

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії Роберт Чигір, 1998 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2020 році факультет комп'ютерних технологій та систем Українського державного університету науки та технологій за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки, аспірант кафедри комп'ютерних інформаційних технологій Українського державного університету науки та технологій, м. Дніпро, виконав акредитовану освітньо-наукову програму 122 – Комп'ютерні науки. Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом ректора Українського державного університету науки та технологій, м. Дніпро, від 15 липня 2025 року № 388, у складі:

Голови разової
спеціалізованої вченої ради

Антон ГУДИ, доктора технічних наук, доцента, професора кафедри Інформаційних технологій і систем Українського державного університету науки та технологій, м. Дніпро

Рецензентів

Анни ЖУРБИ, кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри Інформаційних технологій і систем Українського державного університету науки та технологій, м. Дніпро, Олександра ІВАНОВА, кандидата технічних наук, доцента, доцент кафедри Комп'ютерні інформаційні технології Українського державного університету науки та технологій, м. Дніпро,

Офіційних опонентів

Людмили КІРІЧЕНКО, доктора технічних наук, професора, професора кафедри Прикладної математики Харківського національного університету радіоелектроніки,
Володимира ШИМАНСЬОГО, кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри Систем штучного інтелекту Інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка»,

на засіданні «11» вересня 2025 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань Інформаційні технології Роберту ЧИГІРУ на підставі публічного захисту дисертації «Конструктивно-продукційне моделювання фракталів» за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Дисертацію виконано у Українському державному університеті науки та технологій Міністерства освіти і науки України, м. Дніпро.

Науковий керівник: Віктор ШИНКАРЕНКО, професор, професор кафедри Комп'ютерні інформаційні технології Українського державного університету науки та технологій МОН України.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису, який за змістом, рівнем наукової новизни, теоретичним й практичним значенням результатів, кількістю наукових публікацій відповідає вимогам пункту 6 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 (зі змінами), та вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40 (зі змінами).

Дисертація Роберта ЧИГІРА є завершеною науковою працею в межах поставлених завдань, що представляє собою вагомий внесок у розробку та дослідження формального представлення, генерації та візуалізації фрактальних структур на основі конструктивно-продукційного підходу. Запропонований підхід із використанням L-систем та проміжних мультисимвольних послідовностей забезпечує адаптивність та багаторазове використання фрагментів моделей.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у:

1. Розроблено конструктивно-продукційний метод формування фракталів з проміжним конструюванням у вигляді мультисимвольних послідовностей. Як і найближчий аналог – L-системи – він забезпечує фрактальність (самоподібність) утворюваних конструкцій різної елементної бази носія з неочевидною самоподібністю, та на відміну від L-систем дозволяє підвищити гнучкість при формуванні модифікацій та споріднених фракталів;
2. Створено нову класифікацію конструкторів. На відміну від інших, сформована таксономія поділяє конструктори за функціональним призначенням та можливостями їх комбінування;
3. Розроблено нові конструктивно-продукційні моделі фракталів з різною елементною базою з біективним відображенням у декількох формах. На відміну від класичних L-систем, формування моделей виконується з оглядом на предметну область конструктора та дозволяє використовувати більш складні форми представлення об'єктів;
4. Розроблено модель мультиконструктора, що на відміну від інших, поєднує конструктори та представляє схему обробки та передачі даних між ними;
5. Вперше встановлено, що для класичних геометричних фракталів зі стохастичними відхиленнями при їх формуванні властивості самоподібності та фрактальної розмірності не взаємопов'язані;

6. На основі розроблених моделей запропоновано спосіб встановлення бієктивного відображення конструкцій з різною елементною базою носія;

7. Удосконалено методи формування та розробки конструкторів при дослідженні з використанням конструктивно-продукційного моделювання, зокрема, сформульовано принципи конструктивної парадигми сприйняття світу та відповідних моделей.

8. Отримала подальший розвиток теорія фракталів у частині взаємозв'язку властивостей фракталів: самоподібності та фрактальної розмірності.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробленому інструментарії для формування конструкторів, що дозволяє моделювати конструктивно-продукційні моделі конструкцій та конструктивних процесів різної природи та застосування. Розроблено інструментальний додаток для формування конструкторів. На відміну від інших, він представляє уніфікований інтерфейс до розробки конструкторів без прив'язки до конкретної предметної області.

