

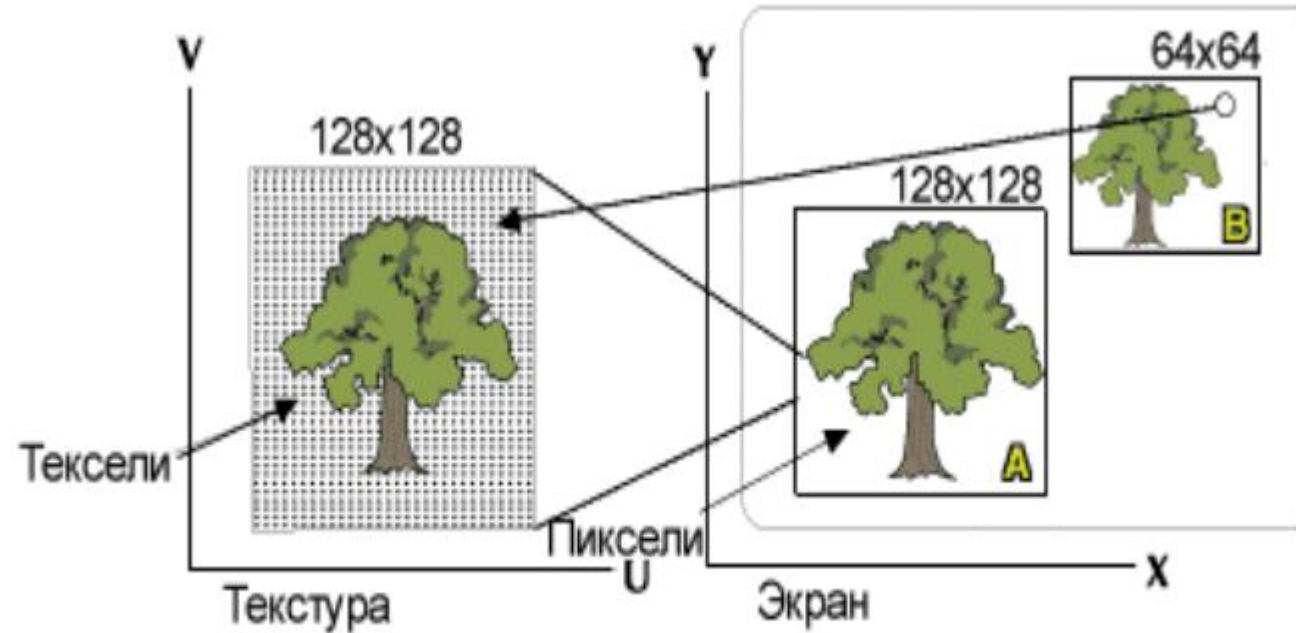
Растреризация. Освещение.
Текстурирование

Компьютерная графика

План

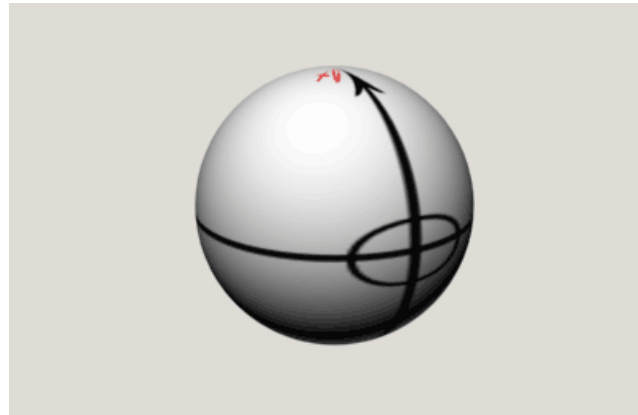
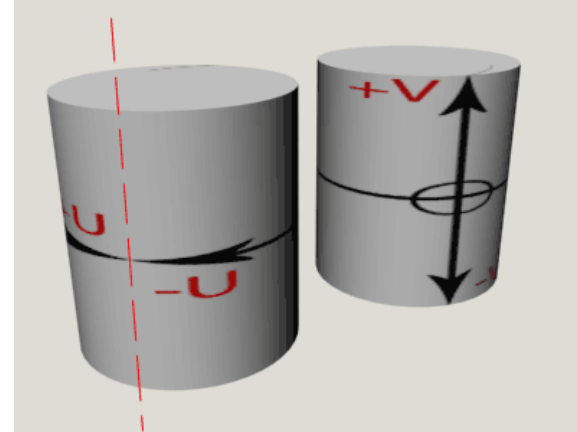
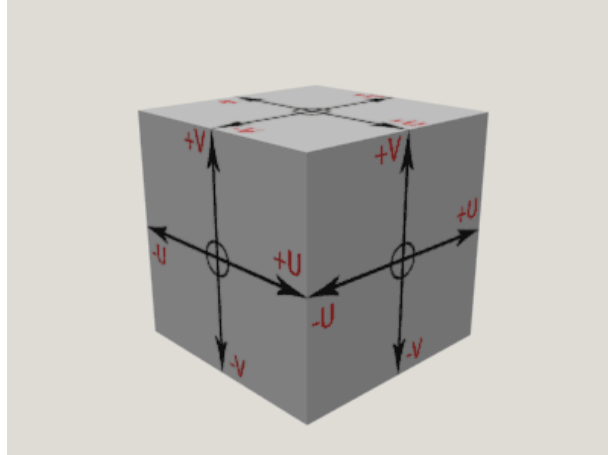
- Растеризация
- Освещение
- **Текстурирование**

Текстурирование. Сэмплинг

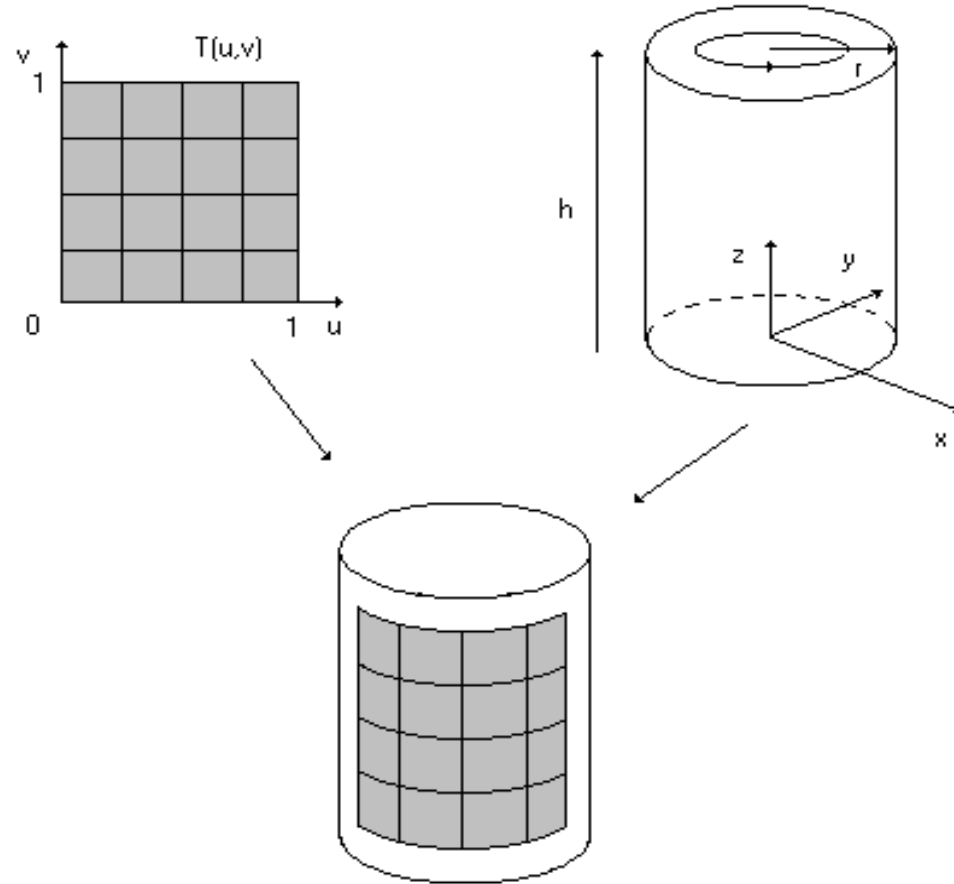


A: однозначное соответствие между текселями и пикселями
B: pixel 0:texel 0; pixel 1:texel 2; pixel 2:texel 4...

