

## МОДЕЛЮВАННЯ ТРИВИМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ФРАКТАЛЬНОЇ ГРАФІКИ

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Розглянуто класифікацію методів фрактальної обробки зображень, їх особливості, програмні продукти для формування фрактальних тривимірних об'єктів, наведено приклад моделювання фрактальної обробки зображень.*

**Ключові слова:** фрактал, поліном, аттрактор, ітерація, афінне перетворення.

### **Abstract**

*Classification of methods of the fractal processing of images, their feature, programmatic foods for forming of fractal three-dimensional objects, an example of design of the fractal processing of images is made.*

**Keywords:** fractal, polynomial, аттрактор, iteration, affine transformation.

### **Вступ**

«Як всередині, так і зовні, як вверху, так і внизу...»

«The Kybalion.», Chicago, 1908

Слово "фрактал" утворено від латинського fractus і в перекладі означає той, що складається з фрагментів, тобто фрактал - це фігура з дробовою розмірністю (не 2D і не 3D, а, наприклад, 1,5D або 2,3D). Завдяки такій особливості фігура виходить самоподібною, тобто складається з безлічі частин, кожна з яких є зменшеною копією усієї фігури в цілому. Поняття фрактала в математику ввів американський учений польського походження Бенуа Мандельброт (1924-2010). Визначення фрактала, це Мандельбротом, звучить так: "Фракталом називається структура, що складається з частин, які в якомусь сенсі подібні до цілого" [1].

Метою роботи є аналіз переваг, недоліків та сфери застосування різних методів формування фрактальних зображень для синтезу віртуальних тривимірних об'єктів.

### **Класифікація фрактальних методів обробки зображень**

**ГЕОМЕТРИЧНІ ФРАКТАЛИ.** Фрактали цього класу найнаочніші. У двовірному випадку їх отримують за допомогою ламаної (або поверхні у тривимірному випадку), названою генератором. За один крок алгоритму кожен з відрізків, складових ламаної (поверхні), замінюється на ламану (повехню) - генератор у відповідному масштабі. У результаті нескінченного повторення цієї процедури виходить геометричний фрактал.



Рис. 1. Приклад синтезу геометричного фрактального зображення

**АЛГЕБРАЇЧНІ ФРАКТАЛИ.** Це найбільша численна група фракталів. Отримують їх за допомогою нелінійних процесів в  $n$ -мірному просторі. Інтерпретуючи нелінійний ітераційний процес, як дискретну динамічну систему, можна використати теорію цих систем: нелінійні динамічні системи мають декілька стійких станів. Стан, у якому опинилася динамічна система після деякого числа ітерацій, залежить від її початкового стану. Тому кожен стійкий стан (аттрактор) має деяку область початкових станів, з яких система обов'язково потрапить у дані кінцеві стани. Таким чином, фазовий простір системи розбивається на області впливу аттракторів. Мінняючи алгоритм вибору, наприклад кольору, можливо отримати складні фрактальні картини з неповторними багатоколірними візерунками. Несподівано для математиків стала можливість з допомогою примітивних алгоритмів породжувати дуже складні нетривіальні структури.



Рис.2. Приклад синтезу алгебраїчного фрактального зображення

**СТОХАСТИЧНІ ФРАКТАЛИ.** Стохастичні фрактали - виходять у тому випадку, якщо в ітераційному процесі хаотично міняти які-небудь його параметри. При цьому виходять об'єкти дуже схожі на природні. Двовимірні стохастичні фрактали використовуються при моделюванні рельєфу і поверхні, тривимірні - при моделюванні простору [2].