Результати роботи застосовані при розробці програмних засобів та дослідженнях у науково-дослідних роботах кафедри «Комп'ютерні інформаційні технології» Українського державного університету науки і технологій, а саме є частиною науково-дослідних робіт № держреєстрації 0118U004215 та 0117U004392. Впроваджено у навчальний процес та використовувалося для формування конструкторів моделей при викладені дисципліни «Ефективність інформаційних систем та комп'ютерних технологій» для аспірантів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Здобувач має 19 наукових публікації за темою дисертації, з них три наукові статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України:

1. Шинкаренко, В. І., Чигір, Р. Р. (2024). Інструментальні засоби конструктивно-продукційного моделювання. Проблеми програмування, (2–3), 107–115. <https://doi.org/10.15407/pp2024.02-03.107>

2. Шинкаренко, В. І., Чигір, Р. Р. (2025). Конструктивно-продукційне моделювання тривимірних фрактальних поверхонь. Системні технології, 1(156), 78–88. <https://doi.org/10.34185/1562-9945-1-156-2025-09>

3. Шинкаренко, В. І., Чигір, Р. Р. (2025). Конструктивно-продукційне моделювання грозового фронту з використанням генетичного алгоритму. Системні технології, 4(159), 189–199. <https://doi.org/10.34185/1562-9945-4-159-2025-19>

та чотири праці, матеріали міжнародних конференцій, включені до міжнародної наукометричної бази Scopus:

4. Shynkarenko, V., Lytvynenko, K., Chyhir, R., Nikitina, I. (2020). Modeling of lightning flashes in thunderstorm front by constructive production of fractal time series. In Advances in Intelligent Systems and Computing IV: CSIT 2019 (AISC,

Vol. 1080, pp. 173–185). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_13

5. Shynkarenko, V., Lytvynenko, K., Chyhir, R., Sansiieva, I. (2019). Constructive modeling of lightning activity in thunderstorm front. In 2019 IEEE 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT) (Vol. 1, pp. 92–95). IEEE. <https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2019.8929754>

6. Shynkarenko, V., Letuchyi, O., Chyhir, R. (2023). Constructive-synthesizing modeling of fractal crystal lattices. In 2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT) (pp. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CSIT61576.2023.10324251>

7. Shynkarenko, V., Chyhir, R. (2024). Constructive-synthesizing modelling of multifractals based on multiconstructors. In Proceedings of the 14th International Scientific and Practical Programming Conference (UkrPROG 2024) (CEUR Workshop Proceedings, Vol. 3806, pp. 75–88).

У дискусії взяли участь голова і члени разової спеціалізованої вченої ради та висловили зауваження:

1. Антон ГУДА, доктор технічних наук, професор, професор кафедри Інформаційних технологій і систем Українського державного університету науки та технологій МОН України, надав позитивну оцінку із зауваженнями:

1. Не визначено, що є еквівалентом поняття «масштаб» для фракталів, що були отримані за допомогою конструкторів.

2. Немає суворого визначення метода при порівнянні природних фрактальних структур та синтезованих.

2. Анна ЖУРБА, кандидат технічних наук, професор, Доцент кафедри Інформаційних технологій і систем Українського державного університету науки та технологій МОН України, надала позитивний відгук із зауваженнями:

1. Аналіз складності та масштабованості. Хоча дисертація демонструє успішну генерацію фракталів різної природи, у роботі відсутній аналіз обчислювальної складності запропонованих алгоритмів при збільшенні кількості правил чи розмірності моделі. Вивчення масштабованості підходу дозволило б краще оцінити його застосовність у практичних системах.

2. Чутливість до чисельних похибок. При генерації фракталів часто використовуються дробові параметри та операції з плаваючою точкою. В дисертації не розглядається питання чисельної стійкості та накопичення похибок при багаторазових перетвореннях. Оцінка точності та можливі способи її підвищення були б корисними.

3. Структура подачі матеріалу. У кількох місцях теоретичні визначення подаються після опису алгоритмів, що може ускладнювати сприйняття для

читача. Було б доцільно спочатку навести основні терміни та означення, а вже потім переходити до опису методики.

4. Інтерпретація результатів. Хоча дисертація містить численні графіки та таблиці, інтерпретація експериментальних даних щодо зміни фрактальної розмірності подається стисло. Додавання більш детального аналізу тенденцій і можливих застосувань отриманих залежностей зробило б результати зрозумілішими для широкої аудиторії.

3. Олександр ІВАНОВ, кандидат технічних наук, доцент, Доцент кафедри Комп'ютерні інформаційні технології Українського державного університету науки та технологій МОН України, надав позитивний відгук із зауваженнями:

1. У розділі експериментів відсутня інформація про використані статистичні тести на рівні значущості, що ускладнює оцінку змін фрактальної розмірності. Надання таких даних посилює наукову обґрунтованість висновків.

2. У роботі детально описано алгоритмічну частину розроблених програм, проте практично не розглядається зручність користування та результати тестування інтерфейсу із залученням користувачів. Проведення такого аналізу дозволило б оцінити готовність програмних засобів до широкого використання.

3. Частина рисунків та таблиць дублюють одна одну або містять малу кількість інформації. Було б корисно об'єднати деякі графічні матеріали або подати результати в узагальненій формі, що спростить їх сприйняття.

