

УДК 004.925.4

НЕОРТОГОНАЛЬНА РАСТЕРИЗАЦІЯ ПРИ ПЕРСПЕКТИВНО-КОРЕКТНОМУ ТЕКСТУРУВАННІ

О.Н. Романюк, О.О. Дудник, О.В. Мельник
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Запропоновано метод підвищення продуктивності перспективно-коректного нанесення текстури за рахунок використання неортогонального напрямку rasterизації ділянки, обмеженої полігоном.

Постановка проблеми. На даному етапі розвитку комп'ютерної графіки особлива увага приділяється формуванню просторових зображень, які є найбільш реалістичними та інформативними, оскільки точно відтворюють конструктивні, візуальні та образотворчі особливості об'єкту.

Для побудови високореалістичних зображень використовують текстури, які накладаються на графічні об'єкти. Використання текстур у багатьох випадках дозволяє успішно вирішувати задачі, які надзвичайно трудомістко розв'язати прямими методами.

Текстурування дозволяє суттєво зменшити обчислювальні витрати та зробити можливим інтерактивний режим візуалізації.

Головна вимога текстурвання – реалістичне відтворення поверхні, яке залежить від правильного відображення об'єктів на двовимірну площину і урахування їх перспективи.

У задачах текстурвання встановлюється співвідношення між екранними координатами та текстурними координатами. Для забезпечення високої продуктивності при перспективно-коректному накладанні текстур часто використовують лінійні та квадратичні функції [1, 2]. При таких підходах сформоване зображення може мати артефакти та не завжди достовірно відтворює перспективу об'єкта. Для підвищення реалістичності при перспективно-коректному текстурванні [2, 3] використовують нелінійні функції, розрахунок яких передбачає виконання трудомістких операцій. Перспективно-коректне текстурвання в переважній більшості випадків реалізують за методом Хесберга [2, 3], який використовує гіперболічне інтерполювання. Вказаний метод хоча й забезпечує високу якість формування зображень, однак потребує виконання двох операцій ділення на кожний піксел, що суттєво позначається на швидкодії

формування графічних сцен.

Зменшити кількість операцій ділення при текстуруванні можна за рахунок растеризації об'єкта в світовій системі координат за умови, що рядки растеризації розміщено на фіксованій відстані від спостерігача. Знайдемо коефіцієнт нахилу прямої в екранній системі координат, якому відповідає відрізок прямої у світовій системі координат зі сталим для рядка значенням координати z (рис. 1). Нехай у світовій системі координат задано трикутник. Він однозначно визначає площину, рівняння якої має такий вигляд

$$AX_w + BY_w + CZ_w = D, \quad (1)$$

де A, B, C – коефіцієнти, які визначаються координатами вершин трикутника.

З останнього рівняння знаходимо, що

$$Z_w = \frac{A \cdot X_w + B \cdot Y_w + D}{C}. \quad (2)$$

Між екранними та світовими координатами має місце такі співвідношення $X_v = \frac{X_w}{Z_w}, Y_v = \frac{Y_w}{Z_w}$. Запишемо останні рівняння у вигляді $X_w = X_v \cdot Z_w, Y_w = Y_v \cdot Z_w$.

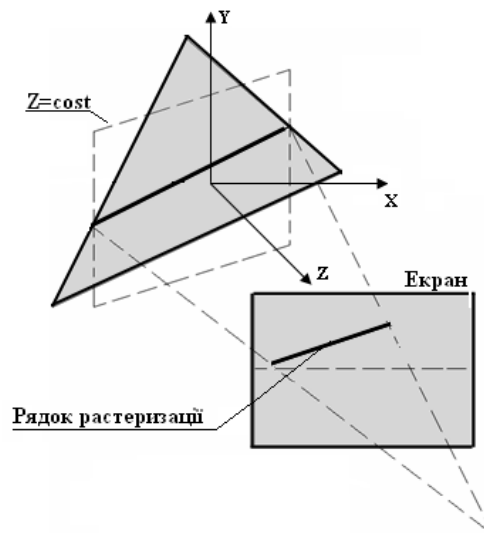


Рис. 1. Рядки растеризації у світовій та екранній системах координат

Будемо шукати кут нахилу прямої, рівняння якої має вигляд $Y_v = k \cdot X_v + h$.

