

**ФРАКТАЛЬНА СЕГМЕНТАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ
ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНИХ ОБ'ЄКТІВ
ТА ПОВЕРХОНЬ**

Анотація. В рамках статті розроблено та програмно реалізовано метод фрактальної сегментації зображень за допомогою групування сегментів з подібною локальною фрактальною розмірністю та відображення їх окремим кольором.

Ключові слова: фрактальні об'єкти, фрактальна розмірність, локальна та глобальна фрактальна розмірність, фрактальна сегментація.

Вступ

Відомо, що більшість природних структур, які сьогодні широко досліджуються за допомогою комп'ютерних наук мають складну фрактальну структуру. Фрактальний аналіз таких структур використовується для моделювання, дослідження і пояснення властивостей поверхонь і структур складних об'єктів у різних областях науки і техніки.

До поверхонь і структур, що проявляють фрактальні властивості відносять різноманітні металеві матеріали, природні ресурсоутворення, такі як кристали, ландшафтні поверхні, структури металів та ін. У зв'язку з цим доцільним є дослідження цих структур фрактальними методами.

До фрактальних методів дослідження природних поверхонь можна віднести фрактальну сегментацію зображення, за допомогою якої можна оцінити значення локальної фрактальної розмірності будь-якої частини зображення.

Метою цієї роботи є розробка та реалізація методу фрактальної сегментації зображень для дослідження природних об'єктів та покриттів.

Матеріали та методики дослідження

Для реалізації методу фрактальної сегментації необхідно вирішити наступні задачі:

- обчислювати фрактальну розмірність зображень;
- обчислювати локальні фрактальні розмірності з використанням “ковзаючого вікна”;
- проводити фрактальну сегментацію зображень, групуючи сегменти з подібною фрактальною розмірністю за допомогою відображення їх кольором.

Фрактальна розмірність - це кількісна характеристика, що описує фрактал. Фрактальна розмірність являє собою міру розбивки об'єкта на частини розміру r з подальшим підрахунком числа частин, що покривають досліджуваній об'єкт. Для обчислення фрактальної розмірності об'єктів, у роботі було реалізовано метод box-counting [1]. Метод застосовується для зображення будь-якої структури на площині. Цей метод дозволяє визначити фрактальну розмірність не строго самоподібних об'єктів.

При фрактальному аналізі структур і поверхонь розрізняють глобальну та локальні фрактальні розмірності. Під глобальною фрактальною розмірністю мають на увазі розмірність всього зображення, а за локальні фрактальні розмірності приймають розмірності різних фрагментів зображення. Фрактальна розмірність кожного фрагменту буде різною і відрізнятиметься від розмірності всього зображення (рис. 1).

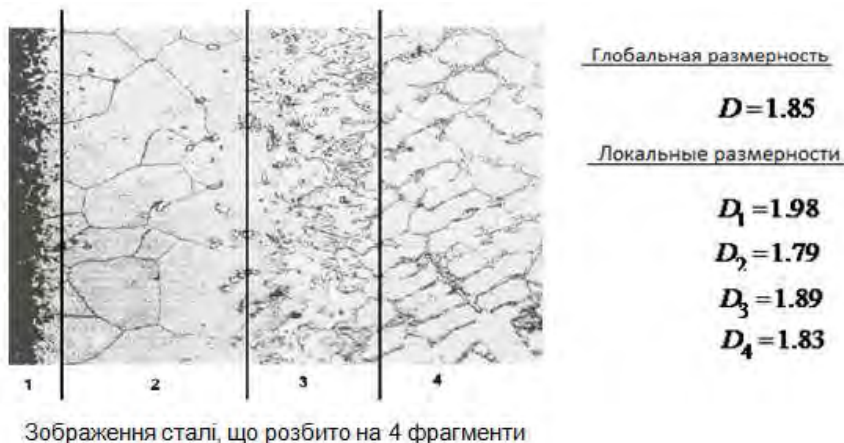


Рисунок 1 - Глобальна і локальні фрактальні розмірності зображення

Сильна залежність величини фрактальної розмірності від фрагменту зображення перешкоджає об'єктивній оцінці розмірності. Для вирішення цієї проблеми необхідно розділити зображення на малі фрагменти і в цих фрагментах оцінювати локальні фрактальні розмірності. Якщо фрагменти знаходяться на зображенні фрактала,

що має однакову розмірність, то і загальна оцінка розмірності по цих фрагментах залишиться незмінною.