Параметрическое представление

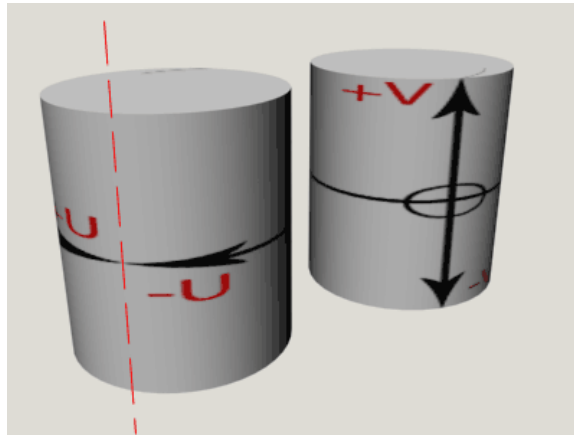


Цилиндрическая поверхность



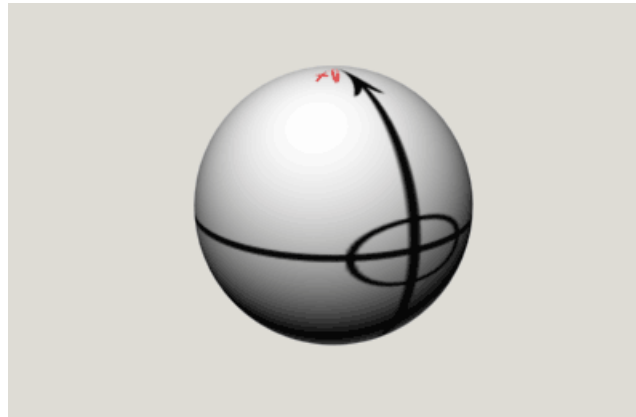
Цилиндрическая поверхность

$$\begin{cases} x = \rho \cos \varphi \\ y = \rho \sin \varphi \\ z = h \end{cases}, \quad \varphi \in [0, 2\pi)$$



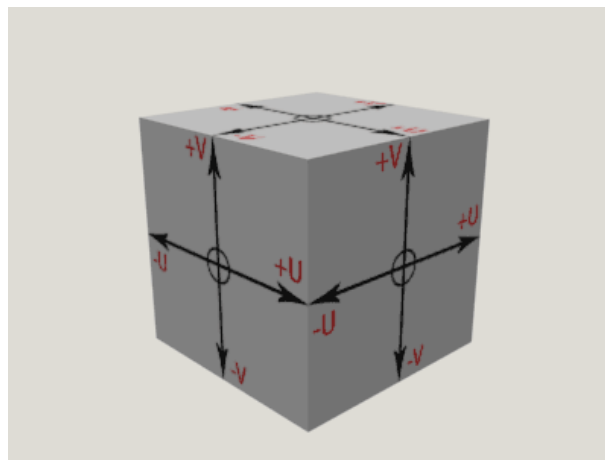
Сфера

$$\begin{cases} x = \rho \cos \varphi \cos \theta \\ y = \rho \cos \varphi \sin \theta \\ z = \rho \sin \varphi \end{cases}, \quad \varphi \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right], \theta \in [0, 2\pi)$$

