

Инженерная и компьютерная графика 6 семестр (диф.зачет)

Лектор:

Таранцев Игорь Геннадьевич

Доцент ФИТ НГУ, ИАиЭ, «СофтЛаб-НСК»

Создатели курса:

Дебелов Виктор Алексеевич

Валеев Тагир Фаридович

Козлов Дмитрий Сергеевич

Лекция №6

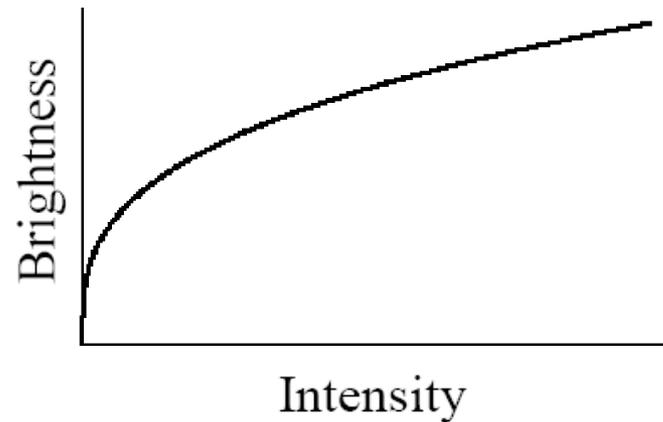
Гамма, пиксельные операции,
композиция изображений, алиасинг

Восприятие интенсивности

Steven's law:

Sensation (S) vs. Intensity (I)

$$S = I^p$$



Experimental Results

Sense	Experiment
Brightness	0.33
Smell	0.55
Loudness	0.60
Taste	0.80
Length	1.00
Heaviness	1.45

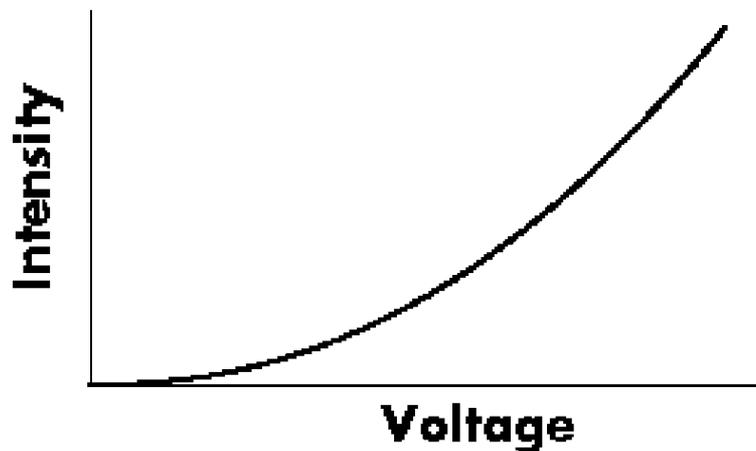
Stevens $B = \sqrt[3]{I}$

Weber $JND = \frac{\Delta I}{I} \approx 0.01$

Fechner $B = k \log I$

Гамма монитора

Ахроматический цвет (черно-белый, серый). *Яркость* – это воспринимаемая характеристика, а *интенсивность* – это энергетическая характеристика. Иногда их следует различать. Измеряем их от 0 (черный) до 1 (белый).



$$I = g \cdot (V - V_b)^{\gamma}$$

Monitor
 $\gamma=2.5$

Two knobs

Black Level (Brightness): V_b

Picture (Contrast): g

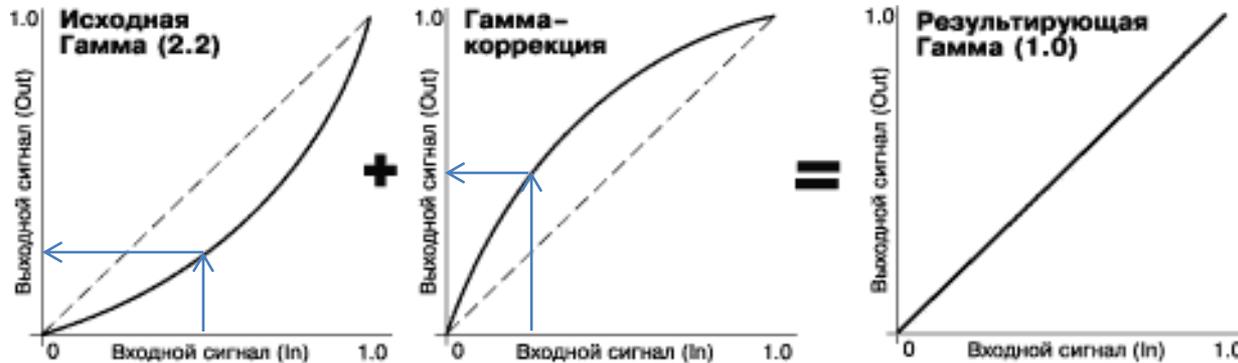
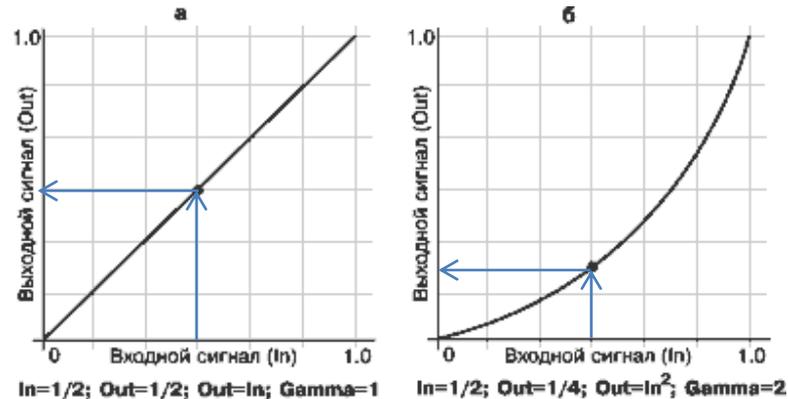
Adjustments