При визначенні локальної розмірності виникає питання про розмір фрагментів зображення. В ході досліджень виявлено, що цей розмір повинен бути не більше, ніж передбачувані розміри аналізованих елементів зображення. Але якщо розмір фрагмента вибрати близьким розміру досліджуваного елементу, то можливий випадок, при якому тільки частина елементу опиниться в межах одного фрагмента, а інша частина опиниться в межах іншого фрагмента. Це призведе до спотворення оцінки розмірності, оскільки окрім фрактального зображення до області аналізу потрапить і фон, розмірність якого інша. Тому необхідно вибирати розміри фрагментів або вікон свідомо малими, близькими до розмірів мінімальних елементів очікуваного фрактального рисунку.

Якщо зображення складається з декількох складових, частина з яких при масштабі більшому деякого числа, стає точками, інші ж частини на цьому масштабі залишаються множинами, то при визначенні фрактальної розмірності виникають труднощі. Якщо ігнорувати масштаби при оцінці глобальної фрактальної розмірності такого зображення, то обчислена фрактальна розмірність може бути некоректною, спотвореною, оскільки частина ділянок зображення виявиться непроаналізованою.

Тому для визначення локальних розмірностей використовується метод ковзаючого вікна, який полягає у визначенні фрактальної розмірності в межах вікна, розмір якого можна задавати довільно. Вікно піксельно переміщується по зображенню. При цьому на кожному кроці обчислюється фрактальна розмірність зображення, що потрапило у ковзаюче вікно. Розмір вікна залежить від масштабу δ і розраховується із співвідношення $2\delta + 1$. Після отримання локальних фрактальних розмірностей проводиться побудова їх емпіричного розподілу ймовірностей $W(D) / W \max(D)$. Проведені дослідження показали [1, 2], що розмір ковзаючого вікна повинен задовольняти виразу $2^N - 1$, що відповідає масштабу $\delta = 1, 3, 7, 15$ і т.д. Тому для побудови фрактальних розподілень зображень у роботі було обрано масштаб $\delta = 7$ з розміром ковзаючого вікна 15×15 пікселів.

Сегментація - це процес розділення цифрового зображення на декілька сегментів. Мета сегментації полягає у спрощенні і/або зміні

представлення зображення для полегшення його аналізу. Сегментацію зображень зазвичай використовують для виділення об'єктів та меж (лінії, криві, і т. д.) на зображеннях. В результаті сегментації кожному пікселю зображення призначається така мітка, що пікселі з однаковими мітками мають спільні візуальні характеристики.

Фрактальна сегментація зображення – це процес розділення цифрового зображення на сегменти, які мають однакові або близькі значення фрактальної розмірності. Фрактальна сегментація дозволяє виділити на зображенні об'єкти, що мають однакові фрактальні властивості [3].

Для фрактальної сегментації зображень було запропоновано та реалізовано наступний метод:

Обчислюються локальні фрактальні розмірності зображення з розміром ковзаючого вікна, що відповідає масштабу δ від 3 до 19 і т.д. (в залежності від розміру зображення, в середньому розмір вікна 15x15 пікселів).

Фрагментам зображення, що мають однакові локальні фрактальні розмірності присвоюють однаковий колір.

Метод фрактальної сегментації реалізовано двома способами: перший виконує сегментацію зеленим градієнтом, де фрактальна розмірність сегменту 0 – це зелений колір, а 2 – чорний; та другий метод, який використовує спектр кольорів RGB, починаючи з червоного (255, 0, 0), який відповідає фрактальній розмірності рівній 0, та закінчуючи синім (0, 0, 255), який у свою чергу відповідає розмірності рівній 2. Зміну, відповідно до спектру кольорів, можна побачити на рис. 2. Спосіб сегментації зеленим градієнтом має жорсткий перехід між градацією кольору. Градацію зеленого кольору було обрано тому, що людське око може відрізнити найбільшу кількість відтінків зеленого кольору серед усіх.

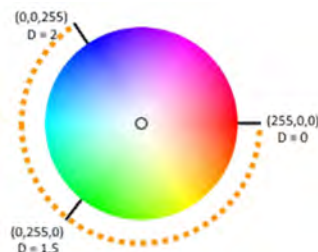


Рисунок 2 - Кольоровий спектр RGB для локальних фрактальних розмірностей

На рис.3 наведено порівняння результатів фрактальної сегментації для різних способів відображення: рис. 3а – початкове зображення; рис. 3б – сегментація зеленим градієнтом; рис. 3в – сегментація спектром кольорів RGB.