З урахуванням цього запишемо, що $Y_w = Y_v \cdot Z_w = (k \cdot X_v + h) \cdot Z_w$.

Підставивши в рівняння (2) і значення X_w, Y_w , отримуємо

$$A \cdot X_v \cdot Z_w + B \cdot (k \cdot X_v + b) \cdot Z_w + C \cdot Z_w = D.$$

З останнього рівняння знаходимо, що

$$Z_w = \frac{D}{X_v \cdot (A + B \cdot k) + B \cdot h + C}. \quad (3)$$

За умови, що для рядка растеризації трикутника в екранній системі координат $Z_w = const$, то для будь-якого j має місце рівняння

$$\frac{D}{X_v \cdot (A + B \cdot k) + B \cdot h + C} = \frac{D}{(X_v + j) \cdot (A + B \cdot k) + B \cdot h + C}.$$

Останнє рівняння має єдиний розв'язок $k = -A/B$. Оскільки j і X_v було вибрано довільно, то можна констатувати, що нахил сканувального рядка растеризації не змінюється для всього трикутника, який розглядається в екранній системі координат. Значення координати Z_w для заданого рядка растеризації легко знайти, підставивши отримане значення k у рівняння (3).

$$Z_w = D / (B \cdot h + C).$$

Між координатами текстурного та екранного просторів існує така залежність [39, 260]:

$$u = \frac{a \cdot X_v + b \cdot Y_v + c}{A \cdot X_v + B \cdot Y_v + C}, \quad v = \frac{d \cdot X_v + e \cdot Y_v + f}{A \cdot X_v + B \cdot Y_v + C}.$$

Позначимо знаменник наведених виразів через T , а $1/T = \mathfrak{R}$, тоді $u = (a \cdot X_v + b \cdot Y_v + c) \cdot \mathfrak{R}$, $v = (d \cdot X_v + e \cdot Y_v + f) \cdot \mathfrak{R}$.

Знаменник для визначення текстурних координат u , v є сталим для рядка растеризації, у той час, як при звичайному підході він обчислюється для кожної точки рядка. У подальшому будемо розглядати тільки одну з координат, наприклад u , оскільки вирази для їх розрахунку аналогічні. Виразимо Y_v через k і підставимо його в попередній вираз. Отримаємо

$$u = (a \cdot X_v + b \cdot (k \cdot X_v + h) + c) \cdot \mathfrak{R} = [X_v \cdot (a + b \cdot k) + (b \cdot h + c)] \cdot \mathfrak{R}.$$

Для початкової точки рядка растеризації $X_v = 0$. Із урахуванням цього $u_0 = \mathfrak{R} \cdot (b \cdot h + c)$. Розглянемо, як змінюється u при зміні координати X_v на одиницю

$$u_{i+1} = [(X_v + 1) \cdot (a + b \cdot k) + (b \cdot h + c)] \cdot \mathfrak{R} = u_i + \mathfrak{R} \cdot (a + b \cdot k).$$

Отримане співвідношення легко обчислити апаратним шляхом за умови, що \mathfrak{R} – відоме.

Неортогональний напрямок растеризації ділянки, обмеженої

полігоном, дозволяє зменшити обчислювальну складність процесу накладання текстур на поверхню тривимірного графічного об'єкта. Для трикутника, який містить T внутрішніх точок, вилучається $(T-q)$ операцій ділення, де q - кількість горизонтальних рядків растеризації трикутника.

Важливим є питання растеризації трикутника, оскільки неортогональний відносно координатних осей напрямок растеризації неминуче призведе до артефактів – наявності «просікань» і дублювання точок через зміщення початкових точок рядків растеризації. Цього можна уникнути за умови, що провідне ребро трикутника буде паралельним осі ординат, однак це передбачає виконання особливої тріангуляції поверхні та не відповідає вимогам графічних стандартів. Виключити артефакти можна за рахунок адаптивного фазування послідовності крокових приростів рядка сканування, що передбачає встановлення при інтерполюванні різних початкових значень оцінювальної функції, що суттєво ускладнює лінійний інтерполятор.