1st adjust to full black

Picture 0, adjust black-level

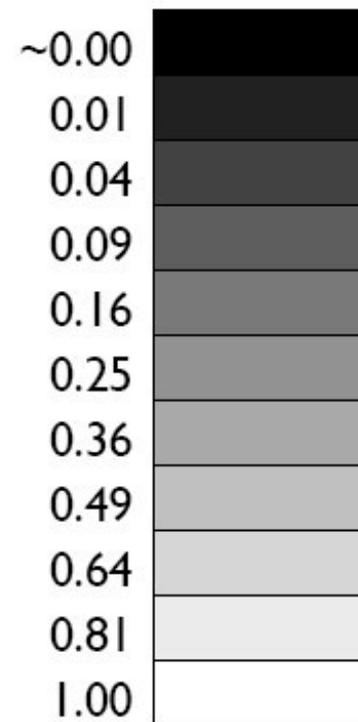
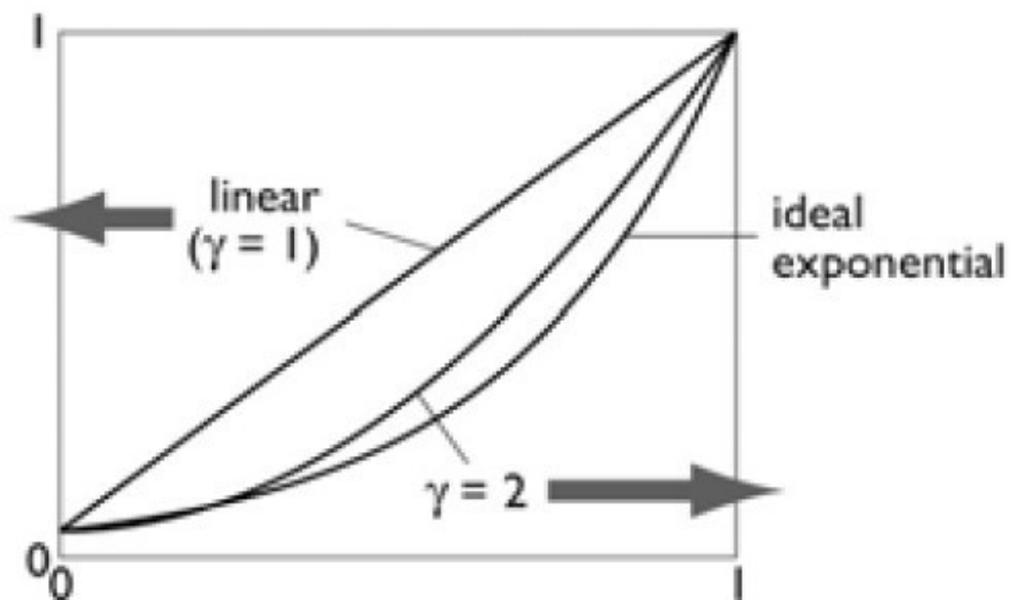
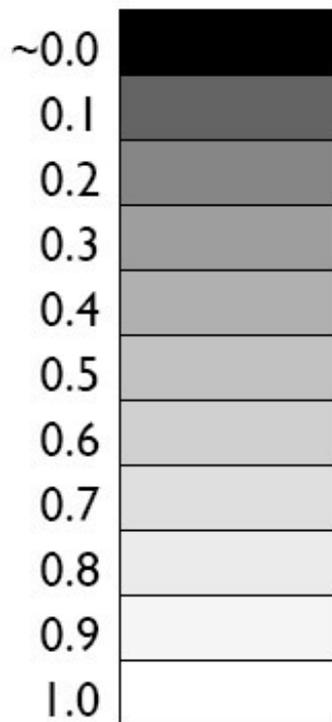
2nd adjust brightness

Линейное и нелинейное устройства

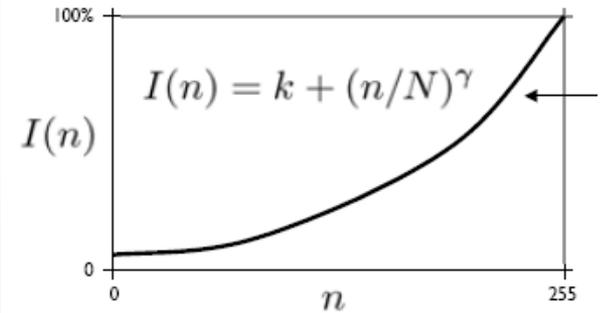


(Александр Амангельдыев. Требования к мониторам для издательских систем, <http://www.kursiv.ru/kursiv/archive/01/monitors.html>)

Гамма-коррекция



Гамма-коррекция



Неверная коррекция



Гамма 0.6



Гамма 3.0

Попиксельные операции

Идентичное: $f(v) = v$

Негатив: $f(v) = 1 - v$

Гамма коррекция: $f(v) = v^p$; $p > 1$ — темнее, $0 < p < 1$ — светлее

Операция насыщения: $sat(v) = \begin{cases} 1, v \geq 1 \\ v, 0 < v < 1 \\ 0, v < 0 \end{cases}$

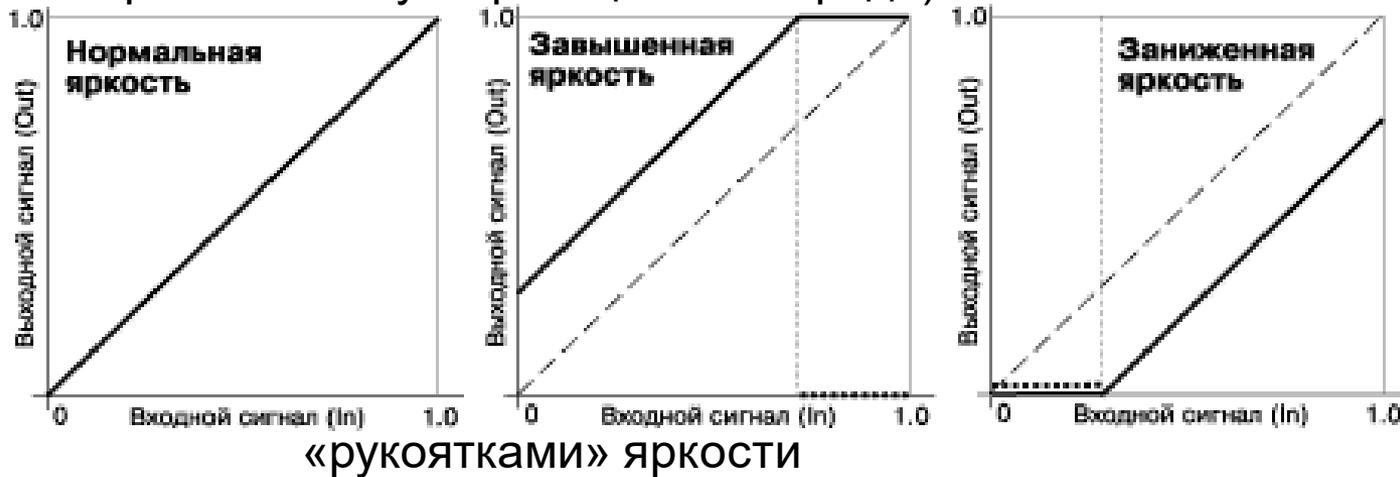
Яркость: $f(v) = sat(v + p)$; $p > 0$ — светлее, $p < 0$ — темнее