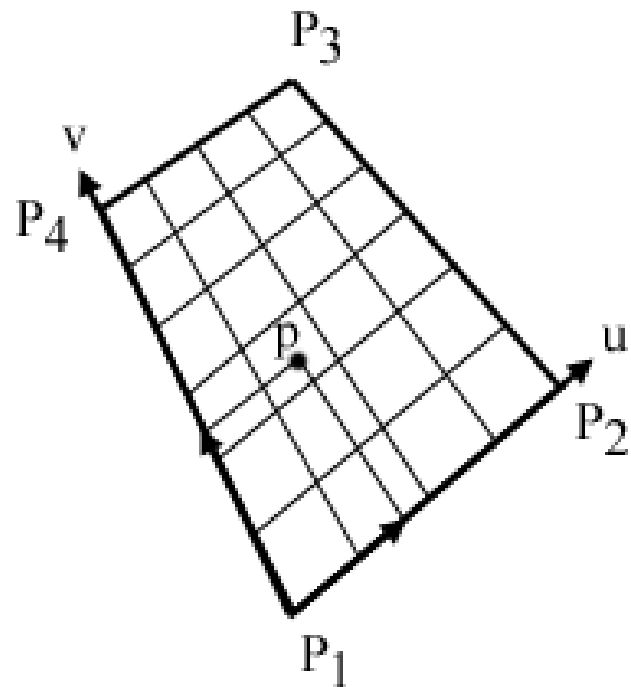


Куб - грань

$$\rho = a + ue_1 + ve_2$$



Текстурирование граней

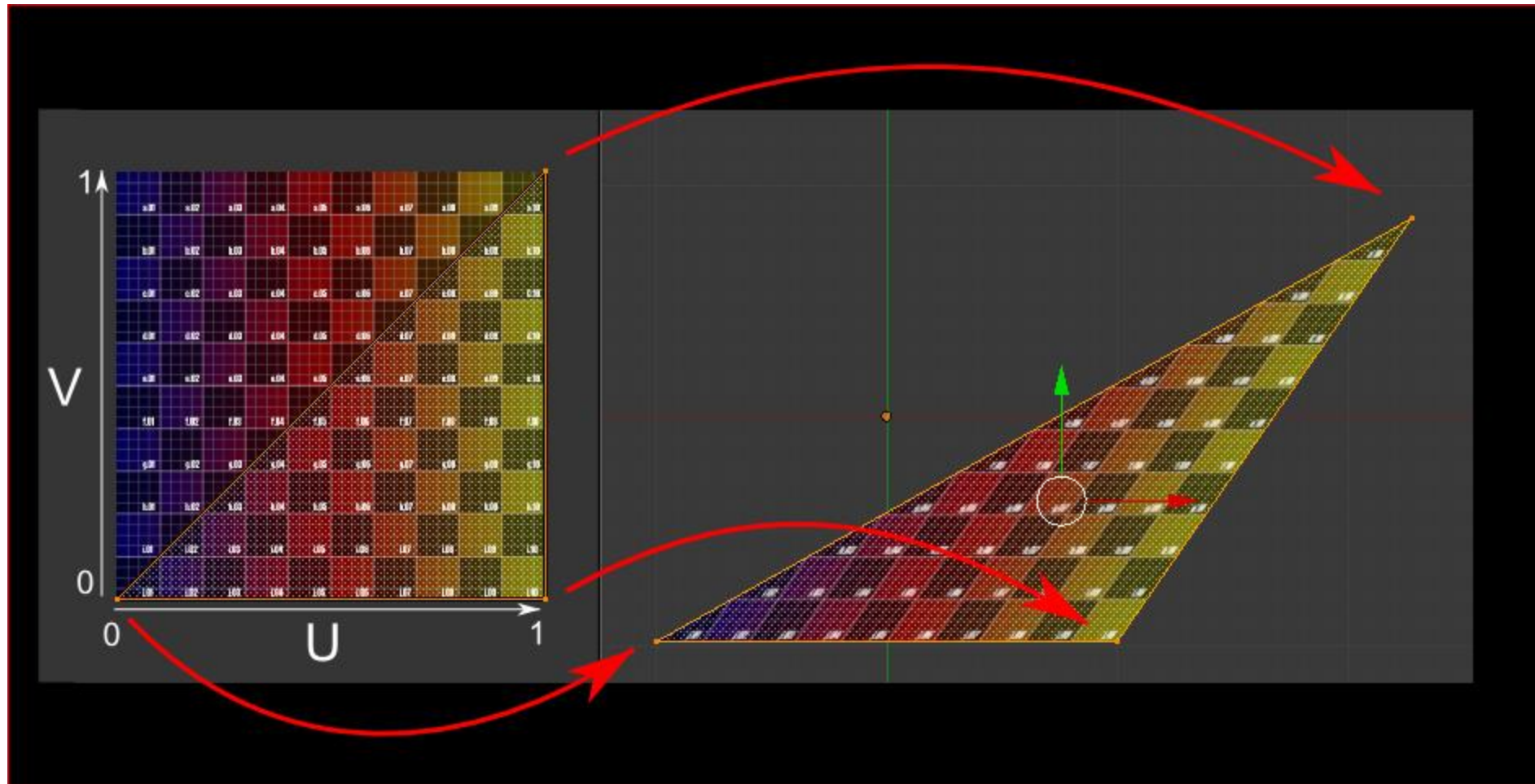


$$\begin{aligned}a &= P_1; \\e_1 &= P_2 - P_1; \\e_2 &= P_4 - P_1;\end{aligned}$$

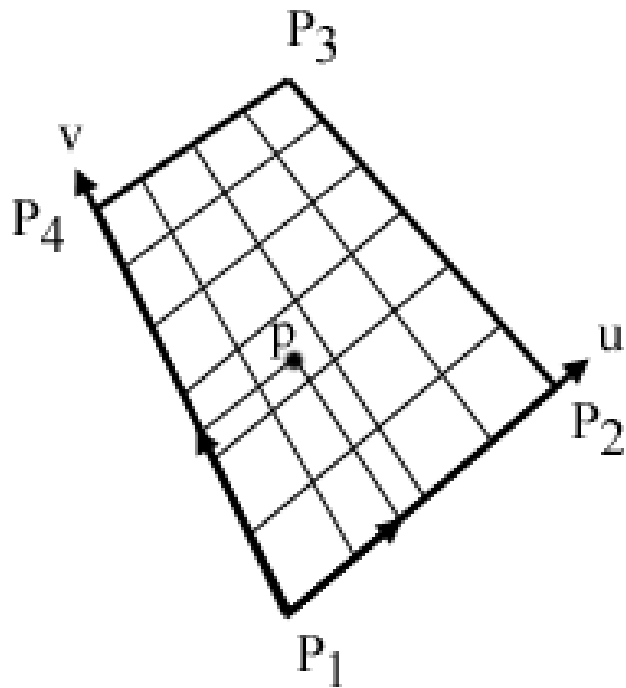
$$n = [e_1, e_2]$$

$$p = a + ue_1 + ve_2$$

UV-координаты



Текстурирование граней при перспективной проекции



$$X = x / z, Y = y / z$$

$$p = a + ue_1 + ve_2$$

$$X = \frac{a_x + ue_{1_x} + ve_{2_x}}{a_z + ue_{1_z} + ve_{2_z}}$$

$$Y = \frac{a_y + ue_{1_y} + ve_{2_y}}{a_z + ue_{1_z} + ve_{2_z}}$$

$$\begin{cases} u(Xe_{1_z} - e_{1_x}) + v(Xe_{2_z} - e_{2_x}) = a_x - a_z X \\ u(Ye_{1_z} - e_{1_y}) + v(Ye_{2_z} - e_{2_y}) = a_y - a_z Y \end{cases}$$

Решение системы - Правило Крамера

$$\begin{cases} u(Xe_{1_z} - e_{1_x}) + v(Xe_{2_z} - e_{2_x}) = a_x - a_z X \\ u(Ye_{1_z} - e_{1_y}) + v(Ye_{2_z} - e_{2_y}) = a_y - a_z Y \end{cases}$$

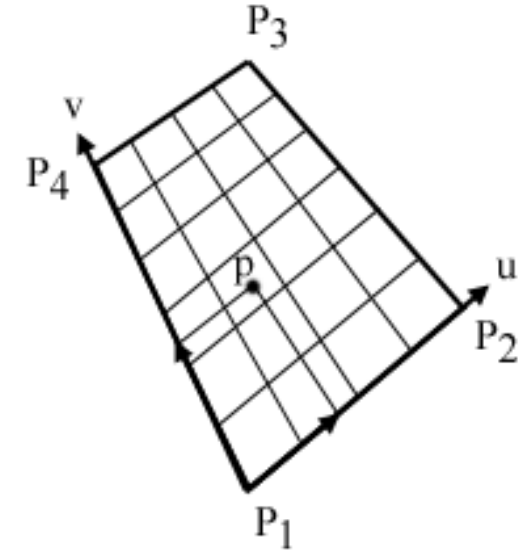
$$u = \frac{\Delta u}{\Delta}, \quad v = \frac{\Delta v}{\Delta}$$

$$\Delta = Xn_x + Yn_y + n_z$$

$$\Delta u = Xm_x + Ym_y + m_z$$

$$\Delta v = Xl_x + Yl_y + l_z$$

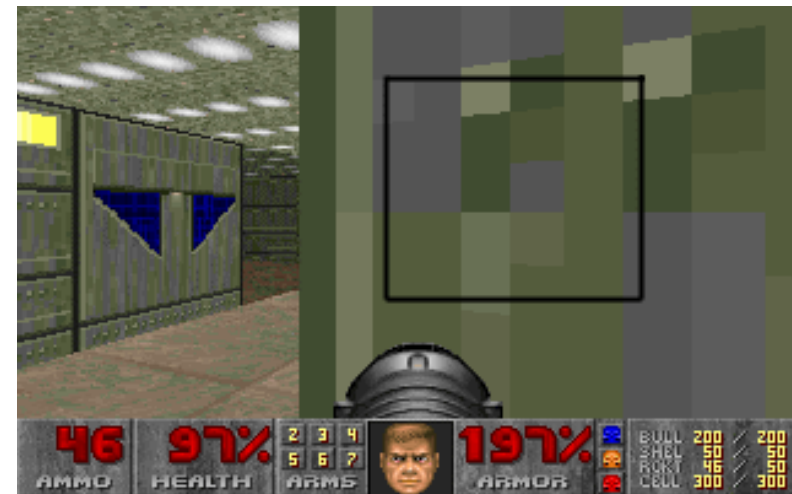
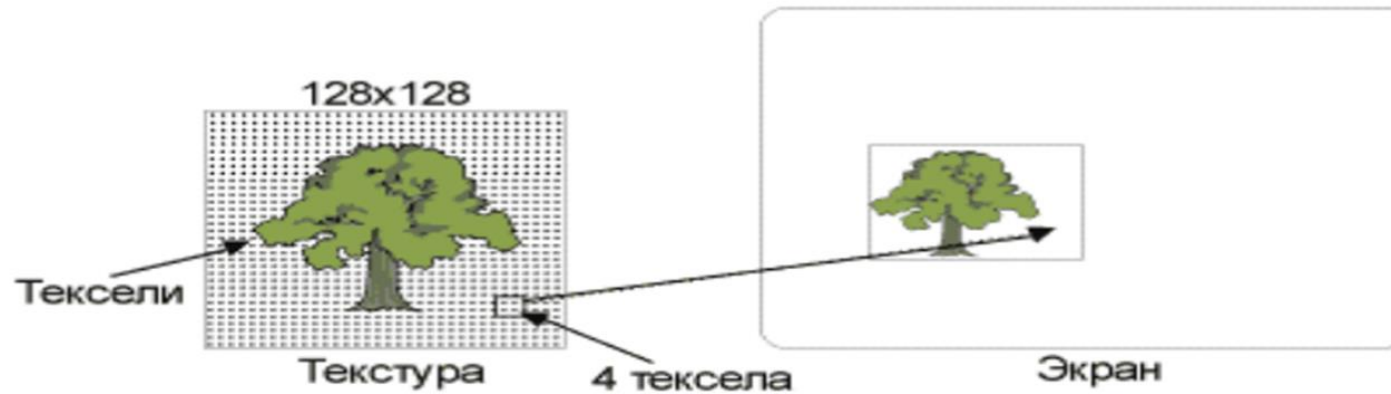
$$\begin{aligned} n &= [e_1, e_2], \\ m &= [e_2, a], \\ l &= [a, e_1] \end{aligned}$$



