

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Львівська політехніка»
д.т.н., професору Кочану Оресту Володимировичу

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Толюпи Сергія Васильовича на дисертаційну роботу Юнака Остапа Мироновича «Методи побудови та обробки фрактальних зображень з використанням рандомізованої системи ітераційних функцій», подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

У сучасному світі зростає необхідність у точному визначенні та аналізі складних структур, які властиві фрактальним зображенням. Такі зображення широко застосовуються в антенних системах зв'язку та розпізнаванні, а також в сферах захисту та шифрування інформації. Обробка та обчислювальна потужність для фрактальних зображень мають велике значення, оскільки вони можуть містити значну кількість деталей. Важливим фактором при аналізі фрактальних структур є їхня фрактальна розмірність, яка є практично значущою для ефективного оцінювання та аналізу цих структур. Зазначений аналіз може використовуватися для оптимізації дизайну антен, визначення їх параметрів, а також для класифікації фрактальних об'єктів у різних галузях.

Однак існуючі системи побудови та обробки фрактальних зображень мають свої недоліки. Серед них складність налаштування параметрів, високі вимоги до обчислювальних ресурсів, невміння автоматизовано впоратися з визначенням параметрів фрактальних зображень, недостатня здатність розпізнавати та відновлювати спотворені фрактальні зображення, обмежене опрацювання великих об'ємів даних і несумісність із сучасними стандартами щодо швидкості, надійності та точності.

Все це зумовлює актуальність теми дисертаційної роботи Юнака Остапа Мироновича, яка присвячена розв'язанню задачі побудови та обробки фрактальних зображень з використанням рандомізованої системи ітераційних функцій.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, темами

Дисертаційна робота Юнака О.М. виконана на кафедрі радіоелектронних пристроїв та систем Національного університету "Львівська політехніка". Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри.

Дослідження, результати яких викладено в дисертації, виконано відповідно до пріоритетних напрямків науково-дослідних робіт Національного університету "Львівська політехніка", в межах науково-дослідної роботи: «Стратегічні напрямки, методи і засоби цифровізації та інтелектуалізації енергетичних систем з використанням сучасних інформаційно-комунікаційних технологій» (№ держреєстрації 0123U101692).

3. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

Отриманими науковими результатами є розробка удосконалених методів побудови фрактальних зображень на основі рандомізованої системи ітераційних функцій (РСІФ) та розвитку методів їх розпізнавання, захисту та шифрування із використанням нейронних мереж.

При цьому автором удосконалено метод побудови фрактальних структур, який, на відміну від відомих, використовує модифіковану рандомізовану систему ітераційних функцій, параметри якої визначаються за допомогою геометричних властивостей фігур перших ітерацій, що дало змогу без значних обчислювальних ресурсів в реальному часі представляти будь-яке зображення у вигляді фрактальних структур.

У роботі розвинуто метод розпізнавання фрактальних структур, який, на відміну від відомих, використовує нейронні мережі для автоматичного визначення параметрів рандомізованої системи ітераційних функцій на базі самогенерованих фрактальних зображень, що дало змогу розпізнавати складні фрактальні зображення із різною якістю, формуючи їх математичні ітераційні функції для подальшої обробки.

Автором запропоновано метод шифрування фрактальних зображень, який, на відмінну від відомих, використовує надлишковість та рандомізовані матриці переміщення пікселів, зміни яскравості, інвертації та зміни кольорів зображення для захисту від дешифрування, що дало змогу забезпечити прозорість передачі даних, зберігаючи при цьому конфіденційність і цілісність інформації.

4. Короткий аналіз основного змісту дисертації

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету та основні завдання, предмет та об'єкт, відображено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі проведено аналіз видів фракталів та методи їх створення. Проведено аналіз методи та алгоритми побудови фрактальних структур. На основі проведеного аналізу визначено переваги та недоліки існуючих методів побудови фрактальних структур. Також розглянуто застосування фрактальних структур в телекомунікаціях і радіотехніці та їх значення у наукових дослідженнях.

У другому розділі представлено результати математичного моделювання для побудови фрактальних зображень з використанням модифікованої РСІФ. На основі яких удосконалено метод побудови фрактальних зображень з

використанням РСІФ. Оцінено обчислювальну складність методів побудови фрактального зображення з використанням РСІФ та ДСІФ.

У третьому розділі розвинуто метод розпізнавання фрактальних структур на основі нейронних мереж. Також розвинуто спосіб захисту документів за допомогою фрактальних зображень, сформованих рандомізованою системою ітераційних функцій. Розроблена модель швидкого розрахунку фрактальної розмірності зображення, яка застосовує нейронні мережі та удосконалений метод побудови фрактальних структур. Для захисту від дешифрування нейронними алгоритмами запропоновано метод шифрування фрактальних зображень за допомогою матриць перетворень.

У четвертому розділі розроблено програмну модель генерації фрактальних зображень типу «Cantor dust» на основі удосконаленого методу побудови фрактальних структур. Розроблено програмну систему відновлення (спотворення) та відтворення фрактальних зображень типу «Cantor dust». А також розроблено бібліотеку для інтеграції запропонованих рішень у WEB-технологіях.

5. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи Юнака О.М. достатньо обґрунтовані коректним використанням математичного апарату, підкріплені успішною реалізацією, ефективним практичним впровадженням результатів дисертаційних досліджень, яке продемонструвало збігання теоретичних досліджень з реальними результатами.

Обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих у дисертаційній роботі, є достатньою і базується на детальному аналізі джерел за даною проблемою, чіткій постановці задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, а також проявляється у якісному та аргументованому формулюванні висновків.

