

УДК 004.421.5:004.932.2

Л80

В.В.Лотиш, П.В.Разкевич

Луцький національний технічний університет

АЛГОРИТМИ ГЕНЕРАЦІЇ МІР РОЗБИТТЯ ПРИ АНАЛІЗІ ЗОБРАЖЕННЯ МЕТОДОМ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОЇ ПАРАМЕТРИЗАЦІЇ

Розглянуто алгоритми генерації мір розбиття зображення на комірки та приведені їхні структурні схеми. Дані методи є елементами мультифрактального аналізу зображення.

Аналіз зображення, мультифрактальна параметризація, міри розбиття.

Ключові слова: *мультифрактальна параметризація, аналіз зображень, комірки, структурні схеми.*

Розвиток науки вимагає пошуку нових підходів для дослідження складних структур. Одним з напрямків є розробка методів обробки та аналізу цифрових зображень досліджуваних об'єктів. Зокрема, для аналізу зображень пористих матеріалів, металів та сплавів, оскільки методи візуального спостереження не дозволяють виявити скриті процеси та властивості даних структур [1]. Новим напрямком у даній області є метод мультифрактального аналізу зображення і його мультифрактальної моделі.

Ця теорія була розроблена із-за проблеми опису структур природи, які складно формалізувати за допомогою стандартних методів математики.

Метод мультифрактального аналізу дозволяє отримати як ймовірнісну, так і геометричну інформацію про точки зображення. В якості базової характеристики зображення у даному методі використовується так званий «спектр мультифрактальних характеристик». Метод мультифрактального аналізу заснований на теоретичних викладках фрактальної геометрії, основоположником якої є Бенуа Мендельброт [1].

Загальна суть методу мультифрактальної параметризації полягає в наступному:

- попередня підготовка зображення досліджуваних структур;
- алгоритм генерації мір розбиття;
- алгоритм генерації розбиття для побудови фрактальних графіків;
- алгоритм перебору розбиття для розрахунку спектра мультифрактальних характеристик.

Важливим етапом при аналізі зображення даним методом є генерація масиву розмірів сітки. Генерація відбувається залежною від відсотка покриття зображення, оскільки він суттєво впливає на кількість розмірів комірок, а це, у свою чергу, на точність розрахунків. Наприклад, при 100% покритті зображення розміром 512x512 пікселів масив розмірів комірок складається із 8 елементів, а при 99% - із 23 елементів.

Розглянемо декілька алгоритмів генерації масиву розмірів комірок, а саме алгоритм побудований на основі методу Монте-Карло та алгоритм запропонований Встовским Г.В.. Приблизну оцінку точності роботи кожного з методів будемо проводити розрахунком фрактальної розмірності зображення методом прямокутників [2]. Суть даного методу полягає у знаходженні фрактальної розмірності, як тангенса кута нахилу кривої залежності логарифма «зайнятих» комірок від логарифма розміру комірки. Тангенс кута нахилу знаходиться за допомогою методу найменших квадратів. Для тестування будемо використовувати зображення однорідних фракталів, оскільки їхня фрактальна розмірність відома із літератури (табл. 1) [3].

Таблиця 1

Фрактальна розмірність однорідних фракталів	
Назва фрактала	Розмірність
Берегова лінія Франції	1,3928
Чорний квадрат	2,0000
Коврик Серпинського	1,8928
Серветка Серпинського	1,5849

Алгоритм побудований на основі методу Монте-Карло. Вхідними даними є ряд цілих чисел від 2 до $\left\lceil \frac{N_{\max}}{2} \right\rceil$. Принцип роботи даного алгоритму полягає у випадковому генеруванні розміру комірки із заданого діапазону, а, отже, і випадковим чином генерується відсоток покриття зображення S_{part} . Кількість кроків N генерації встановлюється експериментально, тобто при повторному генеруванні і розрахунку, розмірність повинна співпасти з попередньою, наприклад, до третього знаку. Якщо точність не досягнута то потрібно збільшити кількість кроків. Вихідний масив не впорядковується. Структурна схема даного методу представлена на рис. 1.