$$\begin{pmatrix} \Delta u \\ \Delta v \\ \Delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_x & m_y & m_z \\ l_x & l_y & l_z \\ n_x & n_y & n_z \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{pmatrix}$$

Масштабирование: прямая и обратная проблемы

- несколько текселей в один пиксель
- одному текселю соответствует несколько пикселей экрана



Сэмплинг и его артефакты

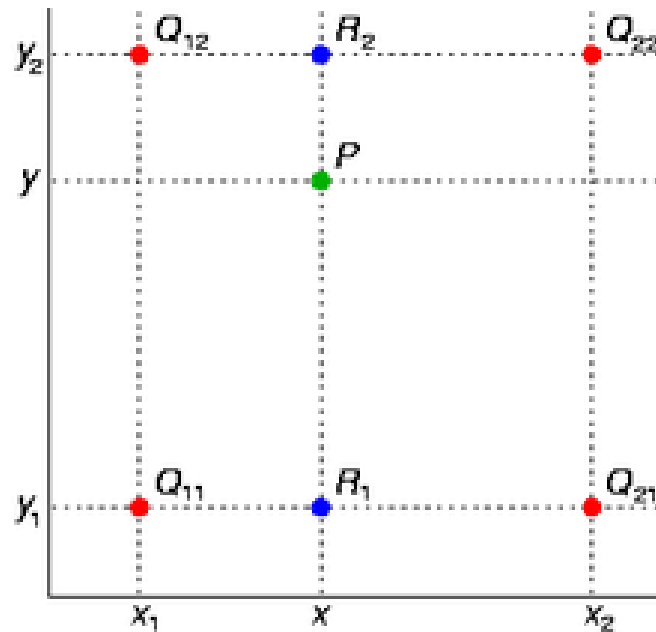


Приближение

Пикселизация



Устранение этого недостатка - билинейная интерполяция

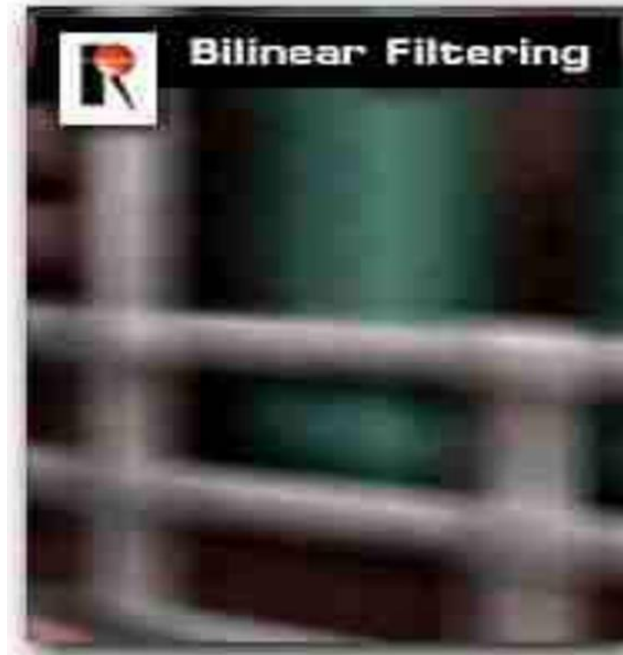
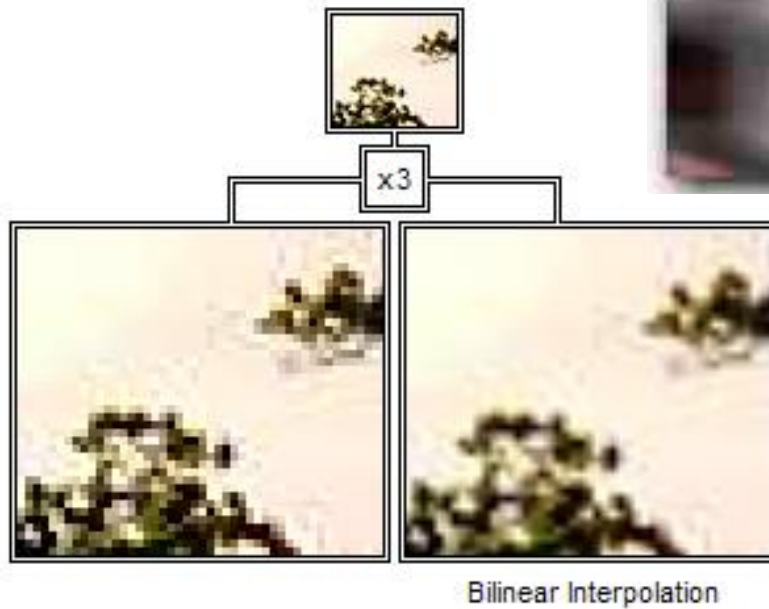
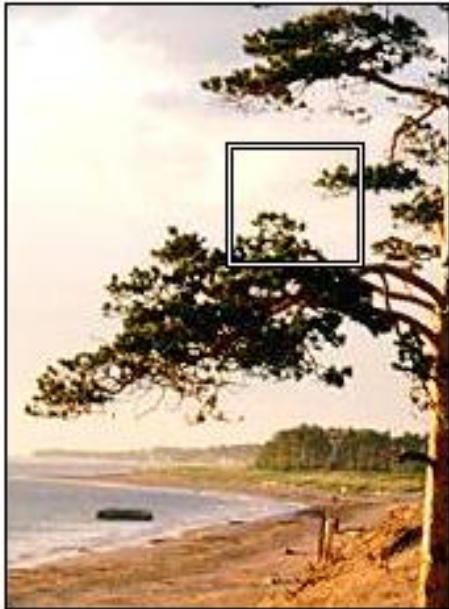


Четыре красные точки представляют собой известные значения функции.

Значение в зеленой точке должно быть интерполировано.

