

2. Важливою перевагою ЛАЦП з НЗ на послідовних пасивних КК над ЛАЦП з НЗ на паралельних КК і ЛАЦП з перерозподілом заряду є відсутність похибки від передавання заряду ключів розряду, яка в останніх перетворювачах є домінуючою.

3. Реалізація ЛАЦП з накопиченням заряду на послідовних пасивних конденсаторних комірках на сучасній елементній базі (фірми Maxim, Analog Devices та інші забезпечують значення паразитних міжелектродних ємностей аналогових ключів, менші за 1 пФ) дає змогу досягти класу точності 0,15 (при похибці квантування 0,1 % у діапазоні вхідних сигналів від 1 мВ до 10 В), тобто отримати найбільш точні послідовні ЛАЦП.

4. Інструментальна похибка накопичується із збільшенням значення вихідного коду. Тому для подальшого зменшення результуючої похибки ЛАЦП необхідно зменшувати кількість тактів перетворення, тобто треба переходити до складніших алгоритмів перетворення, наприклад, порозрядного, грубого та точного вимірювання чи інших.

1. Мичуда З. Р. *Логарифмічні аналого-цифрові перетворювачі – АЦП майбутнього*. – Львів: Простір, 2002. – 242 с. 2. Мичуда З. Р. *Моделювання впливу паразитних міжелектродних ємностей логарифмічних АЦП з накопиченням заряду на паралельних пасивних конденсаторних комірках // Міжвідомчий наук.-техн. зб. “Вимірювальна техніка і метрологія”*. – Л.: Вища школа, 2001. – Вип. 58. – С. 26–32. 3. Мичуда З. Р., Мичуда Л. З., Католик Б. О. *Логарифмічні АЦП з перерозподілом заряду. Моделювання впливу паразитних міжелектродних ємностей // Збірник наукових праць “Комп’ютерні технології друкарства”*. – 2004. – № 11. – С. 167–183.

УДК 519.6

**І. М. Журавель**

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра безпеки інформаційних технологій

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ІНВАРІАНТІВ ЗОБРАЖЕННЯ НА ОСНОВІ ЙОГО ФРАКТАЛЬНОЇ МОДЕЛІ**

© Журавель І. М., 2017

Наведено результати досліджень впливу зміни рівня інтенсивності, кута повороту та масштабу зображень на значення їх фрактальної розмірності. Встановлено умови, за яких фрактальну розмірність можна вважати інваріантною ознакою металографічних зображень.

**Ключові слова:** металографічні зображення, фрактальна розмірність, афінні перетворення.

**The paper presents the results of studies of the impact of changes in intensity, angle of rotation and scale images on the importance of fractal dimension. The conditions under which the fractal dimension can be considered invariant feature metallographic images.**

**Keywords:** metallographic image, fractal dimension, affine transformation.

Автоматизована обробка інформації, зокрема візуальної, дає змогу ефективно вирішувати наукові та прикладні завдання у різноманітних галузях. Зростання обсягів інформації призводить до

того, що питання підвищення ефективності її автоматизованої обробки є постійно актуальним [1]. При вирішенні будь-яких завдань важливим чинником є повторюваність результатів, отриманих під час аналізу досліджуваних об'єктів. Вхідні дані – у нашому випадку це зображення об'єкта – можуть формуватися у різний час, за різного зовнішнього освітлення, під різним ракурсом. Тому актуальним є питання впливу перелічених вище чинників на результати аналізу зображення певного об'єкта цим чи іншим методом.

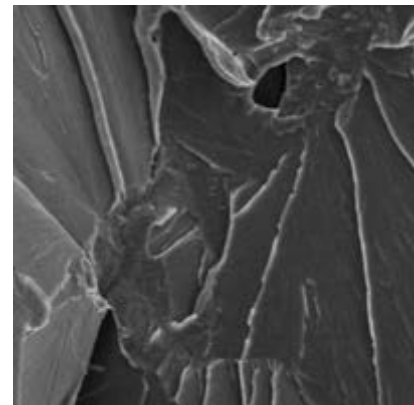
Досліджуючи це завдання, слід зазначити, яку модель зображення буде використано для його аналізу. Є два підходи до вирішення цього завдання. Перший полягає у тому, що всі первинні зображення будуть приводитися до певного нормованого вигляду для усунення впливу зовнішніх чинників – освітлення, повороту, масштабу. Відносно легко можна нормалізувати інтенсивність елементів зображення. Нормалізувати зображення в плані кута повороту та масштабу складно, оскільки це вимагає додаткових даних, які не завжди є в наявності. Другий шлях полягає у виборі таких технологій аналізу зображень, які будуть нечутливими до перелічених вище зовнішніх впливів.