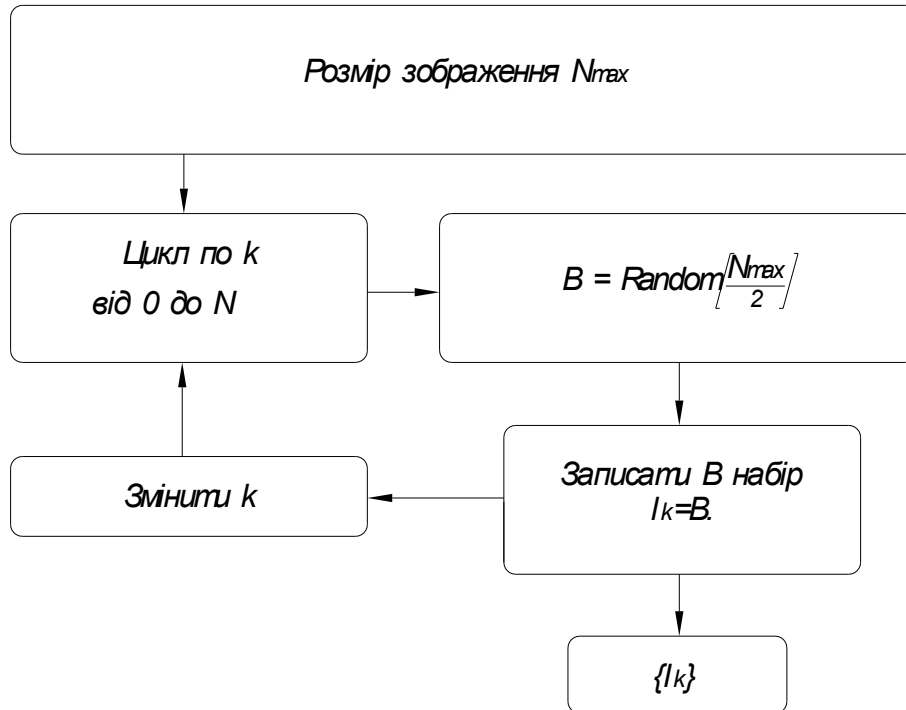


Рис.1. Структурна схема методу Монте-Карло

Було проведено 5 розрахунків фрактальних розмірностей для кожного зображення. У табл. 2 приведені середні значення цих розмірностей та похибка розрахунку.

Таблиця 2
Фрактальні розмірності, розраховані на основі масиву, згенерованого методом Монте-Карло

Назва фрактала	Розмірність	Похибка
Берегова лінія Франції	1,4138	0,0210
Чорний квадрат	2,0252	0,0252
Коврик Серпинського	1,9502	0,0574
Серветка Серпинського	1,5854	0,0005

Структурна схема алгоритму Встовского В.Г. представлена на рис. 2.

Вхідними даними для розрахунку є: розміри зображення N_{\max} та N_{\min} ; масив B (база), який складається із простих чисел, наприклад $b[1]=2$, $b[2]=3$, $b[3]=5$ і т.д.; відсоток покриття зображення S_{part} . Принцип роботи даного алгоритму полягає у піднесенні ряду простих чисел до цілих степенів, наприклад від 1 до 11, потім відбувається перевірка, чи забезпечує даний розмір сітки заданий відсоток покриття. Якщо так, то він записується у набір. Також формування розмірів сітки відбувається діленням мінімального розміру зображення на ряд простих чисел.