Контраст: $f(v) = sat(p \cdot (v - 0.5) + 0.5)$; $p > 1$ — контрастнее, $0 < p < 1$ — наоборот

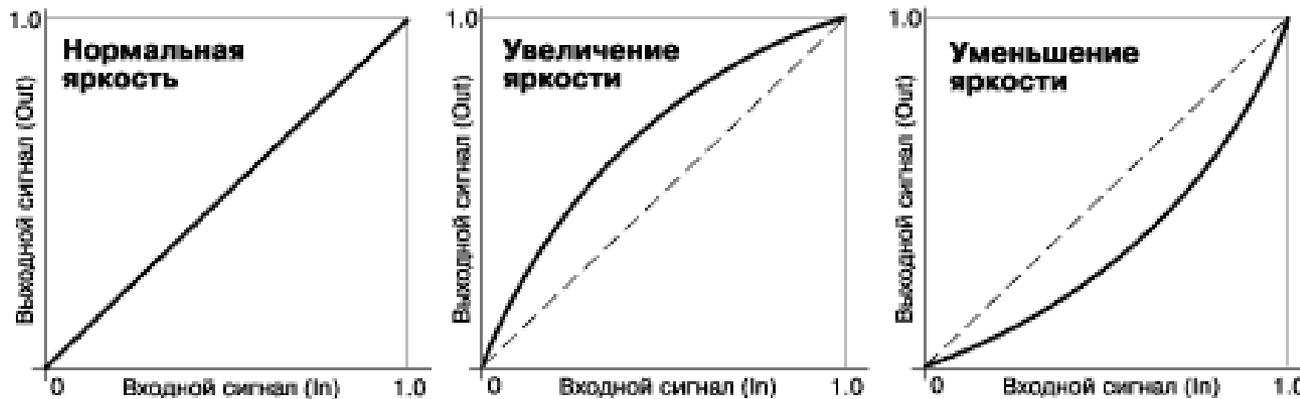
Насыщенность, коррекция оттенка, цветовой баланс, чёрно-белое, замена цветов, миксер каналов и т. д.

Яркость

Под *яркостью* понимают величину общей эмиссии ЭЛТ, возникающей за счет увеличения общей величины управляющего воздействия (например, напряжения на ускоряющем электроде).



$$I_b = g(V - A) \cdot g = I$$

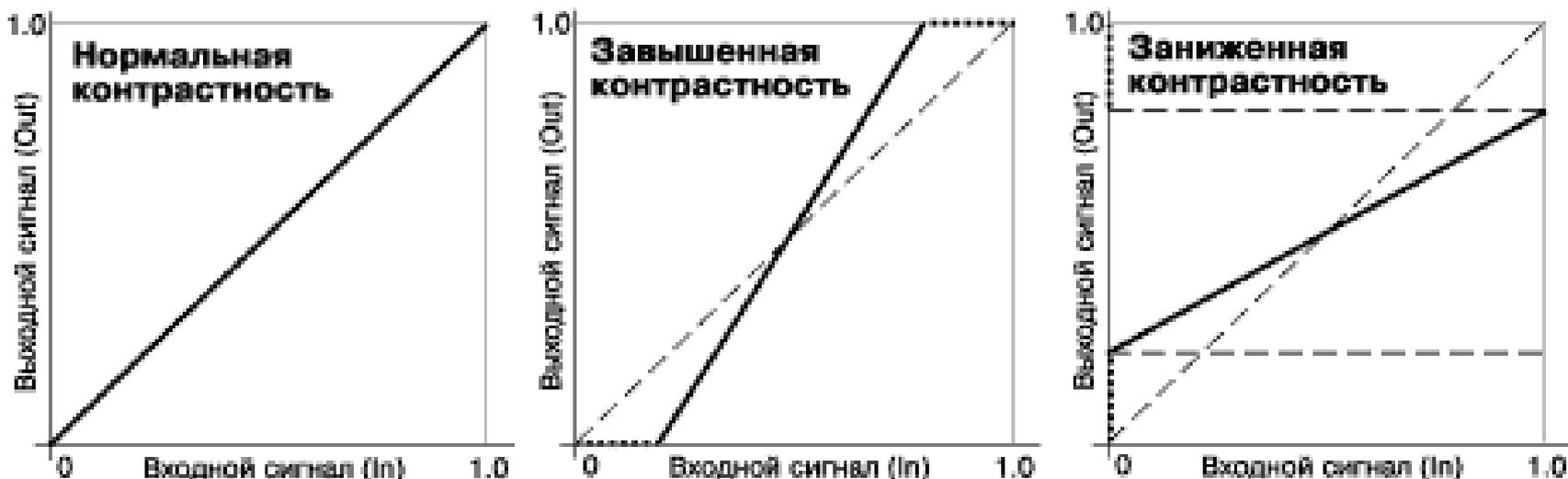


За счет гаммы

- Brightness (V_b)
- Contrast (g)

Контраст

Контрастность — это условная величина, обозначающая разницу между самым светлым и самым темным участком, т.е. обозначающая как бы число воспроизводимых полутонов. Для более точного понимания, в чем разница между яркостью и контрастностью, можно сказать, что яркость — это характеристика конкретного пикселя экрана, а контраст — это разница между самым ярким и самым темным пикселями.