Технології, які покладено в основу методів аналізу, можуть мати різну чутливість до зовнішніх умов при формуванні цифрових зображень. У багатьох роботах [2–4] при побудові алгоритмів аналізу зображень, зокрема, металографічних використовують фрактальні розмірності. Зважаючи на це, при дослідженні поставленої у роботі задачі доцільно застосувати фрактальну модель зображення, за допомогою якої, як показано у роботах [4, 5], можна аналізувати основні фізико-механічні властивості матеріалів, представлених у візуальному вигляді. Надалі у роботі буде показано, що основною перевагою вибраної моделі зображення є те, що вона забезпечує повторюваність результатів при опрацюванні зображень одного і того об'єкта, отриманих за різних освітлення, кута повороту та масштабування.

Об'єктом досліджень у нашій роботі будуть металографічні зображення сталі 15X1МФ (рис. 1).

Металографічне зображення поєднує різні складові. Статистичний аналіз цих складових, їхня кількість, площа тощо є важливими при проведенні матеріалознавчих досліджень та вивченні фізико-механічних властивостей матеріалів.

З погляду обробки зображень складові металографічного зображення можна вважати сукупністю текстурних областей [2, 3]. Задача аналізу текстур, своєю чергою, передбачає вибір та формування ознак для опису текстур; класифікацію текстур; ідентифікацію об'єкта за його текстурою. Предметом досліджень у цій роботі є вибір інструментарію для опису текстури зображення, який є стійким до деяких типів афінних перетворень, зокрема, зміни усередненого рівня інтенсивності зображення, кута його повороту та масштабування. Вибір саме цих типів афінних перетворень зумовлений необхідністю дослідження впливу зовнішнього освітлення, віддалі від досліджуваного зразка до об'єктива та його повороту при формуванні металографічних зображень за допомогою мікроскопа чи фото-, відеокамери.



*Рис. 1. Металографічне зображення сталі 15X1МФ*

На рис. 2 продемонстровано серії зображень, що використовувалися при проведенні досліджень у цій роботі. На рис. 2, 1–5 – це зображення, сформовані з різним значенням усередненої інтенсивності, які моделюють різний рівень зовнішнього освітлення. Зображення 6–10 на рис. 2 отримано під різним кутом повороту в площині предметного столика, наприклад, мікроскопа, а зображення (рис. 2, 11–15) сформовано за різного оптичного збільшення.

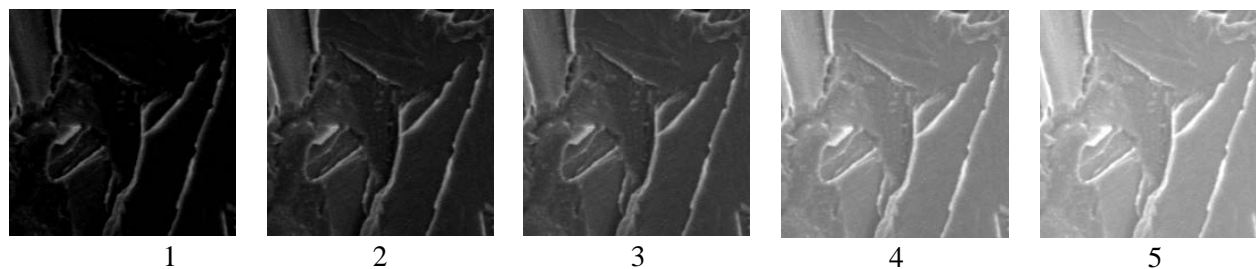
Для кожного зображення з наведених вище наборів було обчислено фрактальні розмірності на основі якнайкращої збіжності клітинного та крапкового методів [6, 7]. Оскільки ці методи працюють лише з бінарними зображеннями, то використаємо найпростіший метод бінаризації з порогом, що дорівнює половині діапазону інтенсивностей. Клітинний та крапковий методи є найживішими підходами до обчислення фрактальної розмірності. В основу цих методів

