.М., Сергеева А.В. Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря. – Севастополь, 2005. – 25 с.
3. Кожемяко В.П., Холковский Ю.Р., Кормановский С.И. Базовый пакет в курсе инженерной графики // Труды 2-й Всесоюзной научно-технической конференции по оптоэлектронным методам и средствам обработки изображений. – Винница, 1987. – С. 111.
4. Способ записи изображений: А.с. СССР 1527670, МКИ 4 G 11 C 11/42 / В.П. Кожемяко, В.А. Подорожнюк, С.Н. Белан, С.И. Кормановский. – № 4383864; Заявлено 29.02.88; Опубл. 07.12.89, Бюл. № 45. – 3 с.
5. Способ определения площадей произвольных замкнутых фигур: А.с. СССР 1826142, МКИ Н 04 N 7/18 / В.П. Кожемяко, В.А. Л.И. Тимченко, К.В. Кожемяко, С.И. Кормановский. – № 4916622; Заявлено 04.03.91; Опубл. 07.07.93, Бюл. № 25. – 3 с

Надійшла до редакції 20.06.2012р.

КОРМАНОВСЬКИЙ СЕРГІЙ ІВАНОВИЧ – к.т.н., доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності, Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, Україна.

КОЖЕМЯКО ВОЛОДИМИР ПРОКОПОВИЧ – д.т.н., професор, завідувач кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.