

РАСТРОВЫЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ СОБСТВЕННЫХ ТЕНЕЙ НА УСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Башков Е.А., Зори С. А.

Кафедра ПМИИ ДонГТУ

bashkov@pmi.donetsk.ua

zori@pmi.donetsk.ua

Abstract

Bashkov E.A., Zori S.A. Raster Algorithm for Covering Surface Shadowing.

For rise of a degree of realism of the synthesized image of a covering surface in operation the scan-line algorithm for generation of own shadows of a surface is offered, the estimations its temporary complexity are given.

Введение

Повсеместное использование компьютерной графики - начиная от игровых систем и заканчивая сложными системами САПР и авиа тренажерами - предъявляет на современном этапе повышенные требования к качеству синтезированного изображения и скорости его генерации, что в конечном итоге определяет степень реалистичности изображения и сложность синтезируемой сцены. Современные методы генерации изображений реальных природных явлений и объектов имеют очень высокую вычислительную сложность и, для их эффективного использования, особенно в системах реального времени, требуется алгоритмическое и/или аппаратное ускорение вычислительных процессов [1-3].

Данная работа посвящена проблеме повышения производительности вычислительных систем для высококачественного синтеза реалистичных изображений устилающих поверхностей (земных поверхностей и ландшафтов) с целью повышения степени соответствия генерируемого изображения реальным природным объектам.

1. Особенности генерации теней на устилающей поверхности

С целью повышения степени реализма синтезированного изображения устилающей поверхности необходим учет затенения объектов генерируемого изображения. При рассмотрении устилающей поверхности как объекта, возможно выделить два вида теней (рис. 1):

- собственная падающая тень;
- частичное затенение поверхности от других объектов (например от облака, низко летящего самолета и т.д.).

Генерация частичного затенения от внешних объектов производится с учетом геометрической модели внешнего объекта (в общем случае) или упрощенно с учетом его границ - выполняется проекция на плоскость основания устилающей поверхности. Учет зоны частичного затенения в этом случае не представляет сложности и производится простой модификацией исходного цвета точки синтезируемого участка поверхности в этой зоне (например заданным уменьшением интенсивности, определяемым свойствами внешнего объекта). Сам процесс может быть вынесен на этап препроцессирования по отношению к процессу полного синтеза изображения, который будет выполняться уже с учетом внешних теней.