покладено оцінку площі фрактальної фігури для різних значень кроку вимірювання, а відрізняються вони тільки способом обчислення цієї оцінки. Наприклад, крапковий метод визначення фрактальної розмірності припускає первісну дискретизацію вхідного зображення матрицею комірок (пікселів зображення). Потім підраховують імовірність  $P(m, L)$  потрапляння в клітку зі стороною  $L$  (в комірках), у центрі якої знаходиться комірка, що належить фрактальній фігурі, для  $m=1:L^2$ . Оцінку площі фрактальної фігури визначають за виразом:

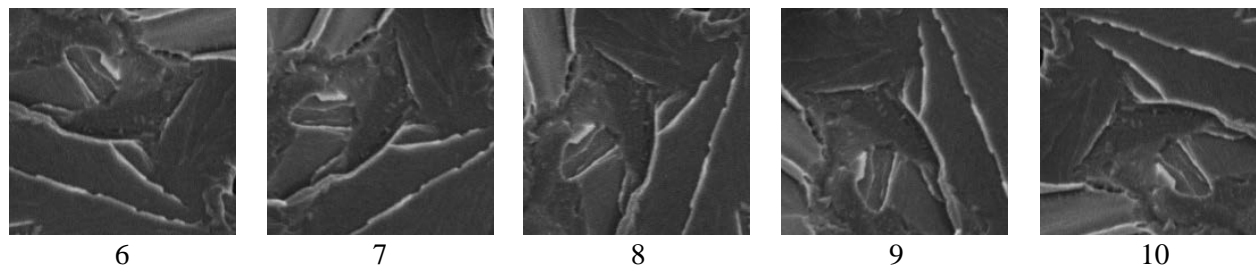
$$\langle N(L) \rangle \geq M \sum_{m=1}^{L^2} \frac{P(m, L)}{m},$$

де  $M$  – загальна кількість комірок, що належать фрактальній фігурі. Наступні обчислення фрактальної розмірності виконують за загальною для всіх методів схемою, яку описано вище.

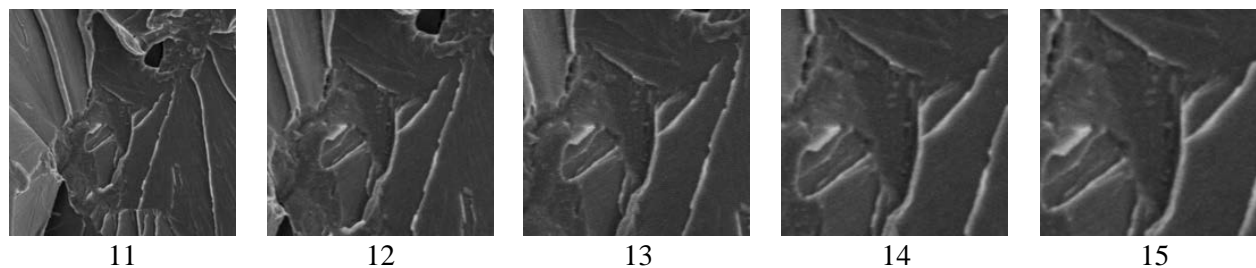
Найбільш подібним до описаного вище є клітинний метод. Згідно з цим методом вхідне зображення фрактала покривають сітками з квадратними клітками із різними значеннями кроку сітки, що залежить від етапу вимірювання, і підраховують кількість кліток, що покривають досліджувану фрактальну фігуру для кожного кроку виміру. Потім визначають фрактальну розмірність зображення як тангенс кута нахилу прямої, яку отримано внаслідок апроксимації отриманого набору точок за допомогою методу найменших квадратів.



