

УДК 514.18

АНАЛІЗ СФЕР ЗАСТОСУВАННЯ ФРАКТАЛІВ У ВІДЕОІГРАХ

Ладогубець Т. С., к.т.н.,

aladog@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8700-5477

Голова О.О., к.т.н.,

fire19@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4903-4450

Мірошніченко І.В.,

Goodgod@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7383-8013

Паламар І.О.,

palamarinna951@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6184-1917*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

З кожним днем відеоігри набувають все більшої популярності, зростає попит на нові креативні рішення як і у ігровому процесі, так і у графіці. Велику роль у вирішенні даної проблеми відіграють фрактали. Вони знайшли багато варіантів використання: від зображення дерев та об'єктів у 3D просторі, побудови ландшафтів карт до інтеграції їх у гемплей на більш глибокому рівні, як наприклад побудови основної концепції гри, коли однакові невеликі частини гри є частинами більшої, але все ще подібною на них по концепції. З цього постає необхідність у пошуку нових способів використання фрактальних алгоритмів для покращення графічного та концептуального рівня гри.

У даній роботі проведено аналіз способів використання фракталів для побудови ландшафтів карт та спрощення процесу реалізації ландшафтного заповнення локацій; генерації складних лабіринтів; алгоритми процедурної генерації 3D лабіринтів відеогри на основі кросплатформеного ігрового двигуна; організацію взаємодії гравця з грою за допомогою фракталів; можливість його використання у інших типах відеоігор. Наведено огляд ігрових застосунків в яких використовується фрактальна графіка, а саме: The Legend of Zelda, Link's Awakening, Свідок, Пробудження Лінка, I Love Hue.

Для спрощення використання фракталів при побудові лабіринтів наведено їх класифікацію в залежності від властивостей, якими вони володіють. До таких властивостей можна віднести розмірність, гіперрозмірність, топологію відтворення, тесселяцію, маршрутизацію, текстуру і пріоритет. Лабіринт може використовувати по одному елементу з кожного наведеного класу в будь-якому поєднанні. Використання фракталів в відеоіграх дозволяє значно зменшити об'єм оперативної пам'яті, необхідний для функціонування гри та збільшити її швидкодю за рахунок оптимізації алгоритму.

Ключові слова: фрактал, фрактальний дизайн гри, Fractal Design, Link's Awakening, фрактальна графіка, фрактальні лабіринти, фрактальне моделювання.

Постановка проблеми. З кожним днем відеоігри набувають все більшої популярності, зростає й попит на нові креативні рішення як і у ігровому процесі, так і у графіці. Велику роль у вирішенні даної проблеми грають фрактали. Вони знайшли багато варіантів використання: від зображення дерев та об'єктів у 3D просторі, побудови ландшафтів карт до інтеграції їх у геймплей на більш глибокому рівні, як наприклад побудови основної концепції гри коли однакові невеликі частини гри є частинами більшої, але все ще подібною на них по концепції.

З цього постає необхідність у пошуку нових способів використання фрактальних алгоритмів для покращення вражень від процесу гри, як і у графічному, так і у концептуальному рівні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [1] розглянуто створення гри за допомогою бібліотеки 2.2.1 SFML. SFML (Проста і Швидка Мультимедійна Бібліотека) є портативним і легким у використанні API для мультимедіа-програмування. SFML забезпечує використання 2D-графіки з апаратним прискорення OpenGL. SFML також надає різні модулі для полегшення програмування ігор і мультимедійних додатків[2]. В роботі [3] розглянуто побудову віртуальних алгоритмів для відображення ігрового світу. В роботі [4] наведено графічні можливості для побудови зв'язку між ігровими персонажами. В роботі [5] розглянуті можливі варіанти удосконалення алгоритму пошуку мінімальної відстані до динамічної цілі.

Формулювання цілей статті. Розглянути існуючі підходи використання фракталів та фрактальної графіки при створенні відеоігри. Надати рекомендації їх застосування в графіці гри та при взаємозв'язку між персонажами.