«рукоятками» контраста

Теперь можно (или, скорее, трудно) представить, что получится если все применят: яркость, контраст, гамму

16 бит

Насыщенность

$$Y = K_R \cdot R' + (1 - K_R - K_B) \cdot G' + K_B \cdot B' \quad Y \in (0, 1)$$
$$P_B = 1/2 \cdot (B' - Y') / (1 - K_B) \quad P_B \in (-0.5, 0.5)$$
$$P_R = 1/2 \cdot (R' - Y') / (1 - K_R) \quad P_R \in (-0.5, 0.5)$$

$$K_B = 0.114 \quad K_R = 0.299 \text{ (обычное ТВ)}$$

$$K_B = 0.0722 \quad K_R = 0.2126 \text{ (ТВЧ)}$$

Яркость: $f(v) = sat(v + p)$; $p > 0$ — светлее, $p < 0$ — темнее

Контраст: $f(v) = sat(p \cdot (v - 0.5) + 0.5)$; $p > 1$ — контрастнее, $0 < p < 1$ — наоборот

Насыщенность: $f(v) = sat'(p \cdot v)$; $p > 1$ — цвет насыщеннее, $0 < p < 1$ — наоборот

Увеличение резкости



$$\begin{bmatrix} & -1 & \\ -1 & 5 & -1 \\ & -1 & \end{bmatrix}$$

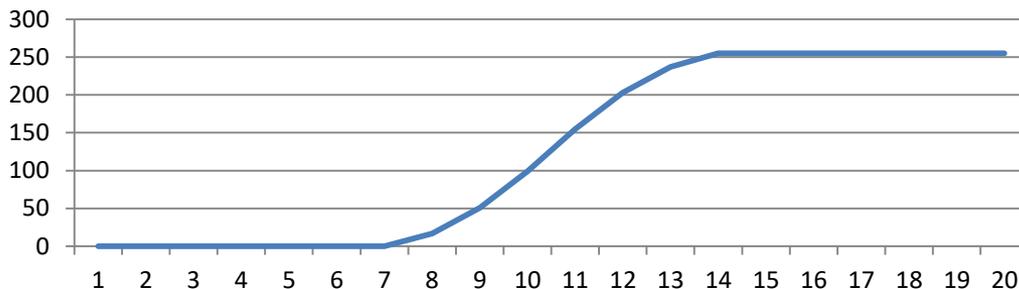
17.10.2000

Компьютерная графика. Лекция

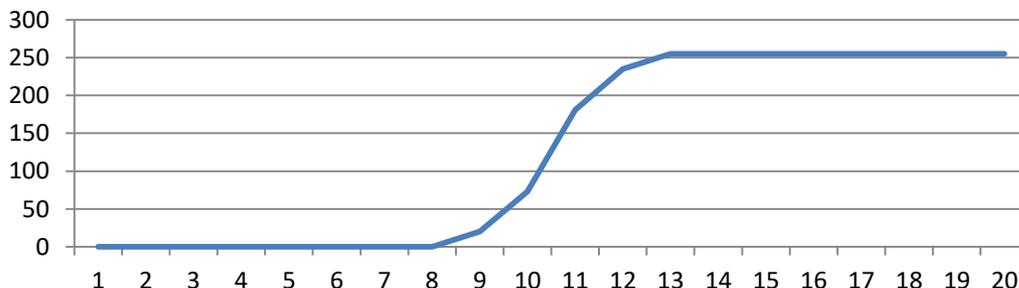
3

27

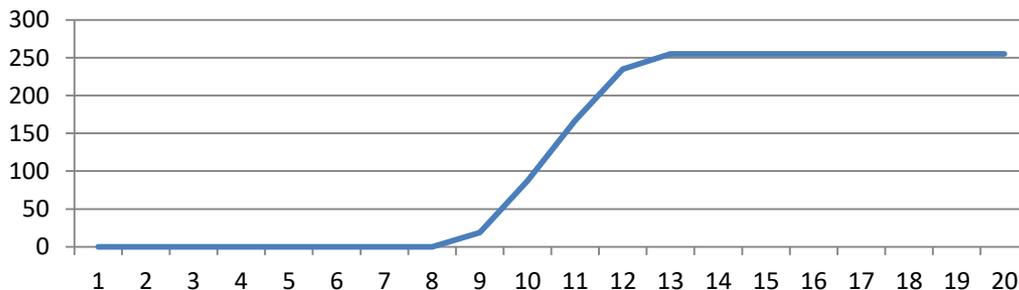
Сравнение разных операций



Размытый переход (исходное изображение)

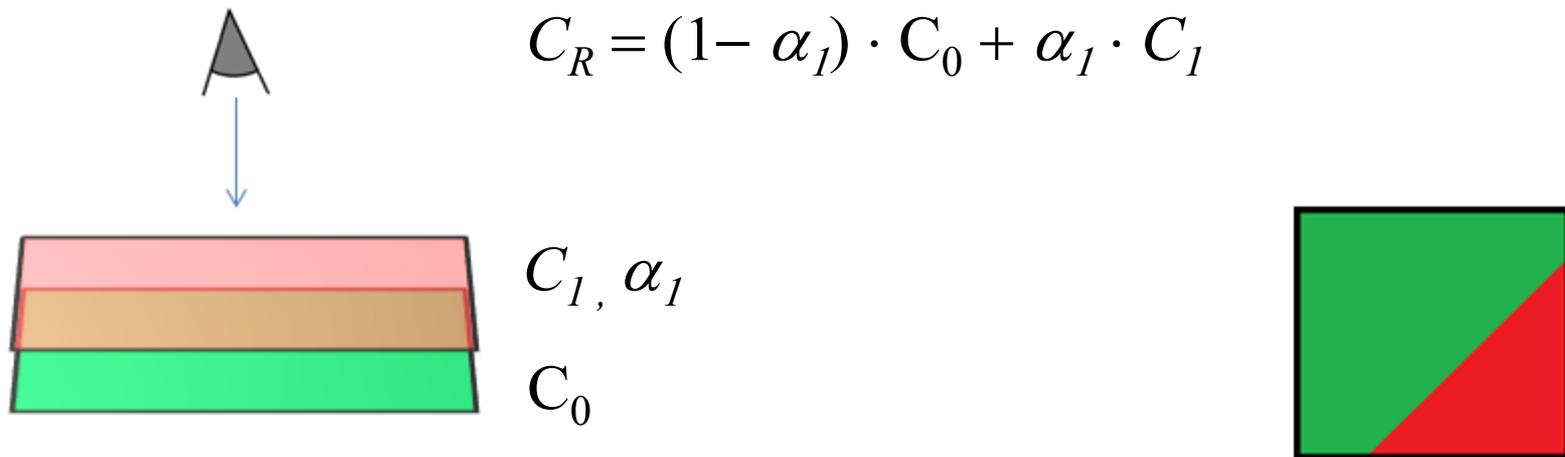


После двукратного применения фильтра увеличения резкости



После увеличения контраста на 30%

Линейное микширование ЦВЕТОВ



Альфа – это непрозрачность:

