

22. Формирование окраски методом Гуро и Фонга

Метод Гуро был разработан в 1971 году. Данный метод предназначен для сглаживания полигональной поверхности на базе линейной интерполяции интенсивности света. Рассмотрим работу метода на следующем примере.

Пусть существует грань $ABCD$, принадлежащая полигональной поверхности. Рассмотрим одну из строк растра, пересекающую в процессе сканирования данную грань.

Задача заключается в определении интенсивности света в каждой точке на поверхности грани. Исходными данными для расчета являются интенсивности в угловых точках A, B, C, D , которые рассчитывается по одному из вариантов формулы закраски. При этом следует помнить, что для полигональной поверхности лучше брать формулы, не учитывающие зеркальную составляющую. Расчет произвольной точки G , находящейся внутри грани полигональной поверхности, базируется на значениях интенсивностей точек пересечения текущей строки растра с гранями (точки E и F на рис. 6.7). Вычисление этих точек, в свою очередь, базируются на расчетах, полученных для вершин граней AB и BC . Интенсивность света в точке E ребра AB на основе линейной интерполяции может быть представлена следующим образом:

$$I_E = I_A \cdot s + I_B(1-s), \quad (6.9)$$

s – параметр ($s \in [0, 1]$), определяющий положение точки на ребре AB .

Аналогичным образом вычисляется интенсивность точки F :

$$I_F = I_B \cdot t + I_C(1-t). \quad (6.10)$$

Аналогичным образом определяется и интенсивность точки, расположенной на отрезке EF :

$$I_G = I_E \cdot u + I_F(1-u). \quad (6.11)$$

При этом значение параметров определяется следующим образом:

$$s = \frac{AE}{AB}; \quad t = \frac{BF}{BC}; \quad u = \frac{EG}{EF};$$

Используя формулы (6.9) - (6.11) можно определить интенсивность света, в каждой точке в пределах грани $ABCD$.

Процесс вычисления интенсивности в произвольной грани, можно значительно ускорить, если определить рекурсивную зависимость между значениями интенсивностей двух соседних пикселей, расположенных на строке развертки, пересекающих грань:

$$\begin{aligned} I_2 &= I_E \cdot u_2 + I_F(1-u_2); \\ I_1 &= I_E \cdot u_1 + I_F(1-u_1); \\ \hline I_2 - I_1 &= (I_E - I_F) \cdot (U_2 - U_1) = \Delta I \cdot \Delta U; \end{aligned} \quad (6.12)$$

где ΔI - перепад интенсивности между крайними точками, рассматриваемой строки развертки; ΔU - расстояние между соседними точками строки развертки, выраженное в величинах параметра, привязанного к рассматриваемому отрезку.

На основании формул (6.9) – (6.12) можно построить алгоритм, выполняющий закраску по методу Гуро, который будет состоять из следующих четырех шагов:

- 1) проецирование вершин граней полигональной поверхности на плоскость экрана.
- 2) вычисление интенсивностей света в этих точках, на основании формул закраски (без учета зеркальной составляющей).
- 3) определение координат концов отрезка для граней, пересекаемых строкой развертки и вычисление интенсивности в них.
- 4) вычисление интенсивности пикселей, расположенных на отрезке, соответствующей строке растра по формуле (6.12).

Достоинства метода Гуро:

- простота алгоритма;
- гарантия непрерывного изменения интенсивности в пределах одной грани и при переходе между соседними гранями;
- высокое быстродействие за счет наличия рекуррентного соотношения для интенсивности в пределах одной грани.

Недостаток метода Гуро:

метод не обеспечивает гладкости изменения интенсивности, следствием чего являются:

- 1) усреднение интенсивности в середине грани, что приводит к отображению плоских поверхностей;
- 2) возможно появление полос Маха¹, которые представляют эффект увеличения интенсивности на границах областей с постоянной яркостью.

Для устранения недостатков данного метода был предложен метод, базирующийся на интерполяции векторов-нормалей к поверхностям граней.

1 Полосы Маха – эффект увеличения интенсивности у границ областей

Данный метод превосходит метод Гуро по объемам вычислений, однако позволяет добиться более высокого качества сглаживания полигональных поверхностей.

Метод Фонга также базируется на линейной интерполяции. Однако в качестве интерполируемой величины выступает не интенсивности точек поверхности, а векторы нормалей к поверхности в этих точках.

Метод Фонга заключается в построении для каждой точки поверхности вектора-нормали \vec{G}_U . На базе полученного значения \vec{G}_U производится вычисление интенсивности $0 \leq I$. Схема интерполяции аналогична схеме, приведенной для метода Гуро. При этом нормали в вершинах полигональной сетки определяется как сумма нормалей прилегающих граней:

$$U = \frac{k_1 \vec{u}_1 + k_2 \vec{u}_2 + \dots + k_m \vec{u}_m}{|k_1 \vec{u}_1 + k_2 \vec{u}_2 + \dots + k_m \vec{u}_m|};$$

где i, k - коэффициент, определяющий вес грани среди всех граней, которые имеют общую вершину.

Для вычисления нормали \vec{G}_U , используются значения векторов

$$\vec{U}_G = (1-u)\vec{U}_E + u\vec{U}_F;$$

$$\vec{U}_E = (1-s)\vec{U}_B + s\vec{U}_A;$$

$$\vec{U}_F = (1-t)\vec{U}_C + t\vec{U}_B;$$

Для расчета значений интенсивности, используются формулы закраски, в которых вместо углов α и β используются векторы-нормали по соответствующим направлениям. Благодаря этому, метод Фонга позволяет получить более реалистичный эффект сглаживания, позволяющий учитывать зеркальную составляющую отраженного света.

Достоинства метода Фонга:

- гарантированная гладкость изменения интенсивности;
- в большинстве случаев устраняет эффект Маха, присущий методу Гуро;
- обеспечивает высокое быстродействие за счет наличия рекурсии в вычислениях.

Недостатки метода Фонга:

- возможны ошибки при вычислении большого числа невыпуклых многоугольников;
- не исключена возможность появления полос Маха (например, для сфер эффект Маха усиливается).