Найпростіше вирішити проблему можна за рахунок растеризації не трикутника, а прямокутника, у який його віртуально вписано (рис 2, а). Визначити параметри такого прямокутника можна шляхом порівняння координат вершин трикутника (крайні ліва та права вершини трикутника визначають абсцису лівої та правої сторін прямокутника, а нижня – ординати нижньої сторони прямокутника). Параметр r легко знайти, підставивши у рівняння прямої, яку використано для растеризації, значення абсциси верхньої вершини трикутника. Зрозуміло, що ордината верхньої лівої вершини прямокутника дорівнює сумі r і ординати верхньої вершини трикутника.

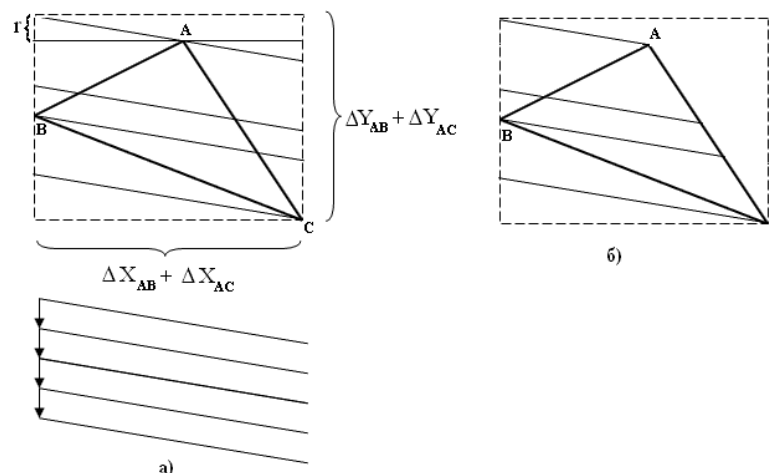


Рис. 2. Растрівання ділянки, обмеженої трикутником

Растрезизація прямокутника виконується з метою визначення координат лівої та правої точок ребра трикутника, що перетинають рядок растрезизації, без обчислень, які потребують «довгих» операцій. При досягненні правої ребра трикутника здійснюється перехід на новий рядок растрезизації прямокутника, який розміщено на один ординатний рівень нижче (рис. 2, а), тобто ділянка трикутника за його правим ребром не растрезизується (рис. 2, б). Визначення координат лівого та правої ребер трикутника досягається шляхом порівняння кольору переднього плану, яким накреслено трикутник, з еталоном. При цьому можна, наприклад, використати принцип критерію парності [4], згідно з яким кількість перетину полігону є парним числом. Для підвищення швидкодії можна запропонувати растрезизацію ділянок, які мають колір фону, імпульсною послідовністю підвищеної частоти.

Висновки. Запропоновано метод підвищення продуктивності перспективно-коректного нанесення текстури за рахунок використання неортогонального напрямку растрезизації ділянки, обмеженої полігоном. Растрезизацію об'єкта в світовій системі координат здійснюється за умови, що рядки растрезизації розміщено на фіксованій відстані від спостерігача. Для трикутника, який містить T внутрішніх точок, вилучається $(T-q)$ операцій ділення, де q – кількість горизонтальних рядків растрезизації трикутника.

Література

1. Романюк О. Н. Використання квадратичної інтерполяції для зафарбовування тривимірних графічних об'єктів / О. Н. Романюк // Реєстрація, зберігання і обробка даних. — 2006. — Т. 8. — № 4. — С. 31—37.
2. Херн Д., Бейкер М. Комп'ютерна графіка и стандарт OpenGL / Д. Херн, М. Бейкер. — М. : Издательский дом "Вильямс", 2005. — 1168 с.
3. Вяткин С. И. Отображение текстуры на плоские и криволинейные поверхности, свободные формы и объемы / С. И. Вяткин, Б. С. Долговесов, Н. Р. Каипов // Автометрия. — 1999. — № 1. — С. 17—24.
4. Романюк О. Н. Комп'ютерна графіка. Навчальний посібник / О. Н. Романюк — Вінниця: ВДТУ, 2001. — 129 с.

Надійшла до редакції 15.04.2015