1 – полностью непрозрачен

0 – полностью прозрачен

Линейная интерполяция

Композиция изображений альфа-канал

$$Out(x, y) = (1 - \alpha(x, y)) \cdot Back(x, y) + \alpha(x, y) \cdot Actor(x, y)$$

Альфа – это непрозрачность:

1 – полностью непрозрачен

0 – полностью прозрачен

Композиция производится над исходными цветами
(до применения гаммы)

Compositing example: film effects



[Titanic : Digital Domain; vfxhq.com]

Синяя/зеленая комната

Кейннг

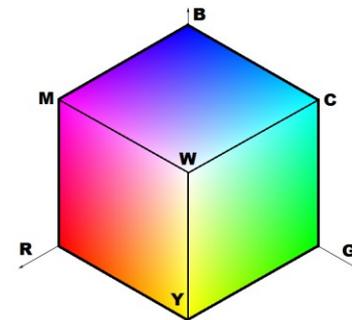
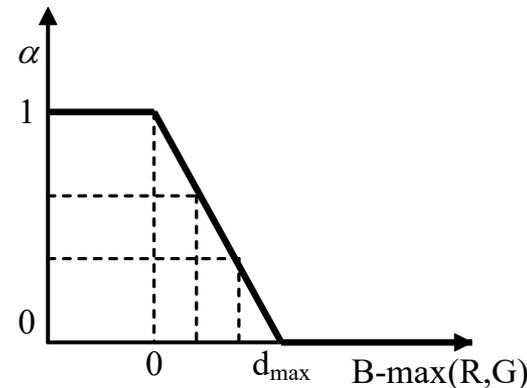
$$In(x, y) = (1 - \alpha(x, y)) \cdot \mathbf{Back}(x, y) + \alpha(x, y) \cdot \mathbf{Actor}(x, y)$$

$$Out(x, y) = (1 - \alpha(x, y)) \cdot \mathbf{Scene}(x, y) + \alpha(x, y) \cdot \mathbf{Actor}(x, y)$$

$$Out(x, y) = In(x, y) + (1 - \alpha(x, y)) \cdot (\mathbf{Scene}(x, y) - \mathbf{Back}(x, y))$$

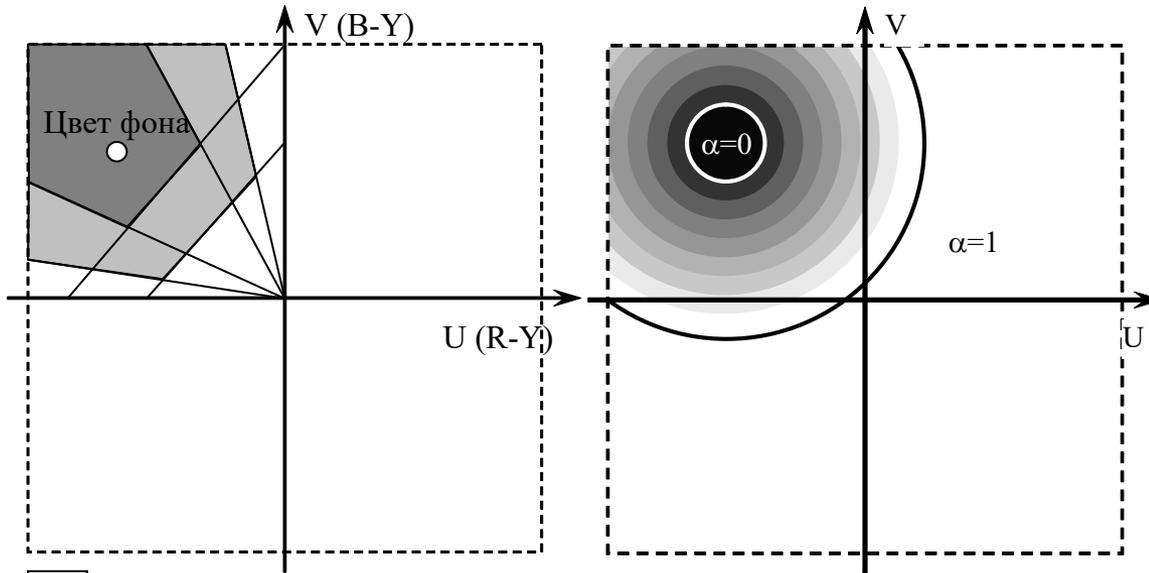
$$\alpha_{\text{blue}} = f(\text{Blue} - \max(\text{Red}, \text{Green}))$$

$$\alpha_{\text{green}} = f(\text{Green} - \max(\text{Red}, \text{Blue}))$$

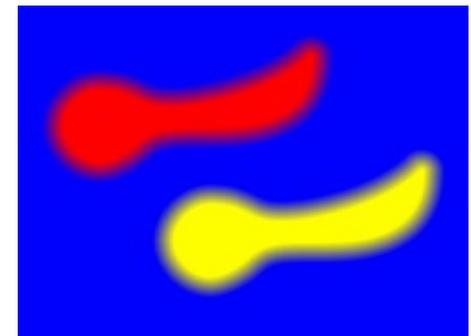
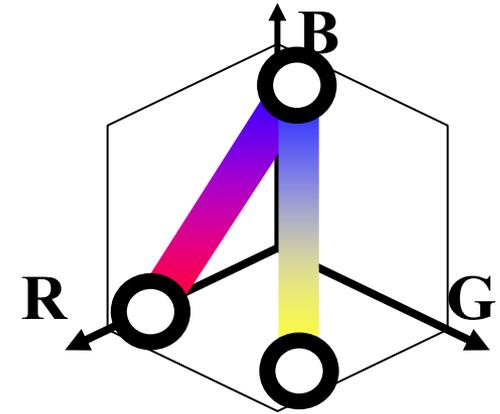