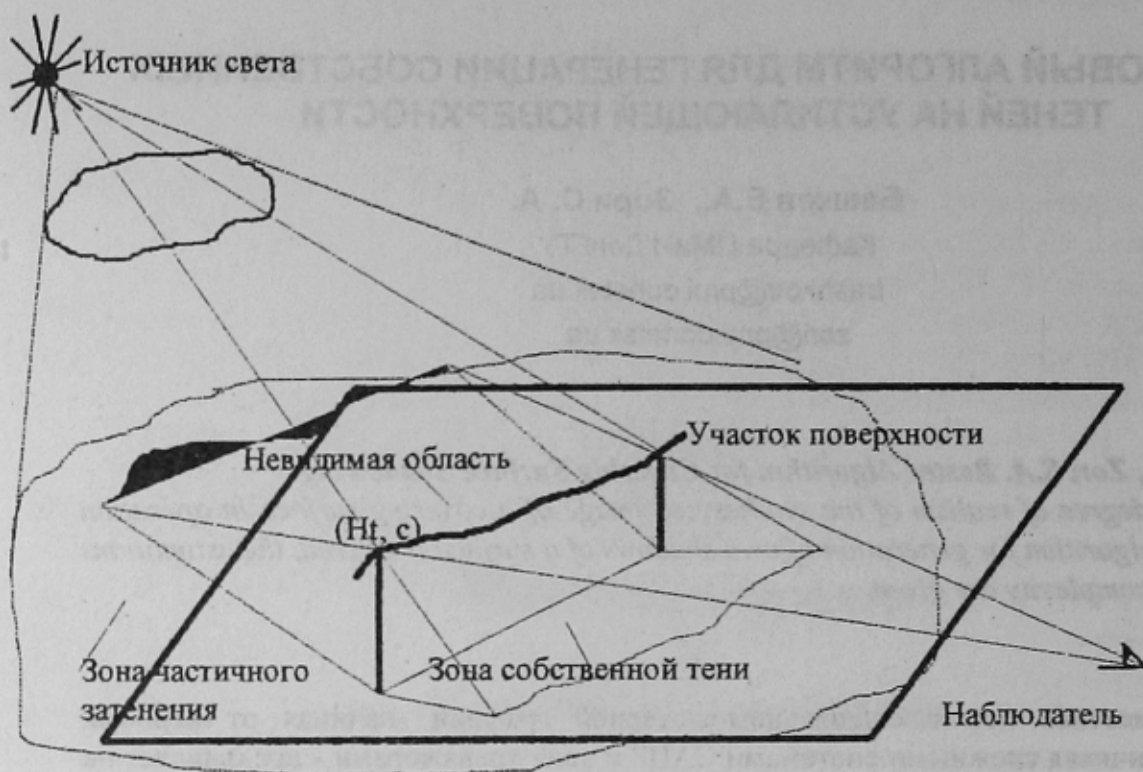


Рис. 1

Авторами предлагается модификация растрового алгоритма для синтеза изображений устилающей поверхности [4,5,6] с целью генерации собственных падающих теней поверхности. Эта модификация делает возможной организацию эффективного препроцессирования для реалистичного синтеза трехмерной местности, позволяя маркировкой затененных точек устранять ненужные вычисления преломления и отражения света или, в простейшем случае, синтезировать полутоновое затененное изображение. Алгоритм использует сортировку, которая выполняется пространственным преобразованием данных изображения, и, по сути, является адаптацией модифицированного растрового алгоритма синтеза изображений устилающих поверхностей [5,6] для решения задачи затенения.

2. Алгоритм генерации теней

Для достижения поставленной цели предлагается источник света считать точкой наблюдения. Центральным местом алгоритма является то, что видимость некоторой точки поверхности может быть определена очень быстро, если модель пространственно может быть преобразована так, что точка на изображении может быть перекрыта только другими точками, стоящими впереди ее (по отношению к наблюдателю) в той же самой скан-строке (столбце) изображения. Тогда, вместо удаления скрытых точек по строкам развертки изображения, как в модифицированном растровом алгоритме, затененные точки (невидимые источнику света) могут быть маркированы на первоначальной модели и изображении местности, и будет получена "теневая маска", которая затем используется в той или иной степени при синтезе полного реалистичного изображения сцены с устилающей поверхностью.

Таким образом, алгоритм генерации теней можно представить последовательным выполнением следующих шагов:

1. Поворот модели и изображения для выравнивания вектора освещения от источника света к центру базовой плоскости поверхности с направлением столбцов изображения.

2. Горизонтальное перспективное сжатие для расположения всех взаимоперекрывающихся точек поверхности (по отношению к источнику света) одноименных плоскостей "просмотра" в один и тот же столбец преобразованной модели и ее изображения.

3. Вычисление вертикальной проекции точек на плоскость проецирования, маркируя невидимые источником света точки вдоль столбцов сжатой модели и изображения (обычный случай) или модифицируя их цвет с учетом характеристик реальной сцены (по необходимости, в случае детального расчета отражений и преломлений).

4. Декомпрессия - устранение горизонтального перспективного сжатия, выполненном на этапе 2 алгоритма.

5. Поворот модели и изображения к оригинальной ориентации и образование результирующей "теневого маски".

Заметим, что если поверхность освещается удаленным источником рассеянного света (например солнечное освещение), то при реализации алгоритма генерации теней выполнение шагов 2 и 4 может быть опущено.

Выполнение этапов 1 и 2 алгоритма генерации теней на устилающую поверхность полностью аналогично выполнению этапов 1 и 2 модифицированного растрового алгоритма и обладают той же временной и пространственной сложностью [6], поэтому здесь рассматриваться не будут.

Этапы 4 и 5 также абсолютно аналогичны этапам 1 и 2 с точностью до представления коэффициентов (на угол $-\alpha$ в этапе 5 и с коэффициентом $1/X_{\text{comp}}$ на этапе 4). Время выполнения и объем необходимой памяти этапа также оцениваются зависимостями, приведенными в [6].

Алгоритм выполнения этапа 3 генерации теней получен в результате существенной переработки алгоритма этапа 3 модифицированного растрового алгоритма, поэтому его псевдокод приведен ниже.