Достовірність та обґрунтованість запропонованих методів і засобів підтверджується результатами експериментальних досліджень та коректним застосуванням методів, які були використані під час виконання роботи.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, логічно випливають із результатів, отриманих за допомогою чітких викладок. Тому можна стверджувати, що висновки та практичні рішення, отримані у роботі, коректні, достатньо обґрунтовані й можуть бути рекомендовані до використання при побудові, обробки та аналізу фрактальних структур.

6. Практичні результати роботи

Практичне значення одержаних результатів полягає, полягає в тому, що:

1. Розроблено програмну модель генерації фрактальних структур з використанням рандомізованої системи ітераційних функцій, на основі якої

доведено, що розроблений метод забезпечує значну економію обчислювальних операцій пропорційно роздільній здатності зображення в порівнянні з існуючими методами фрактальних структур. Відносна похибка у формуванні фрактального зображення становить менше 0,001%, що свідчить про високу точність його побудови фрактальної структури.

2. Розроблено програмний модуль навчання нейронної мережі для автоматичного визначення параметрів рандомізованої системи ітераційних функцій із похибкою менше 0,01%. Даний модуль здатен генерувати результати в режимі реального часу, що забезпечує швидку і ефективну обробку даних для визначення оптимальних параметрів фрактальних структур.

3. Розвинуто спосіб захисту документів з використанням побудови фрактальних структур за допомогою рандомізованої системи ітераційних функцій, який, на відмінно від існуючих, робить прив'язку номера документу до фрактального зображення у вигляді водного знаку нанесеного на документ із подвійною та потрійною верифікацією, що дає змогу додатково перевірити документ на недійсність, забезпечуючи більш високий рівень захисту у запобіганні підробці.

4. Розроблено програмний модуль відновлення якості фрактального зображення. Проведені математичні розрахунки показали ефективність використання алгоритму. Програмна реалізація алгоритму дозволяє задавати коефіцієнт якості зображення для відновлення та спотворення відновлення та спотворення якості фрактального зображення.

5. Розроблено модель для швидкого автоматичного визначення фрактальної розмірності зображення, що робить його ідеальним для застосування в широкому спектрі областей, включаючи обробку зображень, комп'ютерну графіку та аналізу даних. Визначення фрактальної розмірності відбувається у реальному часі без значних затримок, що дає змогу швидко аналізувати та обробляти великі обсяги даних.

Результати роботи впроваджені у освітньому процесі Коледжі інформаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка», а також у держбюджетній науково-дослідній роботі. Основні результати, успішно впроваджені в ТЗОВ «АПДЕЙТ ТЕХНОЛОДЖІС СИСТЕМЗ», ПАТ «Укртелеком» та ПП «АСТРА-НЕТ».

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях

Повний обсяг роботи становить 226 сторінки друкованого тексту, з них основний текст - на 204 сторінках. Список використаних джерел містить 130 найменування. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним вимогам.

Дисертаційна робота має логічну структуру. Основні висновки і рекомендації логічно витікають із результатів, які наведено у розділах роботи.

Отримані результати свідчать про високу індивідуальність роботи. По всьому тексту дисертації простежується авторський стиль. У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

Основні результати дослідження опубліковано у 5 статтях наукових фахових виданнях України, 1 стаття у науковому періодичному виданні інших держав, що входять до наукометричних баз Scopus/Web of Science, 1 стаття у періодичному виданні України, 5 у збірниках матеріалів і тез доповідей міжнародних та всеукраїнських конференцій.

Основі положення дисертації повністю викладено в опублікованих працях. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано.

8. Мова та стиль дисертаційної роботи

Дисертація написана логічно, доступно, на високому технічному рівні з використанням сучасної термінології.

Тема, зміст та отримані наукові результати роботи відповідають спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації».

9. Зауваження до дисертації:

1. В першому розділі «Аналіз методів та моделей побудови фрактальних структур» великий акцент зроблено для фрактальних антен ст. 34-59, без застосування фрактальної розмірності та параметрів фракталу.

2. В роботі не описано які види афінних перетворень виконує рандомізована система ітераційних функцій при побудові фрактальних зображень.

3. В пункті 3.1 «Метод розпізнавання фрактальних структур на основі нейронних мереж» ст. 121-122 було б доцільно детальніше описати процедуру навчання нейронної мережі для відновлення та відтворення фрактальних структур.

4. В пунктах 4.1 «Розробка програмної моделі генерації фрактальних зображень типу «Cantor dust» на основі удосконаленого методу побудови фрактальних структур» та 4.2 «Програмна система відновлення (спотворення) та відтворення фрактальних зображень типу «Cantor dust» коди програмного реалізації мали б бути винесені в додатки.

5. Дисертація містить незначну кількість синтаксичних та граматичних помилок.

Однак зазначені зауваження не є принциповими, істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукової та практичної цінності.

Висновки щодо дисертації в цілому

Представлена дисертаційна робота «Методи побудови та обробки фрактальних зображень з використанням рандомізованої системи ітераційних функцій» є завершеною науково-дослідною роботою, яка умістить нові науково обґрунтовані результати. У дисертації розв'язано науково-практичне завдання

розробки удосконалених методів побудови фрактальних зображень на основі рандомізованої системи ітераційних функцій (РСІФ) та розвитку методів їх розпізнавання, захисту та шифрування із використанням нейронних мереж.

Одержані наукові та практичні результати є значущими для галузі електроніки та телекомунікації в цілому. Тема й зміст дисертації відповідають спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка.

Отже, з огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизну та практичну цінність, повноту викладу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація цілком відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44, а її автор, Юнак Остап Миронович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 - Телекомунікації та радіотехніка.

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ –

доктор технічних наук, професор, професор кафедри
кібербезпеки та захисту інформації факультету
інформаційних технологій Київського національного
університету імені Тараса Шевченка

Сергій ТОЛЮПА