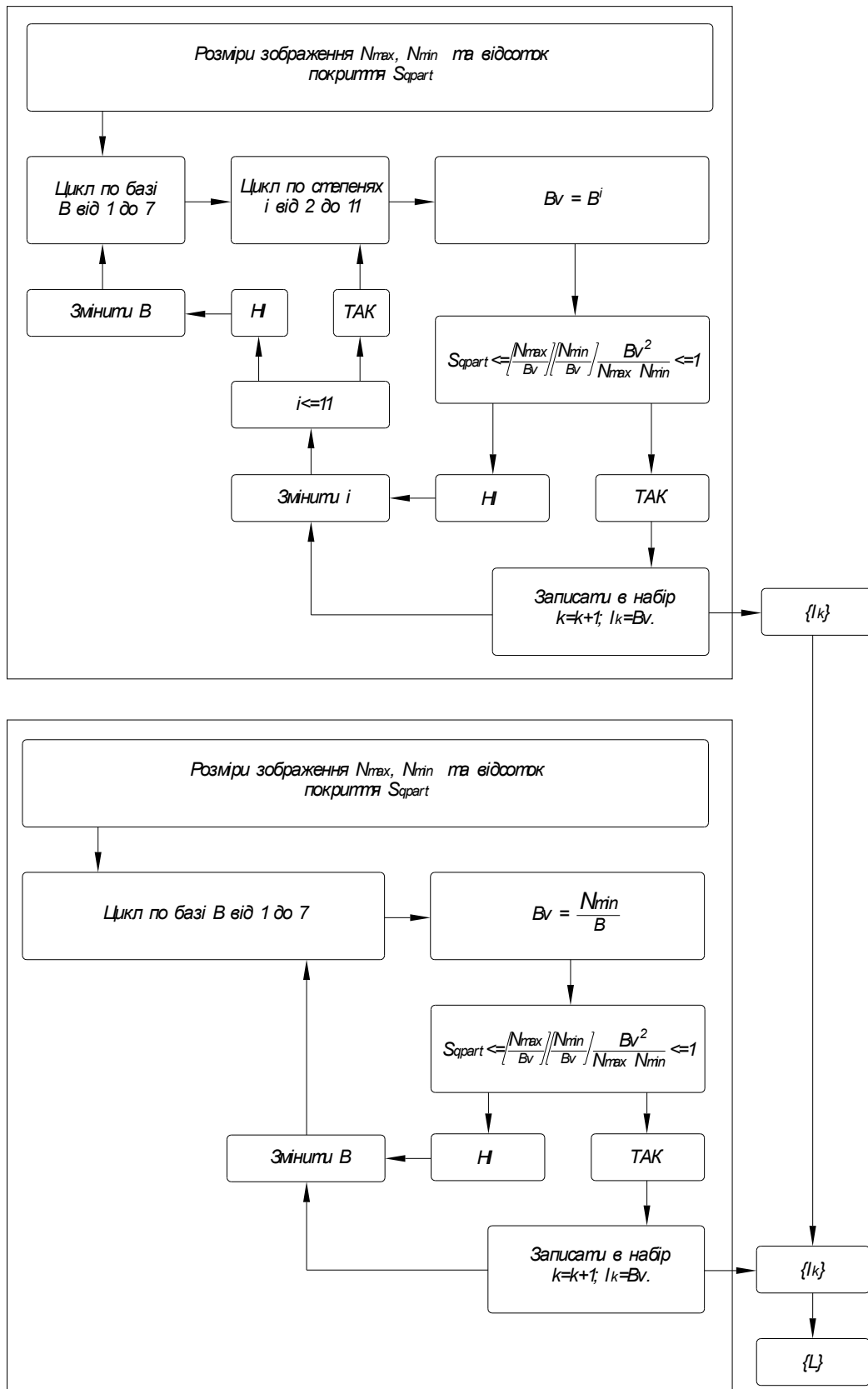


Рис. 2. Структурна схема алгоритму генерації масиву мір розбиття Встовского В.Г.

Розрахунок фрактальних розмірностей проводився для різних відсотків покриття, а саме 100%, 99%, 98%, 95% та 90%. У табл. 3 представлені масиви мір згенеровані даним методом відповідно до відсотка покриття.

Таблиця 3

Масиви мір згенеровані методом Встовского В.Г.