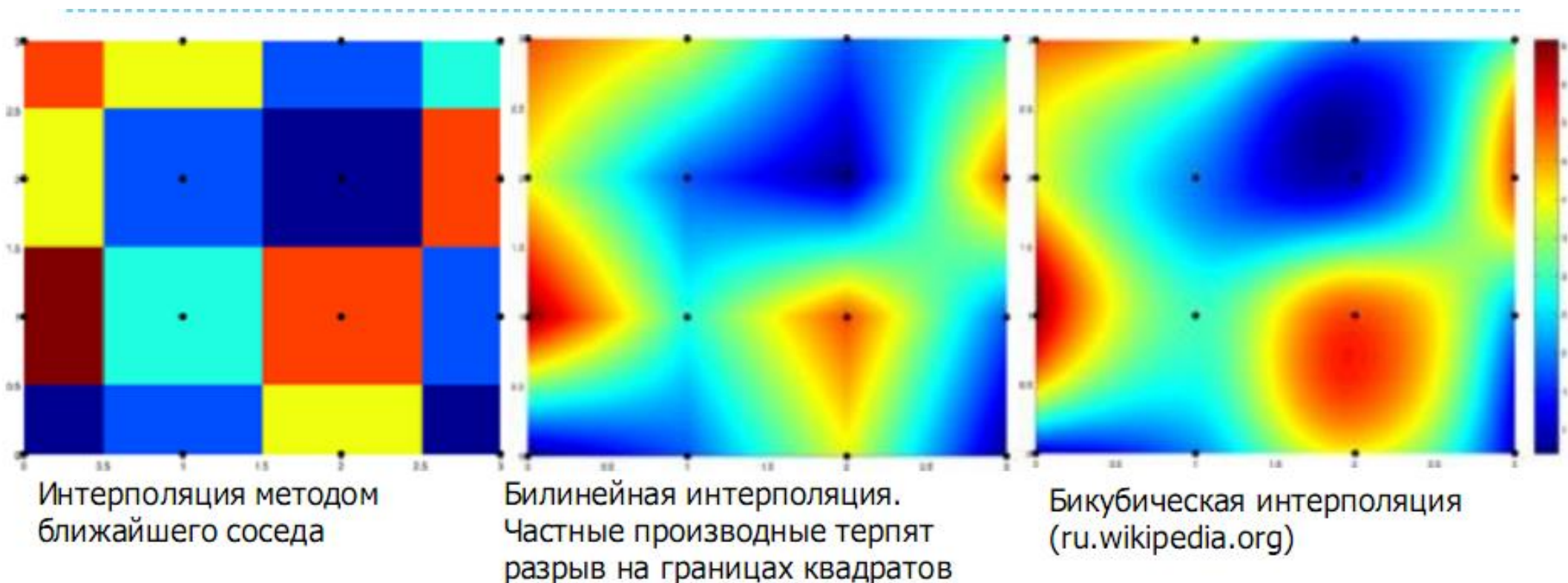
Пример увеличения части изображения

простым масштабированием

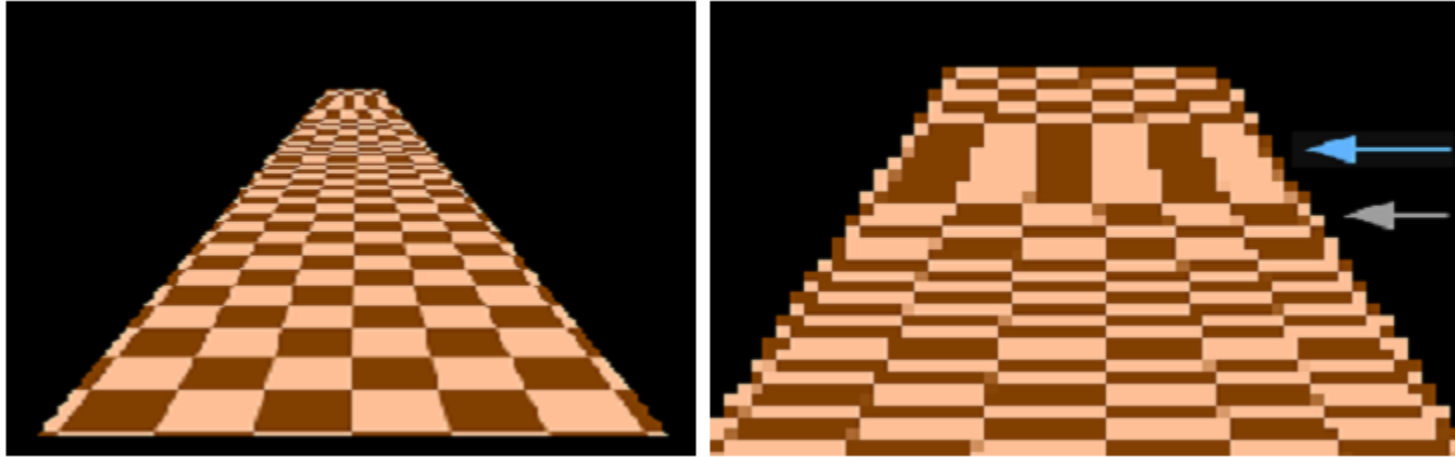


с применением билинейной интерполяции

Интерполяция



Артефакты depth aliasing



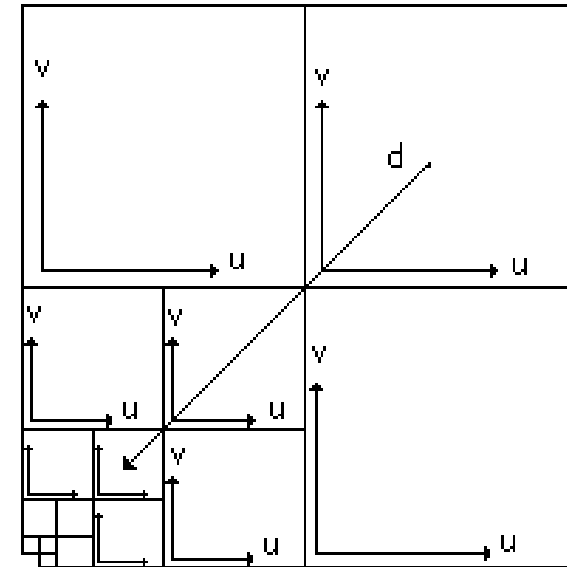
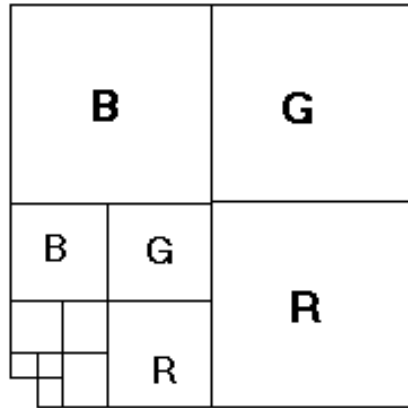
"depth aliasing" (ошибки глубины сцены или Z-aliasing), от которых билинейная фильтрация не избавляет и не может избавить (например, несколько квадратов сливаются в один).

Артефакты depth aliasing и перспективная коррекция



Перспективная коррекция – ресурсоемкая процедура (одна операция деления на каждый пиксел), поэтому 3D-ускорители реализуют ее аппаратно.