Основна частина. В даній роботі розглядаємо фрактал як самоподібну структуру, що підкорюється певним закономірностям. На основі вивчених фрактальних закономірностей, знайдених в природі, можливо створювати програми для їх імітації. Вивчаючи схеми розгалуження дерев, можна процедурно генерувати дерева програмним шляхом, а трохи змінюючи параметри цих фракталів, можливо створити нескінченну кількість унікальних, реалістичних дерев.

Фрактали також можна застосовувати в більших масштабах для створення ландшафтів. Багато реальних географічних об'єктів демонструють фрактальну схожість: узбережжя, гори та річки. Фрактали використовують для генерації місцевостей автоматично при цьому отримуючи різні ландшафтні зображення. Використання фрактальної залежності при побудові зображення об'єктів гри називають фрактальним

дизайном гри. Подібно до того, як фрактал виглядає схожим при збільшенні та зменшенні масштабу, деякі відеоігри роблять те саме - не на візуальному рівні, а на механічному. Наведемо приклади використання фракталів у відеоіграх.

Розглянемо гру Link's Awakening. У цій грі Лінк опиняється на загадковому острові, повному дивних мешканців, без видимого шляху. В процесі гри ви натикаєтесь на різні підземелля. Кожне підземелля представляє собою фрактальний лабіринт з перепонами [6].

Link's Awakening можна розглядати як фрактал глибиною в 3 шари. На зовнішньому шарі ви маєте сам острів Кохолінт, як більша загальна загадка, яку намагається розв'язати гравець. Трохи збільшивши масштаб, ви отримаєте самі підземелля, а на найменшому шарі у вас є окремі кімнати підземелля. Цей фрактальний візерунок природним чином впливає з принципу дизайну, який керується єдиною суттєвою механічною ідеєю. Беручи цю механічну ідею та застосовуючи її до декількох областей гри, ви можете створити гру, яка відчуває згуртованість, не надто повторюючись [7].

Інший приклад гра-головоломка Свідок. Основна ідея Свідка полягає в тому, щоб розв'язати ряд головоломок з дуже подібними умовами - провести лінію через сітку від початкового положення до кінцевого. Фрактали застосовуються при побудові та відображенні десятків унікальних поворотів цієї простої механіки. Також застосовується цей прийом на декількох шарах для створення фрактального ефекту. На найнижчому рівні у вас є кожна окрема головоломка, яку потрібно вирішити, щоб активувати наступну головоломку в послідовності. Зменште трохи, і ви отримаєте групи головоломок з подібною механікою, згруповані в унікальні підобласті, причому кожна підобласть представляє більшу головоломку, яку потрібно вирішити, щоб активувати лазер. Завдяки способу подачі гри, кожна головоломка є частиною чогось більшого [8].

Розглянемо гру I Love Hue. Суть гри полягає у розташуванні гравцем кольорових блоків у відповідному порядку відносно їх відтінків. Хоча вона і має схожу структуру. Проте через надмірне зловживання фрактального підходу і відсутності різноманітності в рівнях, гра меншою мірою захоплює гравця [9].

Часто фрактали використовують для побудови лабіринтів у грі. В загальному лабіринти можна поділити на двовимірні, трьох вимірні, n-вимірні та переплетіння. На рисунку 1 наведено розподіл фрактальних лабіринтів, що використовуються в відеоіграх. Фрактальні лабіринти засновуються на випадковому числу, яке відповідає за фрактальну гомотетію лабіринту.

Застосування 3D фракталів в віртуальній реальності продемонстровано у грі Marble Marcher це ігровий простір створено

єдиним алгоритмом. В наведеній грі всі об'єкти підпорядковуються математичним залежностям [9].



Рис.1 Класифікація алгоритмів побудови лабіринту

Фрактальна графіка позбавлена більшості недоліків растрової та векторної графіки. Наведемо таблицю недоліків та переваг використання фракталів у відеоіграх.

