

**ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
В РОЗПОДІЛЕНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ**

Калюжняк А. В., аспірантка, Гоменюк С. І., д.т.н, проф.

Запорізький національний університет, Україна

Ключові поняття: МРТ – магнітно-резонансна томографія, КТ – комп'ютерна томографія, ОФЕКТ – однофотонна емісійна комп'ютерна томографія, CAD – computer-aided design, CSG - Constructive Solid Geometry.

Вступ. До появи тривимірного моделювання, художники і архітектори користувалися традиційними методами малювання – папір і полотно. Це була колосальна, трудомістка робота, яка до того ж витрачала багато часу. А вносити будь-які правки в роботу було дуже важко, адже це ручна праця.

Тривимірні анатомічні поверхні являють собою важливий інструмент в медицині. Зображення цих поверхонь, побудовані з масиву 2D знімків, отриманих від комп'ютерної томографії (КТ), магнітно-резонансної томографії (МРТ) та емісійної комп'ютерної томографії (ОФЕКТ), допомагають лікарям розпізнати складні анатомічні процеси в знімках. Інтерпретація медичних 2D зображень вимагає спеціальної підготовки, і хоча радіологи мають ці навички, вони повинні часто повідомляти про свої інтерпретації лікарями, які іноді відчують труднощі з візуалізацією в 3D анатомії.

Основна частина. Існують декілька підходів до вирішення завдання побудови 3D поверхні. Більш ранній метод починається з визначення контуру поверхні і з'єднання контуру один за одним зі зрізами зображення трикутниками. Якщо існує більше одного контуру поверхні на відрізу, виникають складнощі при визначенні того, які контури необхідно з'єднати. Безпосереднє втручання користувача може допомогти вирішити деякі з цих неясностей. Проте, в клінічних умовах взаємодія з користувачем має бути зведено до мінімуму.

Інший підхід, розроблений Г. Германом і його колегами [2] створює поверхні з cuberilles. Cuberille – це розсічення простору на рівні куби (так звані воксели) за допомогою трьох ортогональних наборів паралельних площин [3]. Фаррелл використовує метод «кидання променів», щоб знайти 3D поверхню,

але замість тіні зображення з сірою шкалою, використовує освітленість для відображення поверхні.

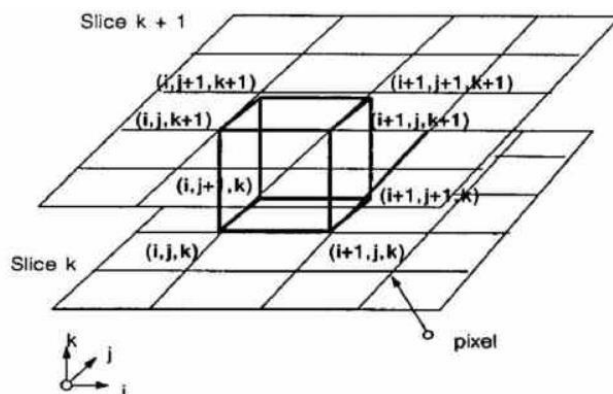


Рисунок 1 – Маршируючі куби

Алгоритм «маршируючих кубів» використовує підхід «розділяй і властуй», щоб знайти поверхню в логічному кубі, створеного з восьми пікселів; для кожної з двох суміжних сторін (див. рис. 1).

Алгоритм визначає, як поверхня перетинає цей куб, потім переміщується (або марширує) до наступного кубу. Щоб знайти поверхневий перетин в кубі, ми присвоюємо 1 до вершини куба, якщо значення даних в цій вершині перевищує (або дорівнює) значенням поверхні, яку ми будуємо[1]. Ці вершини знаходяться всередині (або на) поверхні. Вершини куба зі значеннями нижче поверхні отримують нульове значення і знаходяться поза поверхнею. Поверхня перетинає ребра куба, де одна вершина знаходиться поза поверхні (один), а інша знаходиться всередині поверхні (нуль). При такому допущенні ми визначаємо топологію поверхні всередині куба, знаходження перетину визначається пізніше.

