

ФРАКТАЛИ ЯК ОСНОВА ПРОЦЕДУРНОЇ ГРАФІКИ ТА ГЕНЕРАЦІЇ ІГРОВИХ СВІТІВ

Гиренко В.О.

e-mail: vladyaslava.hyrenko@nure.ua

Науковий керівник – к.ф.-м.н., доц. Коваленко О.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики
м. Харків, Україна

This work examines the use of fractal geometry methods for automating the creation of complex virtual environments in the modern gaming industry. It highlights the weaknesses of Euclidean geometry in modeling natural objects and the advantages of a procedural approach. Based on practical case studies, the paper examines the use of fractal algorithms in well-known video games: the application of Perlin noise and fractal Brownian motion in Minecraft, the concept of Uber noise and mathematical seeds for creating vast universes in No Man's Sky, as well as the use of binary space partitioning (BSP) for structuring levels in The Legend of Zelda.

Створення віртуальних ігрових світів власноруч потребує багато ресурсів. Адже гори, хмари, дерева, живі клітини – все виходить за рамки звичайної евклідової геометрії. Їх неможливо описати її методами. Тому в індустрії моделювання середовищ активно використовується процедурна графіка, а саме графіка з використанням фрактальних алгоритмів. Вони можуть зменшити витрати на виробництво артистичних активів. А з технічної точки зору вони можуть значно зменшити розмір завантаження та зберігання гри.

Як приклад розповсюдження використання фрактальних алгоритмів для моделювання ігрових світів можна побачити у відеоіграх. Наприклад у «Minecraft» застосовується шум Перліна («градієнтний шум»), що забезпечує плавні та органічні переходи між значеннями рельєфу. Для розрахунку висоти використовується просте псевдовипадкове генерування координат у просторі на основі заданих точок X та Y , а також глобальних значень ширини, висоти та глибини, визначених як загальнодоступні значення в редакторі. Фрактальний броунівський рух (також відомий як дробовий броунівський рух, «плазма» або FBM) – це додавання різних шумів Перліна (кожен з яких називається октавою). Кожна октава збільшує частоту на регулярний коефіцієнт (лакунарність). Кожна октава також зменшує амплітуду на регулярний коефіцієнт посилення.

У грі «No Man's Sky» реалізовано фрактальний зум, адже ви можете перейти від галактичного виду до окремої зоряної системи, до окремої планети, до континенту, до регіону, до окремого місця посадки для вашого космічного корабля. І гра настільки приголомшливо велика і сповнена зірок і планет, що ви можете бути єдиним гравцем, який коли-небудь стояв на

цьому місці. Для розробки No Man's Sky було створено уніфікований метод генерації шуму, який отримав назву «Uber noise». Для уникнення повторюваності параметри функції (такі як викривлення, різкість, посилення) не є статичними. Вони самі по собі є результатом обчислення інших шарів шуму, що генерують плаваючі значення.

Основою всієї цієї системи є 64-бітне «математичне насіння» (seed). Це унікальний числовий код, який слугує вхідними даними для всіх алгоритмів генерації і дозволяє створити 2^{64} планет. Оскільки кожен сантиметр виміру є результатом обчислень, а не статичним об'єктом, весь вміст віртуального всесвіту (без урахування аудіо та інтерфейсу) займає лише близько 300 МБ.

Структура ігрового світу «The Legend of Zelda» будується як трирівневий фрактал: глобальна карта (Koholint Island), окремі підземелля (dungeons), індивідуальні кімнати підземель. Найпопулярнішим методом поділу простору є бінарний поділ простору (BSP), який рекурсивно ділить простір на дві підмножини. За допомогою бінарного поділу простір можна представити у вигляді бінарного дерева, яке називається деревом BSP. Крім того, листя таких дерев, які не мають розгалужень, можуть використовуватися для визначення груп кімнат, що відповідають одній темі; наприклад, частина підземелля може містити монстрів вищого рівня або монстрів, які більш вразливі до магії.

Для всіх фрактальних структур ключовим параметром є фрактальна розмірність (D). Вона кількісно визначає, як змінюється деталізація об'єкта при зміні масштабу, що дозволяє розробникам математично керувати «шорсткістю» ландшафту. Коли вона наближається до 1, процес стає більш передбачуваним і демонструє стійку поведінку (патерни повторюються). Коли ж зростає (наближається до 2 для ліній або 3 для об'ємів), то об'єкт стає антиперсистентним, тобто хаотичним і менш прогнозованим.

Для розрахунку розмірності можна використовувати алгоритм підрахунку комірок (Box-counting). Він базується на тому, що фрактальна крива має нескінченну деталізацію, а її довжина (L) фактично зростає разом із роздільною здатністю вимірювання (δ). Математично ця залежність описується формулою: $L(\delta) = V_0 * \delta^{-D}$.

Список використаних джерел:

1. Boiangiu C.-A., Morosan A.G., Stan M. Fractal Objects in Computer Graphics. Proceedings of the 6th International Conference on Applied Informatics and Computing Theory (AICT '15). Salerno, Italy, 2015.
2. Musgrave F. K., Ebert D. S. Texturing & modeling: A procedural approach. 3rd ed. San Francisco : Morgan Kaufmann Publishers, 2003. 714 p.
3. Shaker N., Julian T., Mark N. Procedural Content Generation in Games. Cham : Springer Cham, 2016. 237 c.