Зображення з різним рівнем усередненої інтенсивності



Зображення, сформовані під різним кутом



Зображення з різним масштабуючим коефіцієнтом

Рис. 2. Набори зображень, які використовують для дослідження впливу інтенсивності освітлення, кута повороту та масштабування на їх фрактальну розмірність

Отримані результати обчислення фрактальних розмірностей наведено у вигляді графіків на рис. 3.

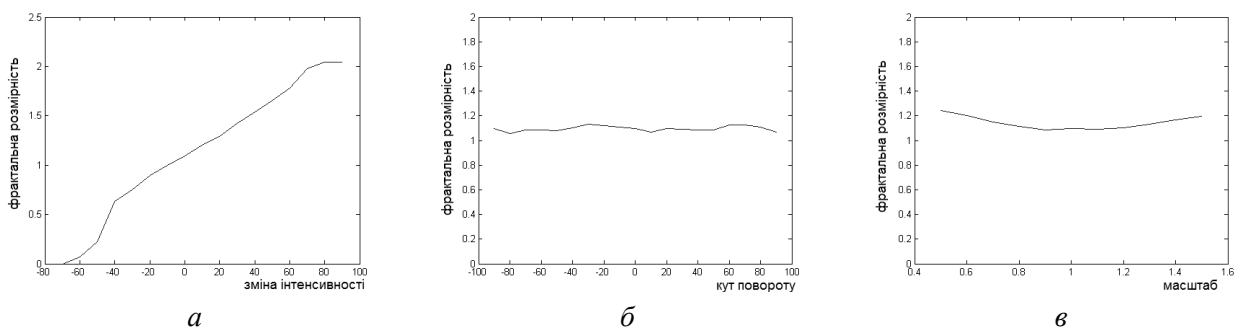


Рис. 3. Залежність фрактальної розмірності від зміни інтенсивності зображення (а), кута його повороту (б) та масштабу (в)

Проаналізуємо отримані у роботі результати. З графіка на рис. 3, а видно, що зовнішнє освітлення при проведенні металографічних досліджень суттєво впливає на значення фрактальної розмірності, і вона змінюється від 0 – коли фрактальне зображення є практично чорним і до 2 – коли фрактальне зображення є повністю білим. Отже, аналізуючи зображення одного і того самого об’єкта, які сформовані за різних умов освітлення, отримуємо різні результати, що є неприпустимо. На рис. 3, б видно, що середня фрактальна розмірність дорівнює 1,1689, відхилення від середнього значення невеликі, а сама фрактальна розмірність є малочутливою до кута повороту зображення в площині предметного столика. На рис. 3, в показано, що усереднене значення фрактальної розмірності дорівнює 1,1707 і змінюється незначно за невеликих змін масштабу зображення. Отже, фрактальні розмірності зображень одного і того самого об’єкта збігаються з точністю до сотих і дорівнюють 1,17 та не залежать від кута повороту та масштабу.

Проведені вище дослідження показали, що фрактальні розмірності зображень, які отримано за різного зовнішнього освітлення, суттєво відрізняються. Один із варіантів вирішення цієї проблеми полягає у нормалізації зображення, тобто приведення зображення до вигляду, коли середнє значення інтенсивності за полем зображення наближено дорівнює середині діапазону інтенсивностей. Візьмемо зображення 1–5 на рис. 2 (для експериментів було задіяно більше зображень) з різним рівнем усередненої інтенсивності та проведемо вирівнювання фону (рис. 4). Існує декілька виразів для вирівнювання фону за полем зображення. У цій роботі для нормалізації таких зображень за рівнем інтенсивності було використано формулу

$$L^*(i, j) = L(i, j) - L_f(i, j) + R/2,$$

де  $L^*(i, j)$  – значення інтенсивності елемента з координатами  $(i, j)$  зображення з вирівняним фоном;  $R$  – максимально можливе значення інтенсивності елемента зображення;  $L(i, j)$  – значення інтенсивності елемента вхідного зображення з координатами  $(i, j)$ ;  $L_f(i, j)$  – значення інтенсивності елемента фону вхідного зображення у точці з координатами  $(i, j)$ , яке обчислюється за виразом

$$L_f(i, j) = \frac{1}{n \cdot m} \sum_{(i, j) \in W} L(i, j),$$

де  $n$  та  $m$  – розміри сторін локального околу  $W$ . Розміри ковзного вікна  $n$  та  $m$  підбирають експериментально.

