

**УДК 004.923**

**Антон Долженко, Олександр Доренський**

Кіровоградський національний технічний університет, Україна

## **ПОБУДОВА ВИСОКОДЕТАЛІЗОВАНИХ ТРИВИМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ ТРИАНГУЛЯЦІЇ**

**Anton Dolzhenko, Olexandr Dorensky**

### **CREATION OF HIGHLY DETAILED THREE-DIMENSIONAL OBJECTS BASED ON TRIANGULATION**

Провідним напрямом розвитку сучасних інформаційних технологій є тривимірна графіка, що в даний момент широко використовується як у сфері розваг (кінематограф, відеоігри, телебачення й т.ін.), так і у науково-дослідницькій діяльності [1]. Тож побудова високодеталізованих тривимірних об'єктів є актуальною задачею.

Метою роботи є дослідження основних методів побудови деталізованих об'єктів у трьохвимірному просторі та визначення найбільш оптимального і продуктивного алгоритму декомпозиції та побудови трьохвимірних об'єктів.

Генерація об'ємних зображень представляє складну обчислювальну задачу, у зв'язку з чим на практиці виконують її декомпозицію. Складні зображення формують з фрагментів об'єктів, для чого їх розбивають на складові частини.

Вперше задача побудови тріангуляції Делоне була поставлена в роботі радянського математика Б.Н. Делоне [2]. Сьогодні вона є однією із базових у обчислювальній геометрії. До побудови тріангуляції зводяться багато інших завдань, вона широко використовується в машинній графіці та геоінформаційних системах для моделювання поверхонь й вирішення просторових задач. Також даний алгоритм активно застосовується у операторів мобільного зв'язку (тріангуляція за базовими станціями) для точного знаходження координат розташування апарата-абонента. Тому дослідження алгоритмів тріангуляції є досить важливим на даний час.

Процес розбиття поверхні об'єктів на полігони отримав назву тесселяції. Ця стадія на теперішньому етапі розвитку машинної графіки проводиться повністю програмно і незалежно від технічного рівня 3D-апаратури.

Аналіз сучасних алгоритмів тріангуляції [3-7] показав, що вони являють собою сукупність досить складних, трудомістких алгоритмів, але для проведення дослідження достатньо використати один із простих ітеративних алгоритмів, а саме «Видаляй та будуй» [8].

Для використання переваг 3D-прискорювачів необхідно спочатку програмно виконати тесселяцію вихідних об'єктів, а потім передати отримані полігональні області для подальшої обробки акселератору. На практиці найчастіше проводиться розбивання зображень на трикутники, що пояснюється наступними причинами:

- трикутник є найпростішим полігоном, вершини якого однозначно задають грань;
- будь-яку область можна гарантовано розбити на трикутники;
- обчислювальна складність алгоритмів розбиття на трикутники істотно менша, ніж при використанні інших полігонів;
- реалізація процедур відображення є найбільш простою для області, обмеженої трикутником;
- для трикутника легко визначити три його найближчих сусіда, що мають з ним спільні грані.

Процес розбиття полігональної області зі складною конфігурацією в набір трикутників називають тріангуляцією [3]. Під час аналізу або синтезу складних поверхонь їх апроксимують сіткою трикутників і згодом оперують з найпростішими полігональними областями, тобто із кожним з трикутників.

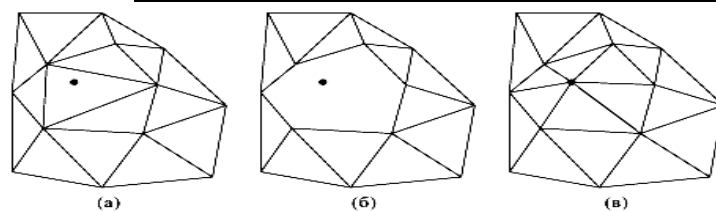


Рис. 1. Приклад алгоритму «Видаляй та будуй»

Застосований для дослідження алгоритм «Видаляй та будуй» полягає у наступному. При кожній вставці нового вузла (рис. 1, а) відразу ж видаляються всі трикутники, у яких всередину описаних кіл потрапляє новий вузол (рис. 1, б). При цьому всі видалені трикутники неявно утворюють деякий багатокутник. Після цього на місці вилючених трикутників будується заповнююча триангуляція шляхом з'єднання нового вузла з цим багатокутником (рис. 1, в). Даний алгоритм будує відразу всі необхідні трикутники на відміну від звичайного ітеративного алгоритму, у якому при вставці одного вузла можливі багатократні перебудови одного і того ж трикутника. Однак тут на перший план виходить процедура виділення контуру видаленого багатокутника, від ефективності роботи якого залежить загальна швидкість алгоритму. В залежності від використаної структури даних цей алгоритм може витрачати часу менше, ніж алгоритм з перебудовами, і навпаки. Оцінка трудомісткості алгоритму повністю збігається з оцінками для простого ітеративного алгоритму –  $O(N)$ .

Отже, за результатами дослідження можна зробити висновок, що триангуляція є складною обчислювальною задачею, для розв'язку якої застосовано алгоритм «Видаляй та будуй», який є найбільш оптимальним завдяки своїй продуктивності й відносній простоті реалізації. Враховуючи, що алгоритми триангуляції є невід'ємною частиною практично всіх програмних продуктів 3D-графіки, вони інтенсивно вдосконалюються. Можна припустити, що в недалекому майбутньому алгоритми триангуляції будуть реалізовані апаратно в графічних акселераторах і, можливо, вже реалізовані на базових станціях операторів стільникового зв'язку.

### Література

1. Варич І.О. Застосування методів комп'ютерного 3D моделювання для реконструкції археологічних об'єктів / І.О. Варич // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Вип. 4, т. 4. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – С. 15-21.
2. Делоне, Б.Н. Sur la sphère vide = [О пустом шаре] : A la mémoire de Georges Voronoï : (Présenté par I. Vinogradov) / par B. Delaunay // Известия Академии наук СССР. Отделение математических и естественных наук. – 1934. – Вып. 6. – 1934. – С. 793-800.
3. Фукс А.Л. Предварительная обработка набора точек при построении триангуляции Делоне / А.Л. Фукс // Геоинформатика. – Вып. 1. – 1998. – С. 48-60.
4. Heller M. Triangulation algorithms for adaptive terrain modeling // Proc. of the 4th Intern. Symp. on Spatial Data Handling, July 1990. P. 163-174 с.
5. Puppo E. Variable resolution triangulations // Computational Geometry. 1998. Vol. 11. P. 219-238.
6. Touma G., Rossignac J. Geometric compression through topological surgery // ACM Transactions on Graphics. 1998. Vol. 17. N. 2. P. 84-115с.
7. Lee D., Schachter B. Two algorithms for constructing a Delaunay triangulation // Int. Jour. Comp. and Inf. Sc. 1980. Vol. 9. N. 3. P. 219-242 с.
8. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и её применение. – Томск: Изд-во Томского университета, 2002. – 128 с.