Ultimate

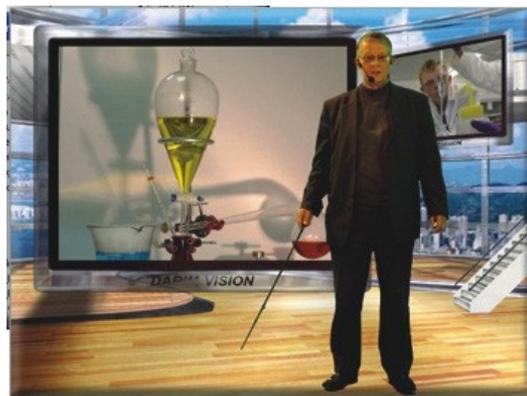
Кейинг



- Область цветов актера ($\alpha = 1$)
- ▒ Область цветов перехода актер – фон ($0 < \alpha < 1$)
- Область цветов фона ($\alpha = 0$)



Кейинг



Кейинг



Кейинг



Аффинные преобразования над ПО

$F_O[i, j]$ – исходное изображение

Аффинное преобразование **A** (поворот f и сдвиг s):

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_{11} & f_{12} \\ f_{21} & f_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} s_x \\ s_y \end{pmatrix}$$

$F_A[x, y]$ – результирующее изображение

$$F_A(x, y) = F_O(A^{-1}(x, y))$$

Аффинные преобразования над ПО

$F_O[i, j]$ – исходное изображение

Аффинное преобразование **A** (поворот f и сдвиг s):

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_{11} & f_{12} \\ f_{21} & f_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} s_x \\ s_y \end{pmatrix}$$