Відсоток	Масив мір розбиття
	Зображення 512x512
100%	2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256
99%	2, 3, 4, 5, 7, 8, 16, 32, 64, 73, 128, 171, 256
98%	2, 3, 4, 5, 7, 8, 13, 16, 32, 64, 73, 128, 169, 171, 256
95%	2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 16, 25, 32, 64, 73, 125, 128, 169, 171, 256
90%	2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 16, 25, 27, 32, 49, 64, 73, 81, 125, 128, 169, 171, 243, 256

Середні значення фрактальних розмірностей та похибка розрахунку представлені у табл. 4.

Таблиця 4

Фрактальні розмірності, на основі масиву, згенерованого методом Встовского В.Г.

Назва фрактала	Розмірність	Похибка
Берегова лінія Франції	1,4183	0,0255
Чорний квадрат	2,0050	0,0050
Коврик Серпинського	1,9270	0,0342
Серветка Серпинського	1,5791	0,0058

Як видно з представлених результатів роботи вищеописаних алгоритмів, жоден з них не забезпечує достатню точність дослідження. Зокрема, недолік методу Монте-Карло – неможливість генерувати масив мір залежно від відсотка покриття, що суттєво впливає на точність розрахунків (див. табл. 2), хоча охоплює весь діапазон можливих розмірів. Алгоритм Встовского В.Г., як буде показано нижче, не охоплює весь діапазон можливих розмірів комірок для заданого відсотка покриття (див. табл. 4), хоча похибка розрахунків незначна. Програмна реалізація даного методу ускладнюється тим, що вихідний масив потребує додаткової обробки, а саме сортування та видалення однакових розмірів.

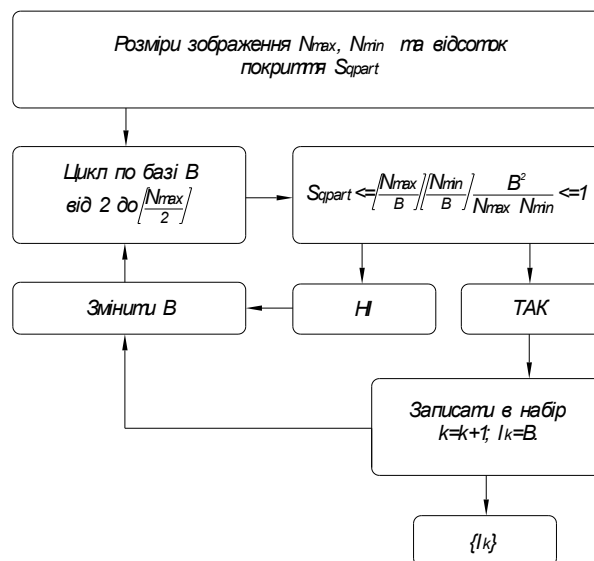


Рис. 3. Запропонований метод генерації

Тому, проаналізувавши вищеописані методи, було розроблено методику генерації масиву розмірів комірок, яка базується на позитивних сторонах розглянутих методів. Структурна схема даної методики представлена на рис. 3.

Принцип роботи даного алгоритму полягає у переборі ряду цілих чисел від 2 до $\left[\frac{N \max}{2} \right]$, тобто можливих розмірів комірок. Відбувається перевірка кожного розміру на відповідність заданому відсотку покриття зображення (на рис. 4 представлено покриття зображення сітками з різним відсотком покриття). При відповідності даний розмір записується в масив.