Таблиця 1

Недоліки та переваги використання фракталів в відеоіграх

Переваги використання фракталів в відеоіграх	Недоліки використання фракталів в відеоіграх
Не великий об'єм даних (зберігаються лише алгоритми)	Непередбачувана поведінка об'єкту при зміні параметра системи
Деталізація об'єкту	Складні математичні формули для відтворення віртуальних та реальних об'єктів
Можливість відтворення з частини об'єкту повністю весь об'єкт	Складні зображення перевантажуються ЦП та ОЗУ
Простота в модифікації (зміна лише одного параметру системи може повністю змінити об'єкт)	Не підтримка існуючих програмних розробок для створення фрактальної графіки різними операційними системами
Відсутність «пікселізації» зображення або об'єкту	Обмеженість початкових фігур об'єкту
Можливість відтворення реальних об'єктів	Недостатня кількість спеціалістів в області фрактальної графіки
Об'ємність зображення	

Висновок. Проведений аналіз існуючих відеоігор вказав на ряд недоліків та переваг при використанні фракталів для моделювання ігрового процесу. Зважаючи на огляд ігрових застосунків можливо

визначити сфери в яких застосування фракталів буде оптимальним. До таких сфер використання наделять ігрова графіка (як реальна, так і віртуальна), взаємозв'язок між персонажами, ігри в яких задіяно віртуальні лабіринти та такі стратегія яких полягає у «частинка подібна цілому». Використання фракталів розширює клас графічних явних та неявних об'єктів та функціональні можливості гри.

Література

1. Горобець Ю., Кучко А., Вавілов І. Фрактальна геометрія в природничих науках. Наукова думка. 2008. с. 232.
2. Трегубова І.А., Собко К.О., Гохман Р.О. Фрактальна графіка як сучасна технологія візуалізації. *Цифрові технології*. Україна, Одеса: ОНАТ ім О.С.Попова, 2018. №24. с.111–117
3. Шляхтина С. Обзор решений для генерации изображений на основе фракталов и аттракторов URL: <https://compress.ru/article.aspx?id=21776>
4. Залевська О.В., Захаркин М.С. Недоліки та переваги використання теорії графів в відеоіграх. *Сучасні проблеми моделювання. Технічні науки*. Мелітополь, 2021. с. 100-106. <https://doi.org/10.33842/2313-125X/2021/20/100/10>
5. Ванин В.В., Залевская О.В., Яблонский П.М. Застосування теорії графів для удосконалення та візуалізації алгоритму пошуку найкоротшого шляху в математичній моделі відео ігри. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 2020. №. 97. С. 23-28.
6. Buckley D., Unity vs. Unreal – Choosing a Game Engine URL: <https://gamedevacademy.org/unity-vs-unreal/>
7. Dealessandri M., What is the best game engine: is Unreal Engine right for you? URL: <https://www.gamesindustry.biz/articles/2020-01-16-what-is-the-best-game-engine-is-unreal-engine-4-the-right-game-engine-foryou>
8. Perry D., David Perry on Game Design: A Brainstorming Toolbox Rusel – DeMaria , 2008. 304 с.
9. Nystrom R., Game Programming Patterns. Kindle Edition, 2014p. 295с.

АНАЛИЗ СФЕРИ ПРИМЕНЕНИЯ ФРАКТАЛОВ В ВИДЕОИГРАХ

Ладогубець Т.С., Голова О.А., Мирошниченко І.В., Пономар І.А.

С каждым днем видеоигры преобретают всю большую популярность, создает описание новых креативных решений как в игровом процессе, так и в графике. Большую роль в решении данной проблемы играют фракталы. Они знакомы со многими вариантами использования: с помощью изображения деревьев и объектов в 3D пространстве, построения ландшафтов карт к интеграции их в геймплей на более глубоком уровне, как, например, построены основные концепции игры, когда некоторые незначительные части игры являются частями большей,

но все еще похожей на них по концепции. Таким образом, необходимость поиска новых способов использования фрактальных алгоритмов для улучшения графического и концептуального уровня игры.

При данной работе проводится анализ возможностей использования фракталов для построения земельных участков карт и внедрение процесса реализации земельных участков; генерации сложных лабиринтов; алгоритмы процедурной генерации 3D лабиринтов видеоигры на основе кроссплатформенного игрового движателя; организация взаимодействия графиков с игрой с помощью фракталов; можно его использовать в других типах видеоигр. Дан обзор игровых приложений в которых используется фрактальная графика, а именно: *The Legend of Zelda, Link's Awakening, свидетель, Пробуждение Линка, I Love Hue*.