$F_A[x, y]$ – результирующее изображение

$$F_A(x, y) = F_O(A^{-1}(x, y))$$

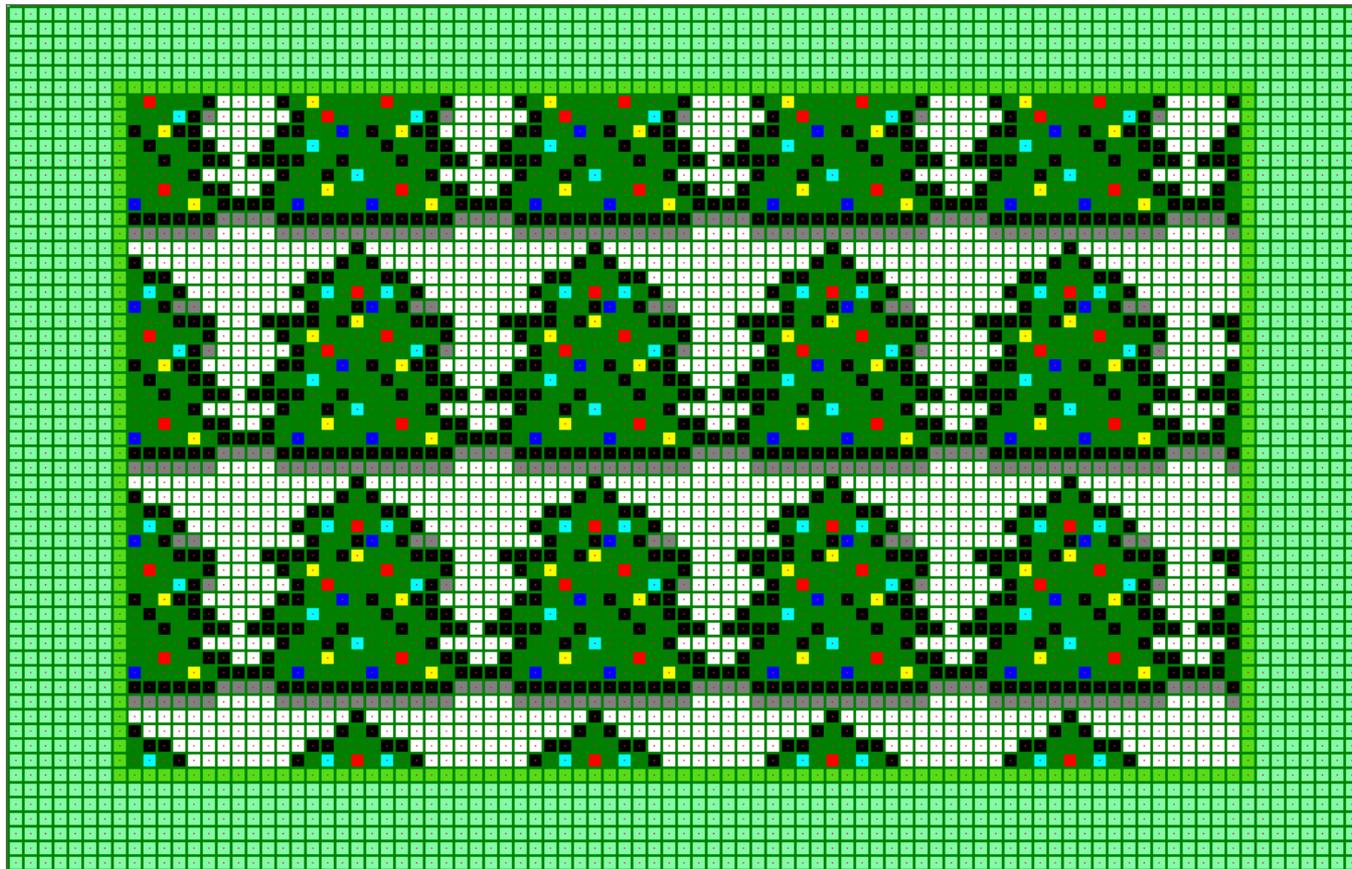
$$F_O(x, y) \neq F_O[i, j]$$

Аффинные преобразования над ПО

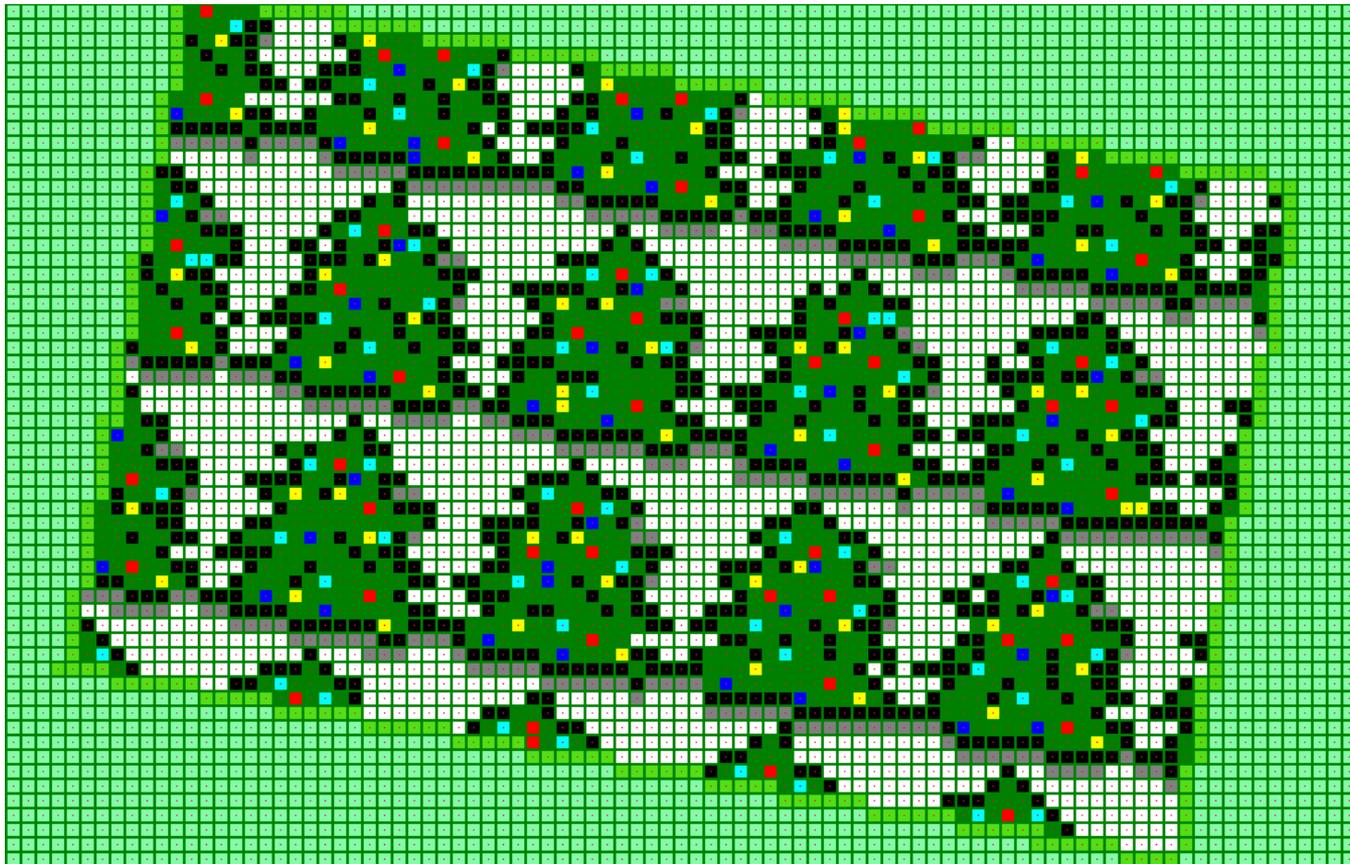
Нужно доопределить область «между пикселами»

