

Прийнято до
спеціалізованої вченої
ради PhD 10603
27.08.2025.
Голова с.б.р. д.т.н. проф.
А.І. Гуді

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Українського державного університету
науки і технологій
д.т.н., проф. Гуді А.І.

ВІДГУК

офіційного опонента кандидата технічних наук,
доцента Шиманського Володимира Михайловича
на дисертаційну роботу Чигіра Роберта Романовича
«Конструктивно-продукційне моделювання фракталів»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки
(галузь знань 12 – Інформаційні технології)

Актуальність обраної теми дисертаційного дослідження

Фрактальні структури давно перейшли з теоретичних досліджень у практичні застосування. Вони використовуються у комп'ютерній графіці, де дозволяють формувати реалістичні пейзажі й візуальні ефекти, а також у прогнозуванні властивостей матеріалів та аналізі складних природних об'єктів. У традиційних методах ці конструкції породжуються ітеративними перетвореннями, що не дає змоги ефективно поєднувати прості моделі у складні композиції.

Запропонований у дисертації конструктивно-продукційний підхід із використанням L-систем та проміжних мультисимвольних послідовностей усуває ці обмеження, забезпечуючи адаптивність та багаторазове використання фрагментів моделі. Це робить тему роботи вчасною й важливою для розвитку комп'ютерної графіки та інформаційних технологій.

Наукова новизна та обґрунтованість результатів

Слід зазначити, що наукові результати дисертації достатньо обґрунтовані. Запропоновано комплексний підхід до моделювання фракталів, який ґрунтується на апараті формальних граматик, пропонується створювати

проміжне текстове представлення фракталу, подібне до L-систем, і на його основі будувати графічні структури. Цей підхід забезпечує більшу гнучкість порівняно з класичними системами й дозволяє легко модифікувати правила генерації. Важливим результатом є побудова таксономії конструкторів, що систематизує види конструкторів за функціональною роллю та можливістю поєднання, а також введення концепції мультиконструктора як інструмента організації взаємодії між ними.

Значення теоретичних результатів підтверджується експериментальними дослідженнями: встановлено, що для стохастичних геометричних фракталів фрактальна розмірність може змінюватись при варіаціях параметрів, і що між самоподібністю та фрактальною розмірністю відсутній прямий зв'язок.

Запропоновані висновки ґрунтуються на аналізі великого масиву літературних джерел, сучасних методів синтаксичного моделювання та статистичного аналізу, що підтверджує їхню обґрунтованість.

Теоретичне та практичне значення результатів дослідження

Розроблена конструктивно-продукційна парадигма узагальнює та розширює існуючі підходи до опису фрактальних структур. Введення узагальненого конструктора, його уточнювальних перетворень та таксономії відкриває можливості для формального опису не тільки фракталів, а й інших самоподібних або рекурсивних об'єктів. Модель мультиконструктора, яка описує зв'язки між окремими конструкторами, дозволяє побудувати ієрархії моделей та переходити від абстрактних описів до конкретних реалізацій. Узагальнення різних моделей генерації (L-систем, ітеративних функційних систем та стохастичних методів) у межах єдиного інструментарію сприяє подальшому розвитку теорії формальних граматик та їх застосуванню в комп'ютерних науках.

Практична цінність дисертації проявляється у створенні програмних засобів «Конструктор». Ці інструменти підтримують повний цикл формування

фракталів: від проектування правил до візуалізації кінцевих структур та аналізу їхніх властивостей. Вони дозволяють:

- швидко комбінувати та модифікувати конструктори для генерації нових фрактальних фігур;
- будувати бієктивні відображення між різними видами фракталів, що корисно для задач порівняння та класифікації;
- проводити експериментальні дослідження варіативності фрактальної розмірності та самоподібності;
- використовувати результати в освітньому процесі при викладанні дисциплін з комп'ютерної графіки та моделювання;
- інтегрувати мультиконструктори у інші системи для опису складних об'єктів.

Дослідження апробовано результатами, опублікованими у 19 наукових робіт, які відображають ключові аспекти та висновки роботи, зокрема три статті у фахових виданнях та матеріали міжнародних конференцій, індексованих Scopus, що підтверджує їхню відповідність академічним стандартам та належний рівень наукової апробації. В усіх публікаціях здобувач має значний особистий внесок. Отже, в цілому робота має практичне значення запропонованих рішень.

Оцінка змісту та структури дисертації

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Чигіра Роберта Романовича повністю відповідає Стандарту освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії зі спеціальності 122 – Комп'ютерні науки, галузі знань 12 – Інформаційні технології та напрямкам досліджень відповідно до третього (освітньо-наукового) рівня вищої. Робота написана на достатньому мовно-стилістичному рівні.

Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг становить 156 сторінок, основна частина займає 113 сторінок, містить 72 рисунки та 10 таблиць. Отже,

Дисертація викладена чіткою науковою мовою, матеріал подається послідовно, кожен розділ завершується висновками, що підкреслює логічну завершеність дослідження. Список літератури налічує 135 найменувань і охоплює основні вітчизняні та зарубіжні роботи. Оформлення відповідає вимогам МОН України.

У вступі подано загальну характеристику дисертаційної роботи, показана актуальність обраного предмету дослідження.

В розділах визначено об'єкт, предмет, задачі та методи дослідження, наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, висвітлено особистий внесок здобувача.

Зауваження та побажання

В цілому дисертація і анотація до неї оформлені з дотриманням нормативних документів на оформлення результатів науково-дослідних робіт. Однак необхідно зауважити на такому:

- 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;
- 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;
- 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;

- 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.

Наведені зауваження не ставлять під сумнів досягнення, а мають рекомендаційний характер для поліпшення майбутніх робіт.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Чигіра Роберта Романовича присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної проблеми розробки методів та засобів моделювання фракталів на основі конструктивно-продукційного підходу. У роботі сформульовано і розв'язано поставлені задачі, представлено нові теоретичні концепції та підтверджено їхню ефективність експериментами. Отримані результати мають значний теоретичний і практичний потенціал, що підтверджується впровадженням програмних засобів та апробацією у наукових виданнях і на конференціях.

Враховуючи актуальність теми, наукову новизну, достатню обґрунтованість та практичну цінність отриманих результатів, вважаю, що дисертація Чигіра Роберта Романовича відповідає вимогам і він заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки (галузь знань 12 – Інформаційні технології).

Доцент кафедри Систем штучного інтелекту

Інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій

Національного університету «Львівська політехніка»,

к.т.н., доцент