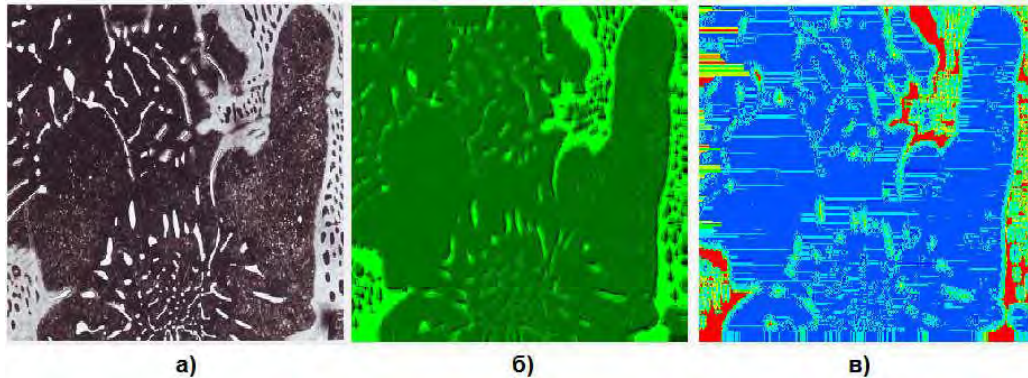


Рисунок 3 - Порівняння результатів для різних способів фрактальної сегментації

Результати досліджень та їх огляд

Для дослідження були отримані фотографії мікроструктури поверхневого шару зразків із сталі Р6М5 з підвищеним вмістом вуглецю (~2%) після комплексної хіміко-термічної обробки [1]. Процес формування композитної структури швидкорізальної сталі Р6М5 з різним часом науглецювання наведено на рис. 4.

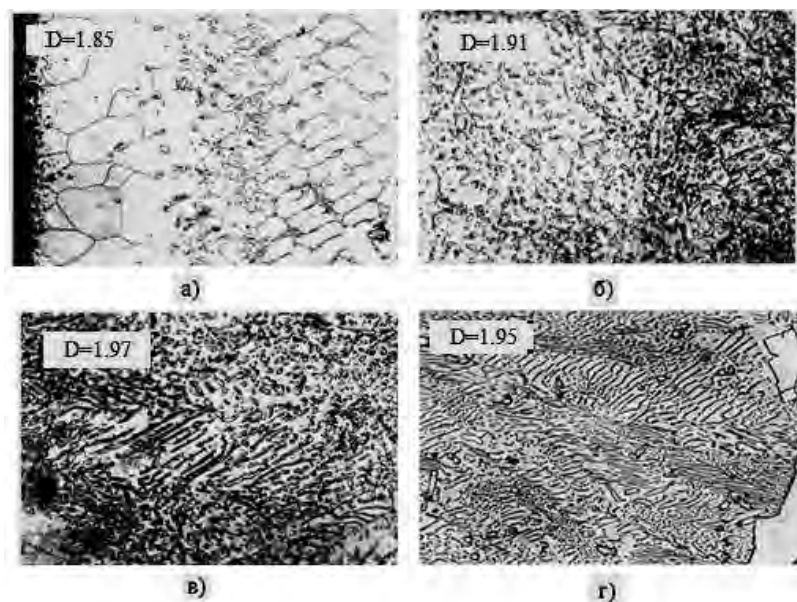


Рисунок 4 - Сталь Р6М5. Процес формування композитної структури швидкоріжучої сталі Р6М5: а) знеуглецьований поверхневий шар; б) науглецювання 30 хвилин; в) науглецювання 1 година; г) науглецювання 2 години - кінцева структура

На рис. 4а наведено знеуглецьований поверхневий шар – частинки карбідів практично відсутні; на рис. 4б наведено зображення поверхні сталі після 30 хв. науглецювання – поява глобулярних карбідів; на рис. 4в - науглецювання 1 год. – збільшення кількості карбідів, зміни їх форми; на рис. 4г - науглецювання 2 год. – зміна форми карбідів, утворення колоній аустеніт + карбід.