<вычисление начальных значений параметров>;

for("всех столбцов массивов модели")

{

$y'_{\text{max}} = \text{min};$

 инициализация $z1, y1;$

 for("всех элементов столбца")

 {

 чтение высоты ht из массива высот поверхности (этап 2);

 чтение цвета c из изображения поверхности (этап 2);

 вычисление $z;$

 вычисление $y;$

 вычисление $y';$

 if($y' < y'_{\text{max}}$)

 {

 if($y'_{\text{max}} \neq \text{min}$)

 {

 модификация цвета c (затенение);

 маркировка высоты $ht;$

 запись в выходное изображение цвета $c;$

 запись в выходной массив высоты $ht;$

 }

 }

```

else
{
    y'max = y';
    запись в выходное изображение цвета c;
    запись в выходной массив высоты ht;
}
    наращивание z1;
    наращивание y1;
}
}

```

Общее время, затрачиваемое этим этапом алгоритма на вычисления, можно оценить следующим образом:

$$T_3 = n * m * (3 * T_{умн} + T_{дел} + 8 * T_{сл} + 2 * (2 * T_{пам})) \quad (1)$$

где

m и n - количество точек дискретизации оригинальной модели местности, $T_{умн}$, $T_{дел}$, $T_{сл}$ - время выполнения арифметических операций умножения, деления и сложения соответственно;

$T_{пам}$ - время обращения к памяти для чтения/записи атрибутов точки (высоты отметки поверхности и ее цвета на изображении).

3. Временная и пространственная сложность алгоритма

Для работы предлагаемого алгоритма при генерации изображения устилающей поверхности необходимо иметь следующий объем памяти:

$$N = 2 * m * n * (k * N_c + N_{ht}) \quad (2)$$

где

N_c - количество бит информации, необходимое для представления компонент цвета пикселя на изображении,

k - количество пикселей изображения для каждой точки поверхности,

N_{ht} - количество бит информации, необходимое для представления высоты в дискретных отметках устилающей поверхности.

Необходимый объем памяти при программной реализации алгоритма генерации собственных теней на устилающей поверхности для различных случаев представления устилающей поверхности, проиллюстрирован на рис. 2 и составляет при типичной пространственной дискретизации модели от 1 до 24 Мб для минимального и максимального значения параметров устилающей поверхности соответственно.

Время, необходимое для реализации алгоритма генерации теней, составляет соответственно:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 \quad (3)$$

где $T_1 - T_5$ - время выполнения каждого этапа алгоритма.

$$\begin{aligned}
 T &= m * n * (2 * ((2+1) * T_{сл} + 3 * T_{умн} + T_{дел} + 8 * T_{сл}) + m * (2 * ((2+1) * T_{сл}) = \\
 &= m * n * (14 * T_{сл} + 3 * T_{умн} + T_{дел}) + m * (6 * T_{сл}). \quad (4)
 \end{aligned}$$

и проиллюстрировано на рис. 3 в количествах тактов выполнения операции сложения при программной реализации, и на рис. 4 - при реализации на базовом процессоре без учета времени обращения к памяти (оценена вычислительная сложность).

Требуемый объем памяти для реализации растрового алгоритма генерации теней



Рис.2

Время выполнения алгоритма генерации теней на устилающей поверхности

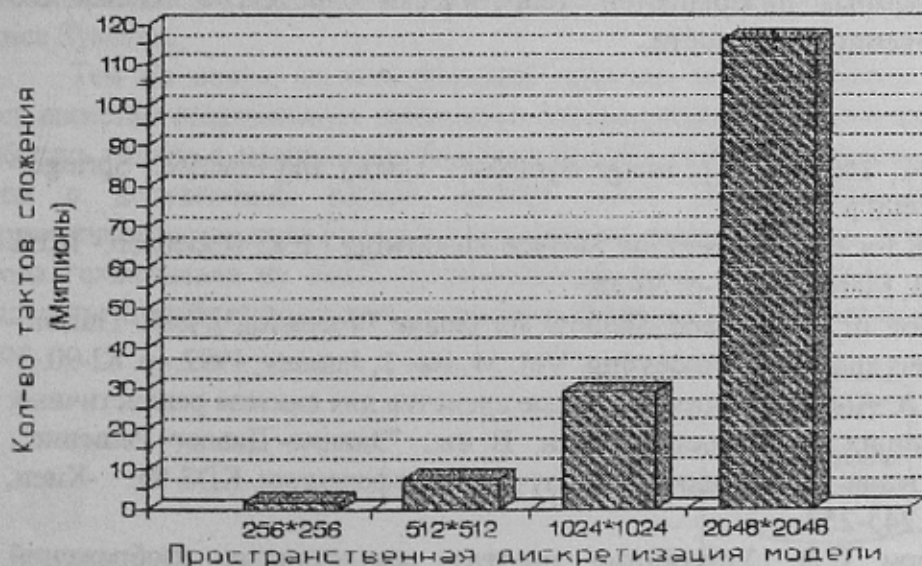


Рис.3

Необходимо отметить, что, если имеется несколько различных источников освещения, алгоритм должен быть выполнен для каждого источника в отдельности и получены "теневые маски" от каждого источника света, учитываемые в дальнейшем (наложении на исходное изображение) при синтезе изображения устилающей поверхности. Если источники света неподвижны, то алгоритм генерации теней может выполняться на этапе препроцессирования, и, поэтому, не внесет дополнительных затрат времени при синтезе изображений в реальном времени.