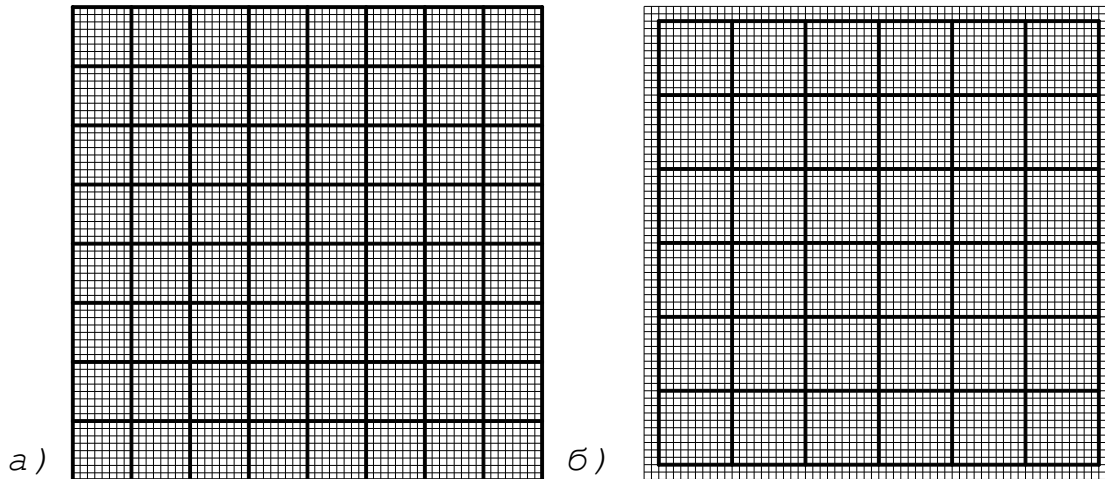


Рис. 4. Покриття зображення сітками з різним відсотком покриття: а) 100% покриття; б) 90% покриття

У табл. 5 представлені масиви мір, згенеровані даним методом відповідно до відсотка покриття.

Таблиця 5

Масиви мір згенеровані запропонованою методикою.

Відсоток	Масив мір розбиття
	Зображення 512x512
100%	2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256
99%	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 15, 16, 17, 30, 32, 34, 51, 64, 73, 85, 102, 128, 170, 255, 256
98%	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 15, 16, 17, 30, 32, 34, 39, 51, 64, 73, 85, 102, 127, 128, 169, 170, 254, 255, 256
95%	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 30, 32, 34, 36, 39, 42, 46, 50, 51, 56, 63, 64, 72, 73, 84, 85, 100, 101, 102, 125, 126, 127, 128, 167, 168, 169, 170, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256
90%	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 41, 42, 45, 46, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 61, 62, 63, 64, 70, 71, 72, 73, 81, 82, 83, 84, 85, 98, 99, 100, 101, 102, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256

Середні значення фактальних розмірностей та похибка розрахунків за цією методикою представлені у табл. 6.

Таблиця 6

Фрактальні розмірності, розраховані на сонові масиву,
згенерованого запропонованою методикою

Назва фрактала	Розмірність	Похибка
Берегова лінія Франції	1,3969	0,0041
Чорний квадрат	2,0017	0,0017
Коврик Серпинського	1,9125	0,0197
Серветка Серпинського	1,5854	0,0005

Основною перевагою даного методу є охоплення всього діапазону розмірів. Як видно з табл. 5, масиви мір значно більші, ніж за методом Встовського В.Г. На відміну від методу Монте-Карло - вона дозволяє генерувати масиви в залежності від відсотка покриття. Програмна реалізація спрощується, тому що масив мір не потребує обробки – він впорядкований та не містить однакових елементів. Похибки розрахунків значно менші, ніж у попередніх методів.

Вищеописані методи генерації масивів розмірів комірок реалізовані у програмному комплексі для аналізу структурно-неоднорідних матеріалів методом мультифрактальної параметризації. При проведенні аналізу зображень не відкидається жоден із методів, а проводиться порівняльний аналіз результатів обробки кожним методом.

Таким чином, запропонований метод генерації масиву мір дозволяє значно покращити точність розрахунків та спростити програмну реалізацію.

1. Спиридонов К.Н. Применение спектра обобщённых фрактальных размерностей Реньи для сравнения текстур изображений. Автореферат диссертации. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2008.- 19с.
2. Светова Н.Ю., Взаимный мультифрактальный анализ. Приложение к параметризации. Диссертация. – Петрозаводск, 2004.- 156с.
3. Божокин С.В., Паршин Д.А. Фракталы и мультифракталы. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая механика», 2001.- 128с.