В ході фрактального аналізу визначалася фрактальна розмірність методом BOX COUNTING та проводилася фрактальна сегментація зображень, яка дає чітке уявлення про фрагменти зображення з однаковими фрактальними властивостями. Щоб мати можливість розрізняти фрактальну розмірність сегментів фрактальна сегментація проводилася за допомогою спектру кольорів RGB (рис. 5).

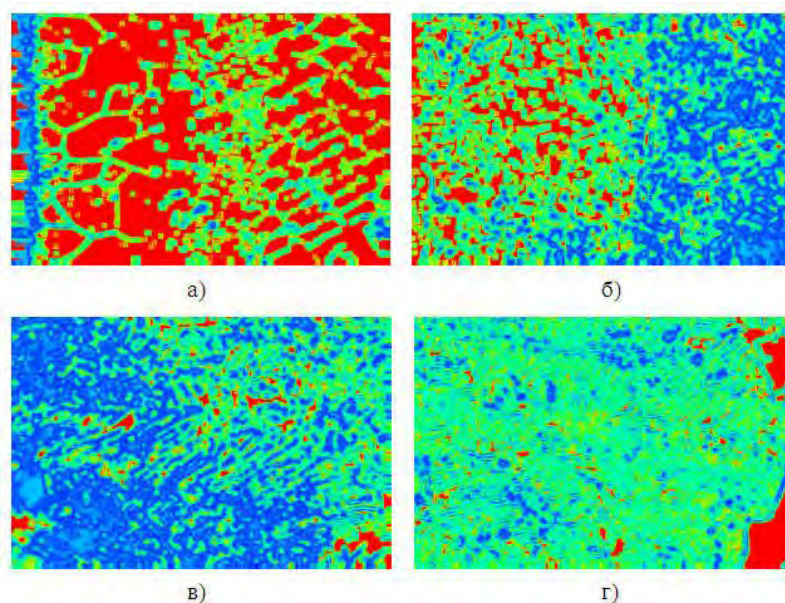


Рисунок 5 - Сталь Р6М5. Кольорова фрактальна сегментація структури швидкоріжучої сталі Р6М5 у процесі науглецювання

Велика кількість сегментів червоного кольору на рис. 5а свідчить про те, що локальні фрактальні розмірностей на цих сегментах близькі до 0. Поява великої кількості сегментів синього кольору на рис. 5б та рис. 5г свідчить про те, що локальні фрактальні розмірності на цих сегментах близькі до 2. Перевага великої кількості сегментів зеленого кольору на рис. 5г свідчить про те, що локальні фрактальні розмірності на цих сегментах близькі до 1.5.

Спостерігаючи за перетворенням фрактальної сегментації зображень композитної структури сталі можна відстежувати структурні

перетворення. На рис. 5а фрагментів з фрактальною розмірністю близькою до 0 досить багато, а на рис. 5в та 5г такі фрагменти майже відсутні. З рис. 4 та 5 видно, що в процесі навуглецювання структура стає більш однорідною.

Висновки

В роботі розроблено та програмно реалізовано метод фрактальної сегментації зображень за допомогою групування сегментів з подібною локальною фрактальною розмірністю та відображення їх окремим кольором. При розробці даного методу реалізовано обчислення фрактальної розмірності зображень, обчислення локальних фрактальних розмірностей з використанням “ковзаючого вікна”; проведено фрактальну сегментацію зображень, за допомогою якої можна оцінити значення локальної фрактальної розмірності будь-якої частини зображення.

Спостерігаючи за перетворенням фрактальної сегментації зображень можна відстежувати структурні перетворення. Фрактальна сегментація дозволяє відстежувати ті сегменти зображення, які впливають на глобальну фрактальну розмірність всього зображення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Журба А.О., Михальов О.І. Фрактальні характеристики зображень металоструктур та особливості їх обчислення // Системные технологии моделирования сложных систем / Монография под общей редакцией проф. А.И. Михалёва. – Днепр: НМетАУ-ИБК “Системные технологии”, 2016. – С. 299 – 327. ISBN 978-966-2596-19-9.
2. Журба А.О. Дослідження впливу параметрів фрактальних об’єктів на їх розмірність / А.О. Журба, Д.І. Журба // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (102). - Дніпропетровськ. - 2016. – С. 125–131.
3. Журба А.О. Фрактальні методи обробки зображень для дослідження різних типів природних об’єктів / А.О. Артемьев // Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості і освіті: Тези XI Міжнародної науково-практичної конференції. – Дніпро, 13-14 грудня 2017 р.-С.104.