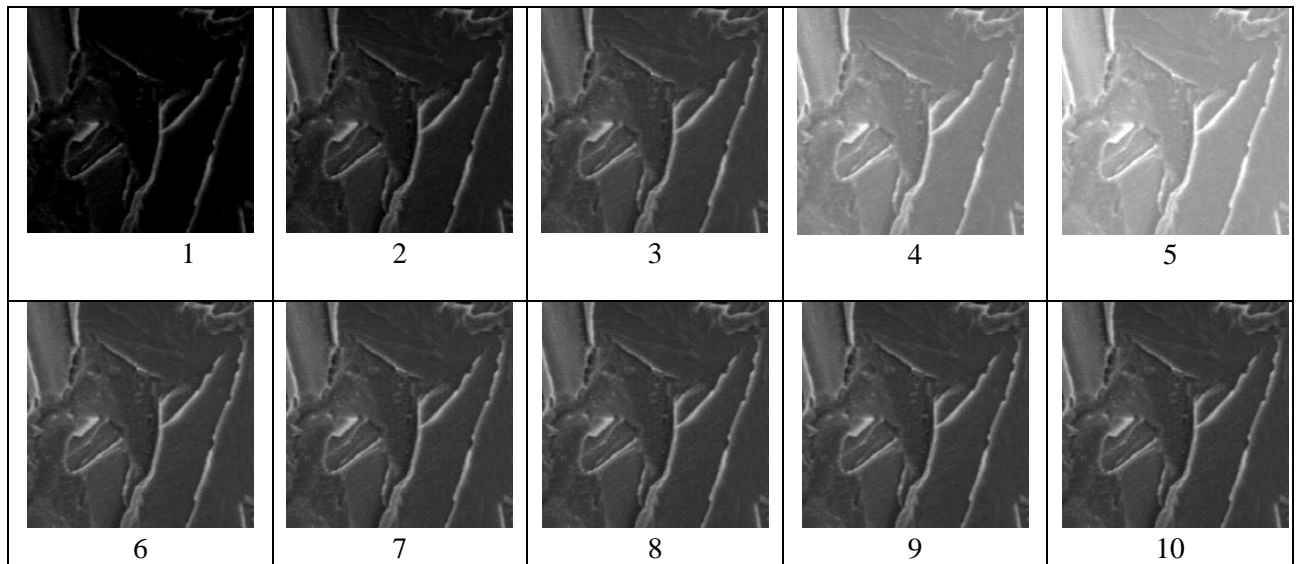


Рис. 4. Результати вирівнювання фону 6–10 для відповідної серії зображень 1–5

Для отриманої серії зображень з вирівняним фоном 6–10 на рис. 4 обчислено фрактальні розмірності (рис. 5).

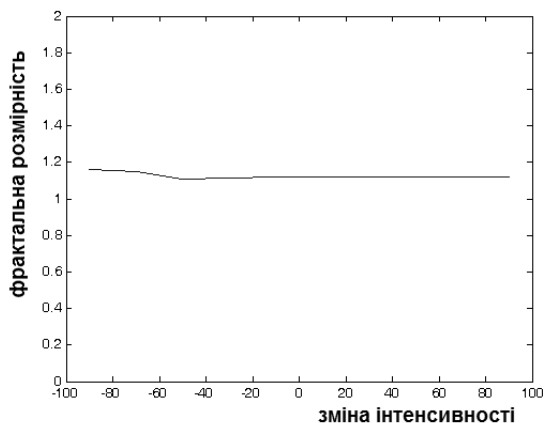


Рис. 5. Значення фрактальних розмірностей для серії зображень 6–10 на рис. 4 після вирівнювання фону

Як бачимо з рис. 5, значення фрактальних розмірностей для набору зображень, які мали різне значення усередненої інтенсивності, але зазнали операції вирівнювання фону, стали майже однаковими. Їх усереднене значення дорівнює 1,1732 та збігається з фрактальними розмірностями, обчисленими для зображень цього об'єкта за різних кутів повороту та масштабу (рис. 3, б та в).