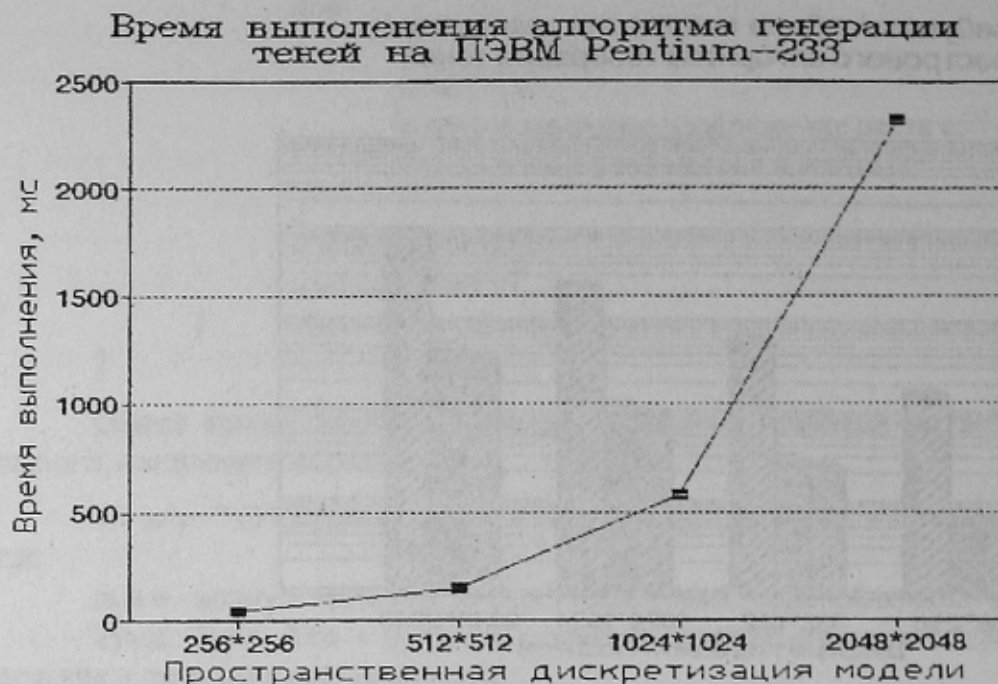


Рис.4

Заключение

Для решения задачи генерации собственных падающих теней на устилающей поверхности, предложен способ адаптации модифицированного растрового алгоритма синтеза изображений земных поверхностей, теоретически определены оценки его временной и пространственной сложности.

Литература

1. Magnenat-Thalmann N., Thalmann D.: Image Synthesis. Theory and Practice.- Springer-Verlag. Tokyo, 1987.- 400 p.
2. Spatial Transformation for Rapid Scan-Line Surface Shadowing / P.K. Robertson.- IEEE CG & A. Vol. 16, No. 3, March, 1989.-p. 30-38.
3. Realistic 3D Simulation of Shapes and Shadow for Image Processing / J.-P. Thirion.- VGIP: Graphical Models and Image Processing. Vol. 54, No. 1, January, 1992.- p. 82-90.
4. Башков Е.А., Зори С.А. Аппаратно-программные средства для синтеза реалистичных изображений устилающих поверхностей Земли. В кн.: "Знание-Диалог-Решение": Сборник научных трудов Международной научной конференции KDS-95. -Киев: АСПИС, 1995. -т.2, с.245-253.
5. Башков Е.А., Зори С.А. Устройство синтеза реалистичных изображений устилающих поверхностей Земли для систем визуализации тренажеров. В кн.: Сборник трудов факультета вычислительной техники и информатики. Донецкий государственный технический университет.- Донецк: ДонГТУ, 1996.- с.148-152.
6. Башков Е.А., Зори С.А. Модифицированный растровый алгоритм синтеза изображений земных поверхностей. В кн.: Информатика, кибернетика и вычислительная техника (ИКВТ-97). Сборник научных трудов Донецкого государственного технического университета. Выпуск 1. Донецк: ДонГТУ, 1997.- с. 90 - 95.