Для упрощения использования фракталов при построении лабиринтов проведена их классификация в зависимости от властных структур, которыми они пользуются. К таким органам власти можно применять размерность, гиперрозмирность, топологию воспроизведения, тесселяцию, маршрутизацию, текстуру и приоритет. Лабиринт можно использовать по одним элементом с каждого введенного класса в любом сочетании.

Использование фракталов в видеоиграх позволяет уменьшить объем оперативной памяти, необходимый для функционирования игры и увеличить ее скорость за счет оптимизации алгоритма.

Ключевые слова: фрактал, фрактальный дизайн игры, *Fractal Design, Link's Awakening, фрактальная графика, фрактальные лабиринты, фрактальное моделирование*.

ANALYSIS OF FIELDS OF APPLICATION OF FRACTALS IN VIDEO GAMES

Tetiana Ladogubets, Olga Golova, Ivan Miroshnichenko, Inna Palamar

With each passing day, video games are becoming increasingly popular, creating a description of new creative solutions both in the gameplay and in graphics. Fractals play an important role in solving this problem. They are familiar with many uses: by depicting trees and objects in 3D space, building map landscapes to integrate them into gameplay at a deeper level, such as building basic game concepts where some minor parts of the game are parts of a larger one. but still similar to them in concept. Thus, the need to find new ways to use fractal algorithms to improve the graphical and conceptual level of the game.

In this work, an analysis of the possibilities of using fractals for the construction of land maps and the introduction of the process of land sales; generation of complex labyrinths; algorithms for procedural generation of 3D video game mazes based on a cross-platform game engine; organization of interaction of graphics with the game with the help of fractals; you can use it in other types of video games. An overview of game applications that use fractal

graphics, namely: *The Legend of Zelda, Link's Awakening, Witness, Awakening of the Link, I Love Hue.*

To simplify the use of fractals in the construction of labyrinths, their classification is carried out depending on the power structures they use. Dimensions, hyperdimensionality, playback topology, tessellation, routing, texture, and priority can be applied to such authorities. The maze can be used for one element from each entered class in any combination.

The use of fractals in video games allows you to reduce the amount of RAM required for the operation of the game and increase its speed by optimizing the algorithm.

Keywords: fractal, fractal game design, Fractal Design, Link's Awakening, fractal graphics, fractal mazes, fractal modeling.

References

1. Gorobets, Y., Kuchko, A., Vavilov, I. (2008). Fractal geometry in the natural sciences. *Naukova dumka*, [in Ukrainian]
2. Tregubova, I.A., Sobko, K.O., Gokhman, R.O. (2018) Fractal Graphics as modern imaging technology. *Cifrovi tekhnologii. Ukraïna*, Odesa: ONAT im O.S.Popova, 24, 111–117. [in Ukrainian]
3. Shlyachtina, S. Review of solutions for image generation based on fractals and attractors. Retrieved from: <https://compress.ru/article.aspx?id=21776>
4. Zalevska, O., & Zakharkin, M. (2021) Disadvantages and advantages of using graph theory in video games. *Modern Problems of Modeling*, (20), 100-106. <https://doi.org/10.33842/2313-125X/2021/20/100/10> [in Ukrainian]
5. Vanin V., Zalevska O., Jablonskiy P. (2020) Stagnation of the theory of graphs for a more detailed visualization of the algorithm of the best way in the mathematical model of video games. *Prikladna geometriya ta inzhenerna grafika*. 97, 23-28. [in Ukraine]
6. Buckley D., Unity vs. Unreal – Choosing a Game Engin. Retrieved from : <https://gamedevacademy.org/unity-vs-unreal/>
7. Dealessandri M., What is the best game engine: is Unreal Engine right for you? Retrieved from: <https://www.gamesindustry.biz/articles/2020-01-16-what-is-the-best-game-engine-is-unreal-engine-4-the-right-game-engine-for-you>
8. Perry D. (2008) David Perry on Game Design: A Brainstorming Toolbox *Rusel. DeMaria*, 304 [in English]
9. Nystrom R. (2014) *Game Programming Patterns*. Kindle Edition, 295 [in English]