Отже, фрактальну розмірність можна вважати інваріантною ознакою при описаних вище афінних перетвореннях зображення за умови дотримання вимог, які описано вище, а саме – використання методу вирівнювання інтенсивності та зміни масштабу зображення у невеликих межах. У роботі коефіцієнт масштабування змінювався від 0,5 до 1,5. З'ясування можливості використання фрактальної розмірності як інваріантної ознаки для коефіцієнтів масштабування в ширшому діапазоні потребує додаткових досліджень.

1. Салтыков С. А. *Стереометрическая металлография*. – М.: Металлургия, 1976.
2. Журавель І. М., Воробель Р. А. Використання локальних фрактальних розмірностей для виділення різнорозмірних об'єктів на зображенні // *Штучний інтелект*. – 2007. – Вип. 1. – С. 238–243.
3. Журавель І. М., Воробель Р. А. Обчислення фрактальних розмірностей з використанням поверхневого інтегралу // *Відбір і обробка інформації*. – 2007. – Вип. 26(102). – С. 95–98.
4. Zhuravel' I. M., Svirs'ka L. M. Measurement of the mean grain size in a metal by using fractal

*dimensions // Materials Science. – Vol. 46. – N. 3. – P. 418–420. 5. Zhuravel' I. M., Svirs'ka L. M., Student O. Z., Vorobel' R. A. and Nykyforchyn H. M. Automated determination of grain geometry in an exploited steam-pipeline steel // Materials Science. – Vol. 45. – N. 3. – P. 350–357. 6. Волчук В. М. Розробка і дослідження методу визначення якісних характеристик металу на основі аналізу фрактальної розмірності його мікроструктури. Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01. – Дніпропетровськ, 2003. 7. Пат. 51439А України, G06K9/00. Спосіб визначення фрактальної розмірності зображень / В. І. Большаков, Ю. І. Дубров, Ф. В. Криулін, В. М. Волчук. – За реєстр. 02.02.02.*

УДК 621.317.73:621.395

**В. В. Хома, Ю. В. Хома, В. М. Іванюк**  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра захисту інформації

## **ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ІМПЕДАНСУ ТЕЛЕФОННОЇ ЛІНІЇ ДЛЯ ЧАСТОТНОГО АНАЛІЗАТОРА**

© Хома В. В., Хома Ю. В., Іванюк В. М., 2017

**Проаналізовано вимоги до вимірювального перетворювача імпедансу АТЛ, призначеного до застосування у структурі частотного аналізатора. Обґрунтовано вибір схеми такого перетворювача та досліджено його метрологічні характеристики у діапазоні частот.**

**Ключові слова:** абонентська телефонна лінія, телефонні закладки, частотний аналізатор імпедансу, вимірювальний перетворювач імпедансу в напругу.

**The requirements for an impedance converter of a local telephone loop are analyzed. The choice of the circuit of such converter is founded and its metrological characteristics in the frequency range are investigated.**

**Keywords:** local telephone loop, wiretapping equipment, frequency impedance analyser, impedance to voltage converter.

### **Вступ**

Покращання параметрів телефонних закладок (ТЗ) та зменшення їх впливу на параметри телефонної лінії значно ускладнює задачу їх виявлення. Засоби контролю, побудовані на основі відомих методів, через обмежену чутливість не виявляють телефонних закладок із високими значеннями вхідного імпедансу (сотні МОм). Тому актуальним є пошук нових методів виявлення ТЗ та розроблення засобів контролю абонентських телефонних ліній (АТЛ) на їх основі. Зокрема перспективним видається застосування методів і засобів імпедансної спектроскопії для виявлення несанкціонованих підключень до АТЛ. У цьому руслі важливими є розроблення і дослідження вимірювального перетворювача імпедансу АТЛ, придатного до застосування у структурі багаточастотного аналізатора.

У роботах [1, 2] наведено модель АТЛ і досліджено залежність імпедансу так званої “чистої лінії” від частоти. Показано, що найпомітніші зміни імпедансу спостерігаються в діапазоні частот від 100 Гц до 100 кГц. Для вимірювання залежностей параметрів імпедансу від частоти застосовують частотні аналізатори.