Оскільки існує вісім вершин в кожному кубі і два можливих значення, всередині і зовні, є тільки 256 способів з якими поверхню може перетинатися з кубом. Перераховуючи ці 256 випадків, ми створюємо таблицю, щоб розглянути області перетину поверхні, враховуючи номери вершин куба. Таблиця містить області перетину для кожного конкретного випадку. На рисунку 2 показана триангуляції для 14 моделей. Даний підхід в моделюванні часто використовується при створенні ігор.

Тут класичною областю застосування об'ємних уявлень являється дизайн твердих об'єктів з логічними операціями. Кожна операція може бути виконана простим порівнянням значень відстаней в сітці точок. Це також справедливо для представлення поля напрямленої відстані. Для реалізації використовують розширені «маршируючі куби» для створення сітки з моделі CSG. Функція чутливої вибірки дуже важлива в цьому контексті, так як гострі краї і кути позначають перетину основних об'єктів і несуть значну інформацію про конструкцію[4]. Дуже важливим практичним застосуванням даної методики є моделювання процесів фрезерування.

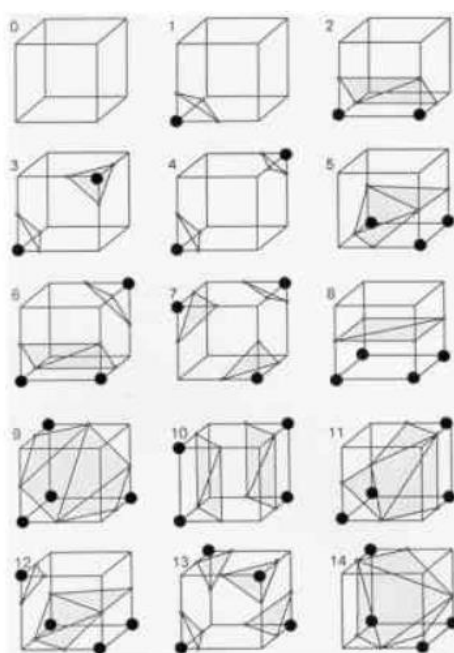


Рисунок 2 – Триангульовані куби»

Полігональні сітки, які генеруються на деякій проміжній стадії в промисловому процесі CAD, часто мають низьку якість. Вироджені трикутники, топологічні невідповідності ускладнюють використання таких моделей в будь-якому наступному додатку. Щоб зробити ці дані доступними до інших застосувань, ніж проста візуалізація, необхідно перетворити моделі в збільшені теселяційні області.

Застосування розширеного алгоритму «маршируючих кубів» в такому обсязі дозволяє повторно створити сітку оригіналу з рівномірним розподілом вершин, що необхідно для створення ігор.

Висновок. «Маршируючі куби» – це новий алгоритм для побудови 3D поверхні, який доповнює знімки КТ, МРТ, дозволяючи лікарям отримати тривимірні анатомічні зображення. Алгоритм використовує таблицю областей перегинів, щоб описати, як поверхня прорізає кожен куб в 3D наборі даних. Додатковий реалізм досягається шляхом розрахунку, з вихідних даних, нормованого градієнта. Отримана багатокутна структура може відображатися на звичайних системах відображення графіки. Даний підхід також віднайшов своє відображення в розробці графіки ігор, що дозволяє на сьогоднішній день робити елементи більш реалістичними.

Література

1. Bretonnet L., Li Y., Hirsch Ch. 3D Navier–Stokes cutcell solver for octree meshes. Academy Colloquium on Immersed Boundary Methods. Amsterdam, 2009
2. William E. Lorensen, Harvey E. Cline: Marching Cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm. In: Computer Graphics, Vol. 21, Nr. 4, July 1987
3. Wu Z. Accurate and efficient three-dimensional mesh generation for biomedical engineering applications // Ph.D. Dissertation. Worcester Polytechnic Institute, 2001.
4. Хасаева Д. З. Визуализация 3D моделей сложных объектов с помощью метода марширующих кубов на платформе Windows Presentation Foundation / Д. З. Хасаева, А. Ю. Дёмин ; науч. рук. А. Ю. Дёмин // Технологии Microsoft в теории и практике программирования : сборник трудов XIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г.Томск,. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — [С. 132-134].