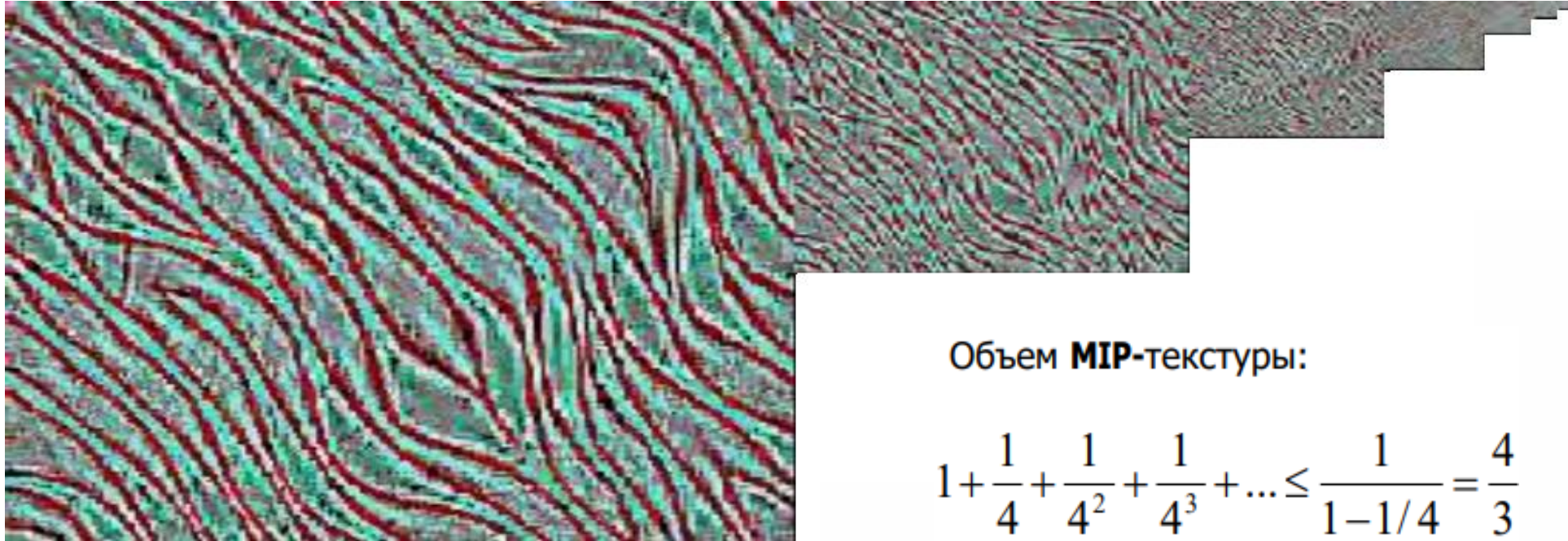
Пирамидальное фильтрование — Mip-mapping (лат. multum in parvo — много в малом)



Доступ к пирамиде осуществляется с помощью трех координат:

u , v , d , где u и v – координаты текстуры, а d (compression) – мера компрессии текстуры, и может быть рассмотрена как вертикальная координата пирамиды.

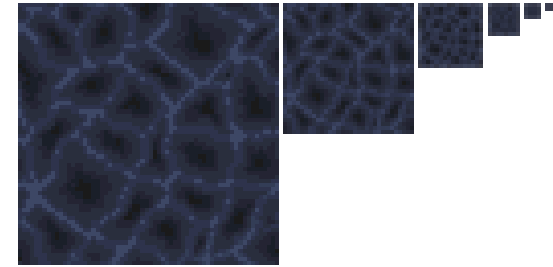
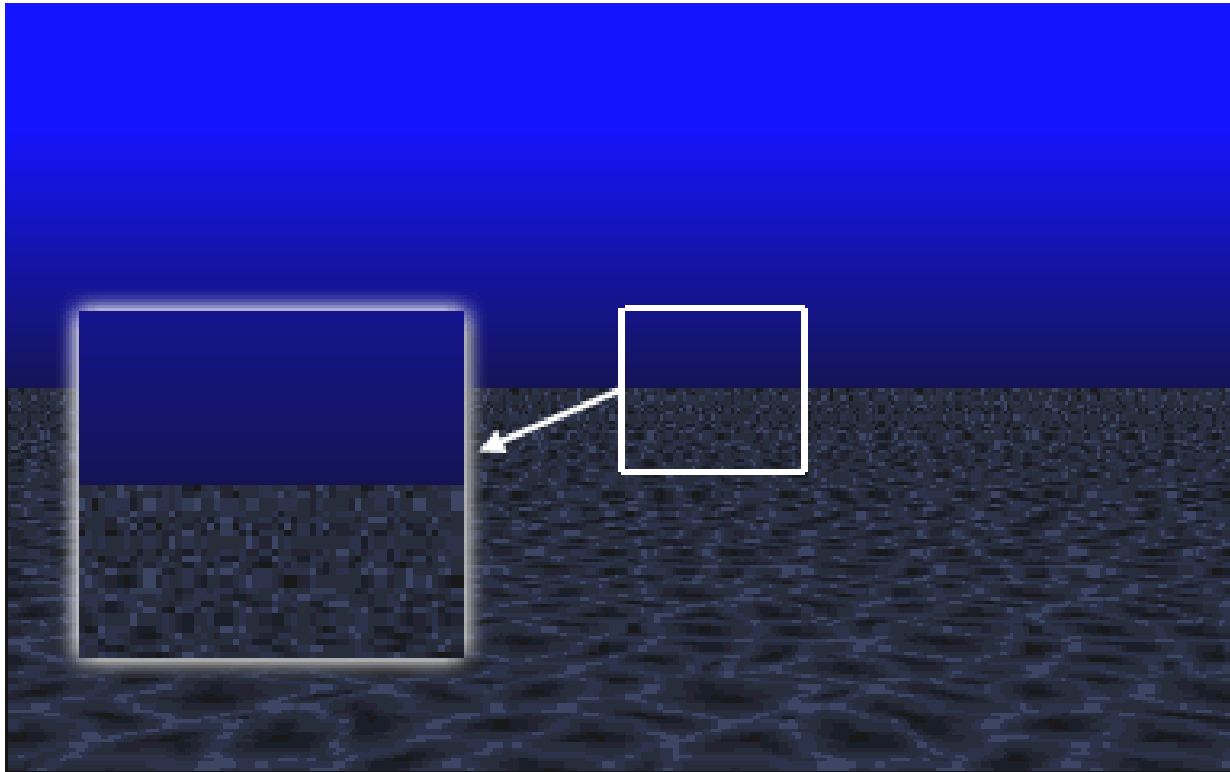
Объём MIP-текстуры



Объём **MIP**-текстуры:

$$1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{4^2} + \frac{1}{4^3} + \dots \leq \frac{1}{1-1/4} = \frac{4}{3}$$

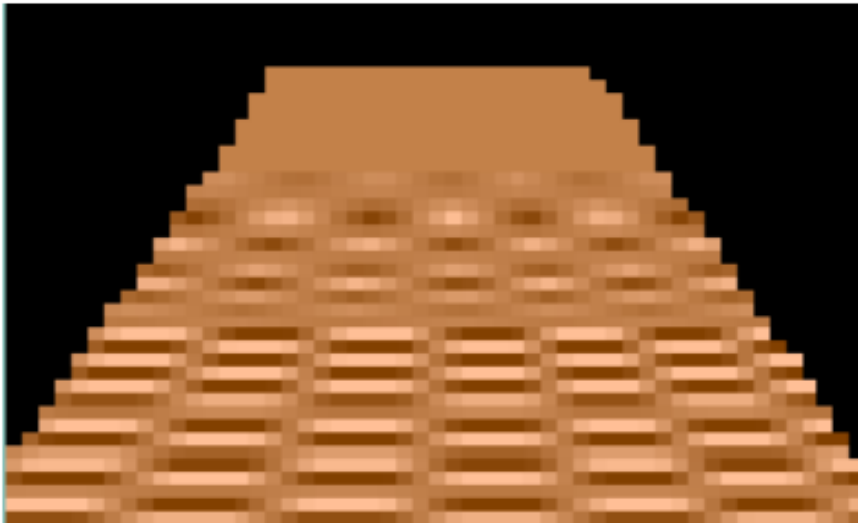
Mip-mapping и уровни детализации (LOD)



Степень или уровень детализации - Level of Detail (LOD), используются для определения, какой mip-map уровень (степень детализации) следует выбрать для наложения текстуры на объект.