4. Людмила КІРІЧЕНКО доктор технічних наук, професор, професор кафедри Прикладної математики Харківського національного університету радіоелектроніки МОН України, надав позитивну рецензію із зауваженнями:

1. У дисертаційній роботі простежується недостатній рівень формалізації окремих ключових положень. Зокрема, низка базових понять вводяться у вигляді описових характеристик або через перелік властивостей, але не мають строгих математичних визначень, що призводить до термінологічної неоднорідності, а саме:

- відсутнє формальне означення поняття «геометричний фрактальний об'єкт». Якщо для конструкторів автором використано формалізовані дефініції, то фрактали характеризуються переважно через їхні властивості. Введення математично коректного означення фрактального об'єкта сприяло б цілісності та узгодженості понятійного апарату;
- відсутнє формальне означення фрактального часового ряду, таким чином часові ряди не відокремлені від геометричних об'єктів. Це має особливу вагу у випадку стохастичних фрактальних об'єктів і часових рядів, оскільки не наведено їхніх стохастичних характеристик та не

розкрито вплив цих властивостей на побудову і функціонування конструкторів;

- не подано визначення мультифрактала. З тексту випливає, що автор розглядає мультифрактал як об'єднання декількох фрактальних об'єктів, тоді як у класичній науковій літературі мультифрактал трактується як статистично неоднорідний фрактал. Чітке розмежування цих понять сприяло б уникненню термінологічних неточностей;
- відсутнє означення поняття фрактальної розмірності, також не наведено алгоритму обчислення розмірності Мінковського. Представлення дефініції та відповідного алгоритму значно посилило б методологічний базис дослідження.

2. У роботі не подано опису чи алгоритмічного забезпечення побудови стохастичних фракталів. Доцільним було б представити хоча б один приклад формального алгоритму, який би демонстрував методику їхньої генерації.

3. Окремі підрозділи (зокрема, 4.5 «Застосування мультиконструкторів для конструювання мультифракталів») мають описовий характер і не містять поетапного алгоритмічного розгляду. Це знижує відтворюваність результатів. Доцільним було б подати покрокові описи з прикладами та ілюстраціями, що дозволило б чітко простежити методику побудови й аналізу.

4. У підрозділі 4.3 «Конструктивно-продукційні моделі фрактальних часових рядів», порівняння еталонного та модельного рядів блискавок здійснюється виключно візуально. З наукової точки зору більш коректним було б проведення кількісного порівняння їхніх фрактальних властивостей, серед яких ключовим числовим індикатором є фрактальна розмірність. Подібний підхід дозволив би забезпечити більш об'єктивне підтвердження висновків.

5. У контексті розгляду бієкції між графічним зображенням та часовим рядом, сформованим одним конструктором, перспективним виглядало б обчислення та порівняння фрактальних розмірностей відповідних структур. Такий підхід дозволив би зробити висновки про збереження чи трансформацію фрактальних властивостей у різних формах представлення фрактальних об'єктів.

6. Застосоване поняття варіативності фрактальної розмірності є недостатньо чітким в геометричному та статистичному сенсі. Оскільки відсутні алгоритми побудови стохастичних фракталів, неясно, як саме змінюється дисперсія довжини лінії. Для кращого розуміння цього питання доцільним було б навести додаткові пояснення і супроводити їх ілюстративним матеріалом.

7. Прикладні аспекти, зокрема пов'язані з моделюванням грозових фронтів, розробкою конструктора генетичного пошуку залишаються лише окресленими. Було б корисно винести їх в окремий підрозділ, доповнити

розрахунками та порівняннями, що підкреслило б прикладну значущість отриманих результатів.

5. Володимир ШИМАНСЬКИЙ, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Систем штучного інтелекту Інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка», МОН України, надав позитивну рецензію із зауваженнями:

1. У дисертації детально описуються запропоновані методи, проте проводиться лише їх дотичне порівняння з класичними способами моделювання фракталів. Було б доцільно доповнити роботу кількісним порівнянням (наприклад, за швидкістю генерації або точністю відтворення самоподібності), щоб краще оцінити переваги нового підходу;

2. У роботі бракує формальних метрик, за якими оцінювалась би якість отриманих фракталів або ступінь самоподібності при різних параметрах. Запровадження таких показників дало б можливість об'єктивно порівнювати результати експериментів.

3. У роботі описано можливість комбінування кількох конструкторів, проте це потенційно може спричинити несумісність правил. Доцільно створити механізми узгодження й верифікації правил на етапі побудови мультиконструктора.

4. У роботі детально описана модель мультиконструктора, але не зазначено, чи можливо застосувати її за межами фрактального моделювання. Окремий розділ із прикладами використання мультиконструктора в інших задачах (наприклад, у моделюванні мереж або об'єктно-орієнтованих систем) розширив би коло потенційних користувачів.

Результати відкритого голосування:

«За» - 5 (п'ять) членів ради,
«Проти» - 0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада PhD 10603 Українського державного університету науки та технологій, м. Дніпро, присуджує Роберту ЧИГІРУ ступінь доктора філософії з галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова спеціалізованої вченої ради
PhD 10603



Антон ГУДА