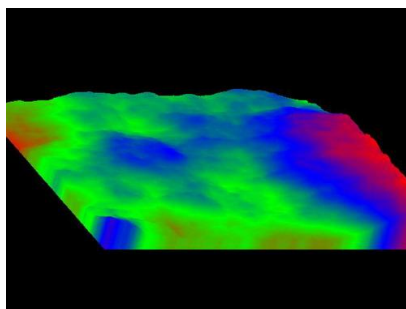


Рис.3. Приклад синтезу стохастичного фрактального зображення

### **Моделювання тривимірних об'єктів та програмні засоби**

Програма IFS Builder 3d призначена для побудови 3D зображень самоподібних фракталів. Окрім звичайних зображень, програма дозволяє створювати стереозображення анімації, плавне збільшення і морфінг фракталів. Підтримуються аттрактори самоафінних і мебіусових IFS, а також графоорієнтовані (Digraph IFS) і випадково-генеровані IFS.

Висока якість отримуваних зображень самоподібних, самоафінних і мебіусово-похідних фракталів. Використовується алгоритм трасування променів (ray - tracing), підтримуються джерела світла, тіні, дзеркала. Випадково-похідні фрактали, що містять стискуючі відображення вибираються випадково з заданого набору. Антиалиасинг для згладжування і боротьби з ступінчастим ефектом. Скритова мова, схожа на javascript, використовується для завдання складних фракталів.

Програма Mandelbulb3D, щоб отримати тривимірну поверхню з використанням фрактального алгоритму використовує перетворення множини Мандельброта у сферичні координати. Автори цього застосування, Дениэл Уайт (Daniel White) і Пол Ниландер (Paul Nylander) створили тривимірний редактор, який моделює фрактальні поверхні різних форм. За аналогією у природі часто спостерігаємо фрактальні візерунки і штучно створений фрактальний тривимірний об'єкт здається неймовірно реалістичним. Цей ефект посилюється завдяки складному алгоритму візуалізації, який дає можливість отримувати реалістичні віддзеркалення, пророховувати прозорість і тіні, імітувати ефект глибини

різкості і так далі. У Mandelbulb3D є значна кількість налаштувань і параметрів візуалізації. Можна керувати відтінками джерел світла, вибирати фон і рівень деталізації модельованого 3D об'єкту.

Фрактальний редактор Incendia підтримує подвійне згладжування зображення, містить бібліотеку різних тривимірних фракталів і має окремий модуль для редагування базових форм.

Incendia дозволяє експортувати фрактальну модель в популярні формати тривимірної графіки - OBJ і STL. До складу Incendia включено утиліту Geometrica - спеціальний інструмент для налаштування експорту фрактальної поверхні в тривимірну модель. За допомогою цієї утиліти можна визначити роздільну здатність 3D-поверхні, задати число фрактальних ітерацій. Експортовані моделі можуть бути використані в 3D-проектах при роботі з такими тривимірними редакторами, як Blender, 3ds max і інші.

## Висновки

Таким чином використання фрактальної моделі у побудові тривимірних об'єктів дозволяє:

- фрактальне стиснення даних – для окремих тривимірних об'єктів 600:1;
- фрактальне збільшення тривимірних об'єктів – без збільшення пікселізації;
- ефект підвищення чіткості тривимірних об'єктів після застосування зменшення після операції збільшення.

Досліджені властивості роблять використання фрактальної моделі у побудові тривимірних об'єктів дуже перспективним напрямком досліджень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Манельброт Б. Фрактальная геометрия природы / (пер с англ.) — М. : Институт компьютерных исследований, 2002. — 656 с.

2. Пайтен Х. Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем / (пер. с нем.). — М : Мир, 1993. — 206 с.

**Скорюкова Яніна Германівна**— канд. техн. наук, доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: yanina\_skor@mail.ru

**Пастушенко Ганна Олександрівна** — студентка групи MCC-15, факультет комп'ютерних систем та автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: mr.waildcat@mail.ru

Науковий керівник: **Скорюкова Яніна Германівна**— канд. техн. наук, доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: yanina\_skor@mail.ru

**Skoriukova Yanina G .** – Ph. D., docent, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: yanina\_skor@mail.ru

**Pastushenko Hanna O.** — student of group MCC-15, Faculty of the Computer Systems and Automation, Vinnytsya National Technical University, Vinnytsya, e - mail: mr.waildcat@mail.ru

Supervisor: **Skoriukova Yanina G.** – Ph. D., docent, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: yanina\_skor@mail.ru