Per-polygon mip-mapping

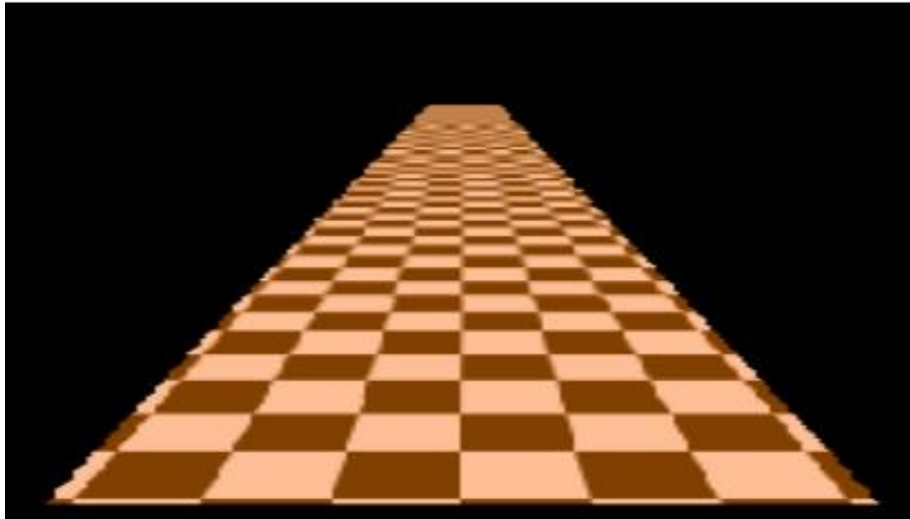
mip-текстурирование по каждому полигону



LOD вычисляется лишь раз для всего треугольника, следствием использования этого значения для всех пикселей треугольника становится эффект растрескивания, когда некоторые треугольники, из которых состоит анимированный объект, вдруг внезапно становятся чрезмерно размытыми или с неровностями.

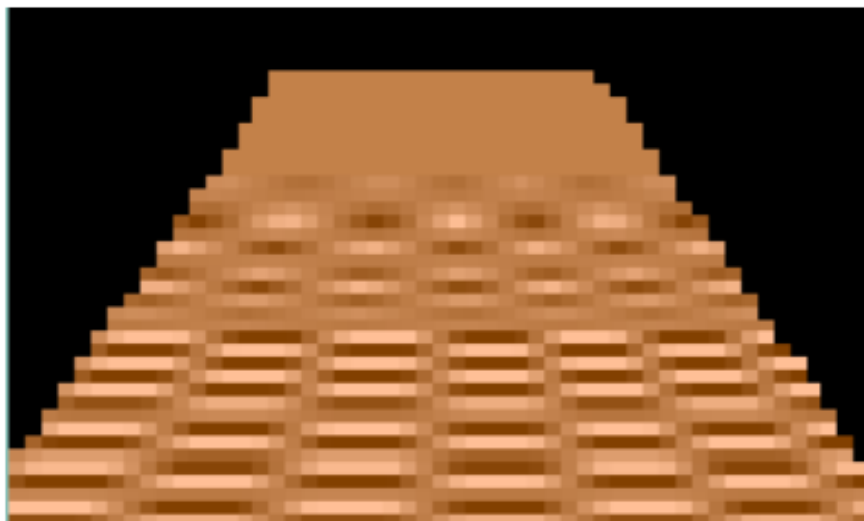
Per-pixel mip-mapping

Попиксельное мip-текстурирование

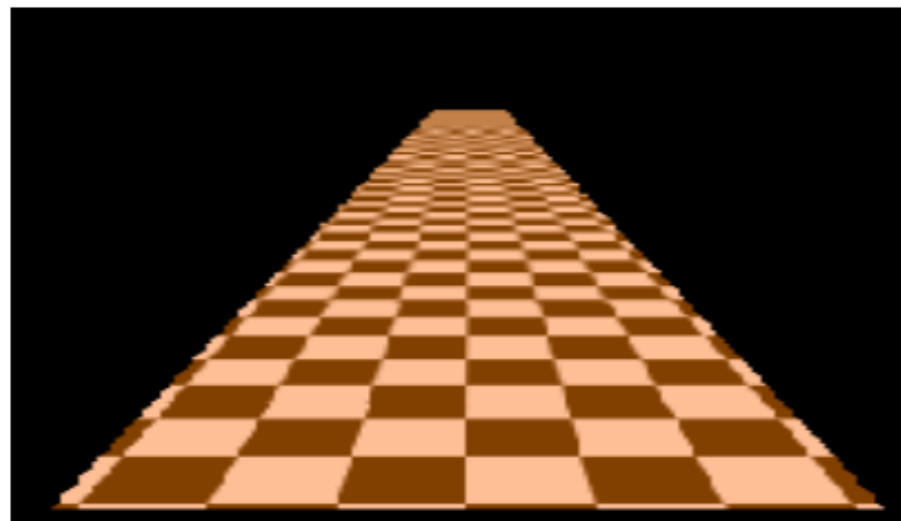


Значение LOD вычисляется для каждого пиксела. В результате предотвращается появление ошибок визуализации и излишней размытости.

MIP-mapping и уровни детализации (LOD)

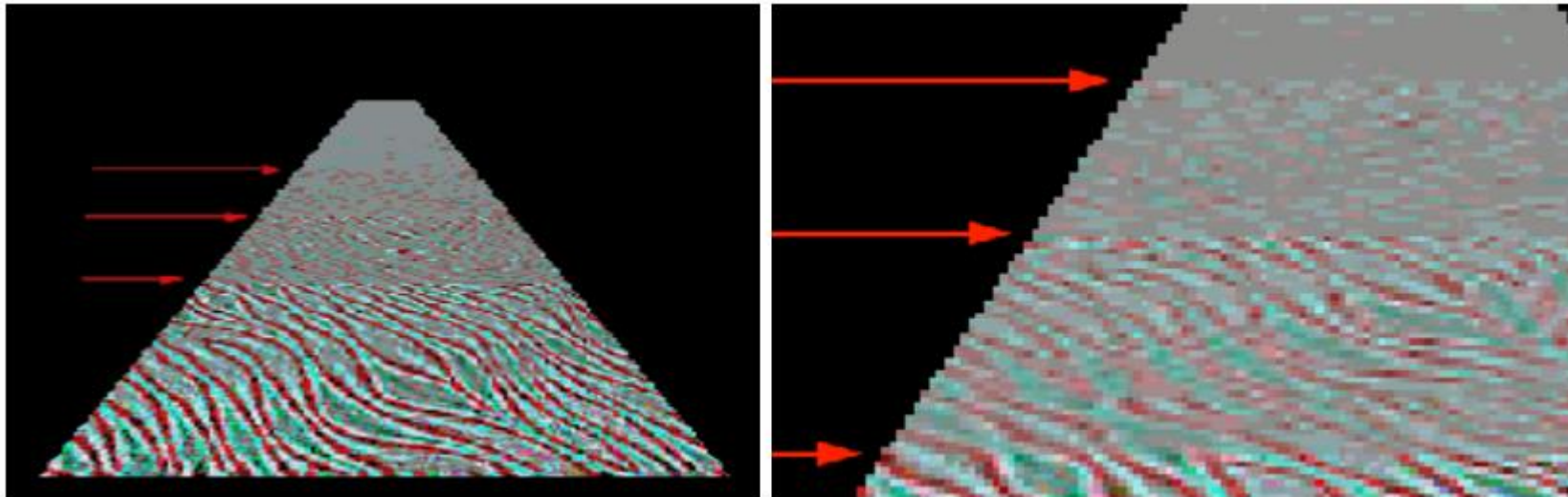


Per-polygon mip-mapping



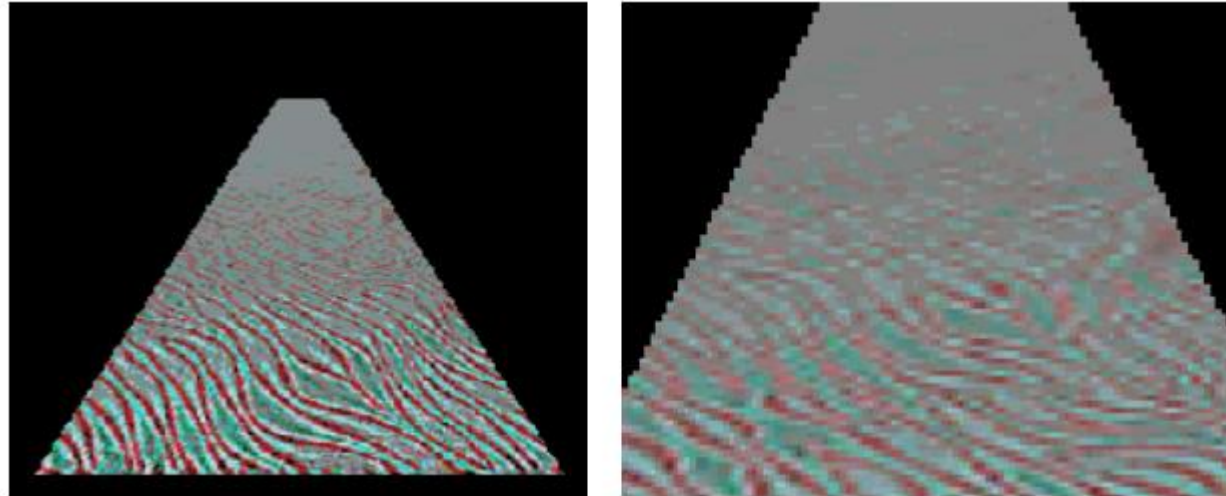
Per-pixel mip-mapping

MIP-текстурирование и mip-banding (полосатость)



В переходном состоянии от одного mip-тар уровня к другому, появляется особый тип ошибок визуализации, известных под названием "mip-banding" (мип-бендинг) – полосатость или слоёность, т.е. явно различимые границы перехода от одного mip-тар уровня к другому

MIP-banding и трилинейная фильтрация



При трилинейной фильтрации берется блок из четырех текстур и находится интерполированное значение цвета, как при билинейной, затем берется такой же четырехтексельный блок из соседнего mipmap уровня и так же усредняется. И после всего этого находится среднее значение между двумя полученными, которое и будет цветом обрабатываемого пикселя.

Анизотропная фильтрация (Anisotropic filtering)



из-за проекционных искажений необходимо использовать анизотропный тип фильтрации

Анизотропная фильтрация обычно оперирует с не менее чем 8 текселями, для получения одного пиксела обрабатывает до 32 текселов

Антиалиасинг: краевой и полный

Алиасинг – результат преобразования непрерывного изображения в дискретное.

Алиасинг ухудшает качество изображения, вызывая разнообразные артефакты: такие, как лестничный эффект.

Антиалиасинг – процедура сглаживания может помочь улучшить (или, как минимум, не ухудшить) качество графического изображения.

По предназначению антиалиасинг делится на краевой и полный.

Сглаживание (anti-aliasing). Краевой антиалиасинг



Краевой антиалиасинг (КАА) – механизм борьбы с лестничным эффектом. КАА сглаживает края полигонов и диагональные линии.

Для реализации краевого антиалиасинга чаще всего используют технику усреднения по площади (area averaging).

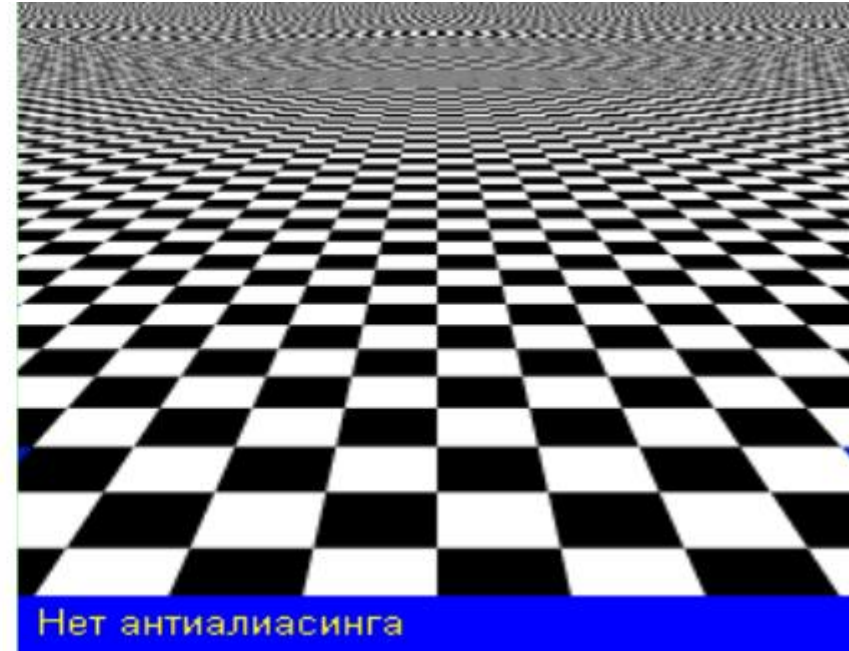
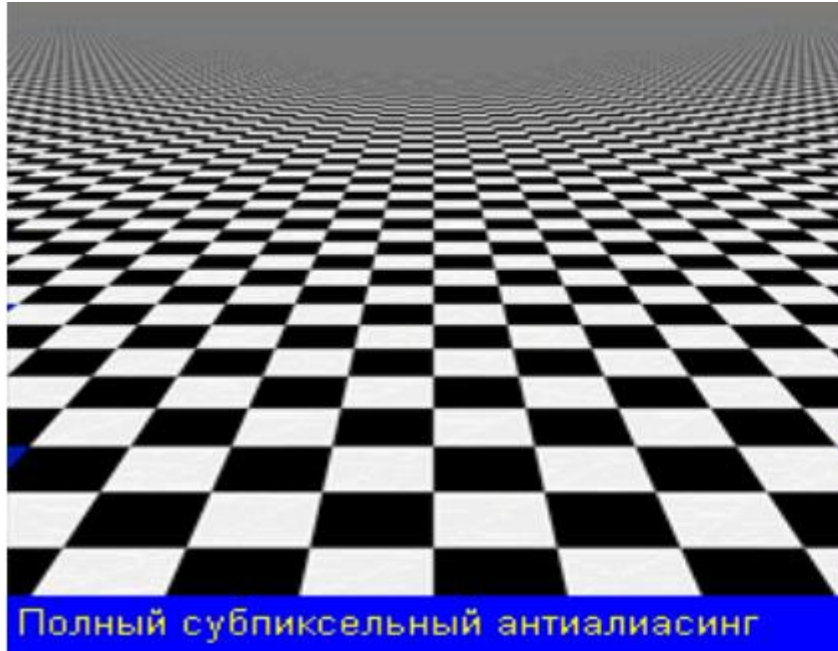
Anti-aliasing. Полный антиалиасинг

Полный антиалиасинг, в отличие от краевого, направлен на полную нейтрализацию алиасинга, в том числе bleeding-а (просачивания цветов фона).

Представителем полного антиалиасинга является субпиксельный антиалиасинг, который реализован в 3D-ускорителях.

Субпиксельный антиалиасинг базируется на технике суперсэмплинга.

Суперсэмплинг



Суперсэмплинг означает, что вся сцена рендерится в каком-то большом виртуальном разрешении, а затем сжимается до фактического разрешения.

В общем случае виртуальное и фактическое разрешения могут быть некратными.