$$F_o(x, y) = F_o[\textit{Round}(x), \textit{Round}(y)]$$

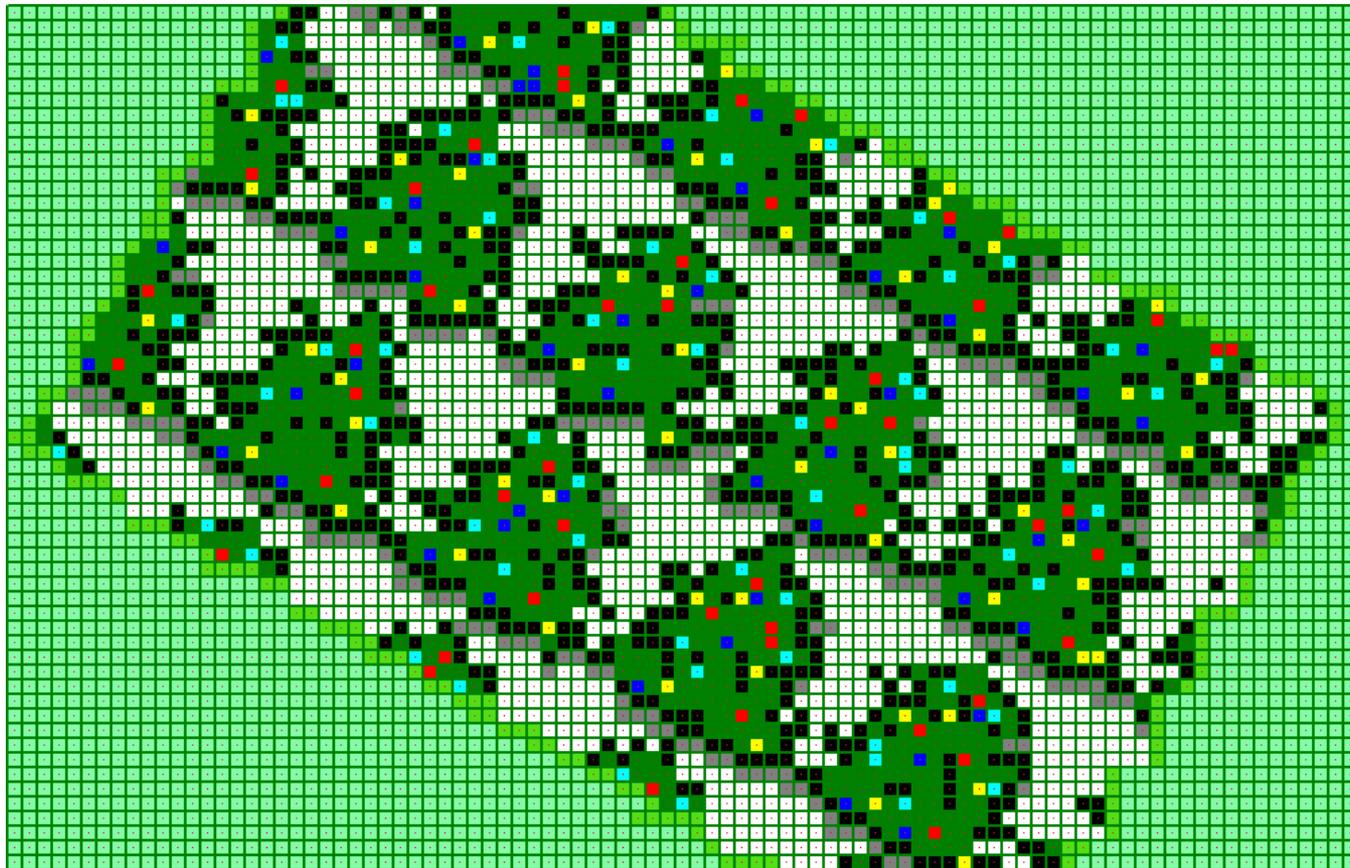
Аффинные преобразования над ПО



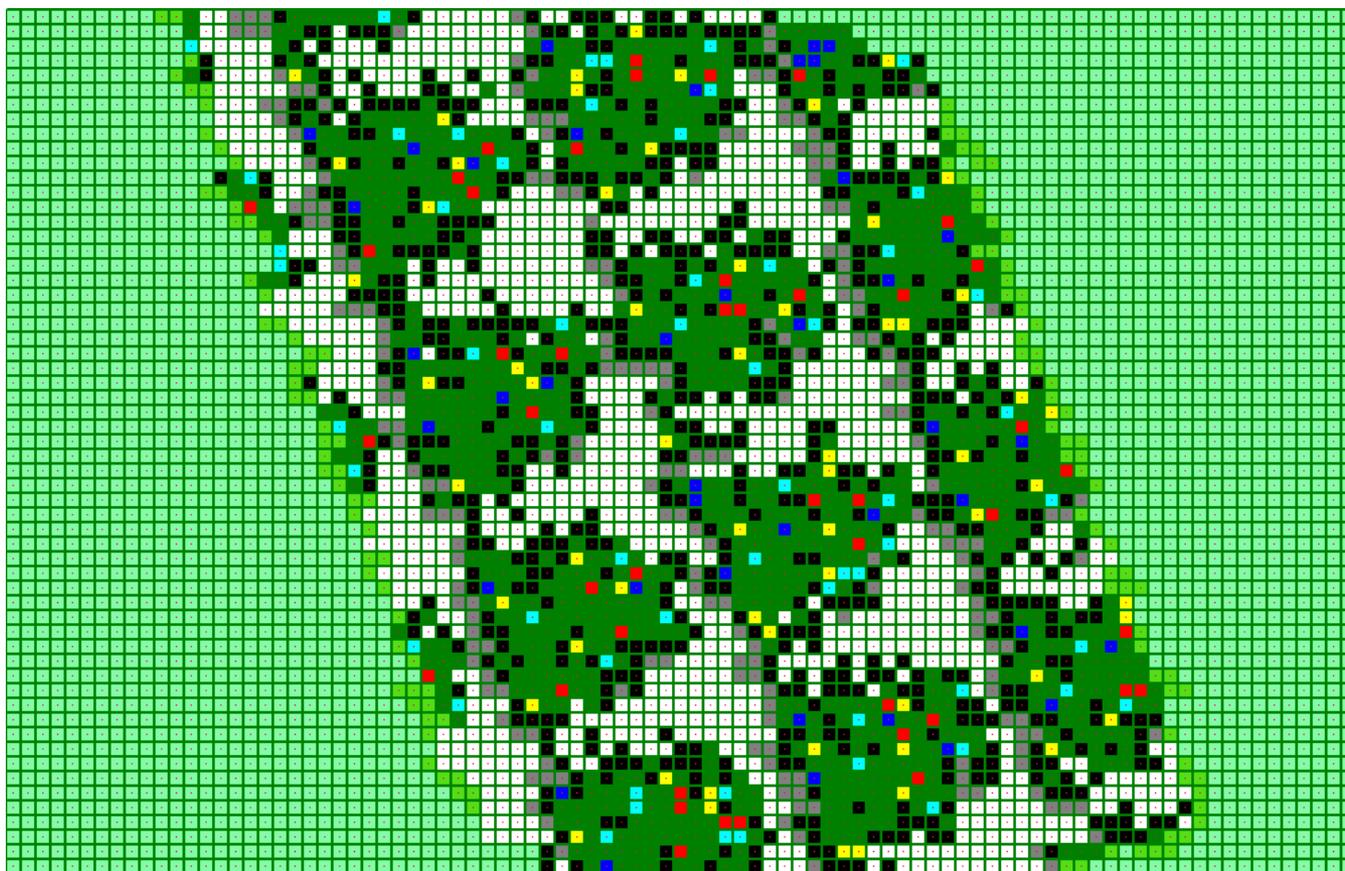
Аффинные преобразования над ПО



Аффинные преобразования над ПО

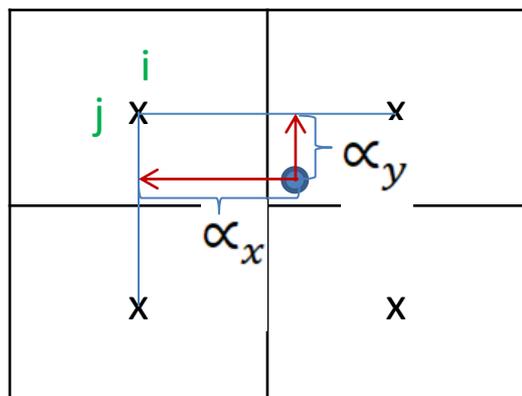


Аффинные преобразования над ПО



Билинейная интерполяция

Рассмотрим центры пикселей



$$i \leq x < i + 1$$

$$\alpha_x = x - i$$

$$j \leq y < j + 1$$

$$\alpha_y = y - j$$

Билинейная интерполяция

Рассмотрим центры пикселей

$C[i,j]$	$C[i+1,j]$
$C[i,j+1]$	$C[i+1,j+1]$

$$i \leq x < i + 1$$

$$\alpha_x = x - i$$

$$j \leq y < j + 1$$

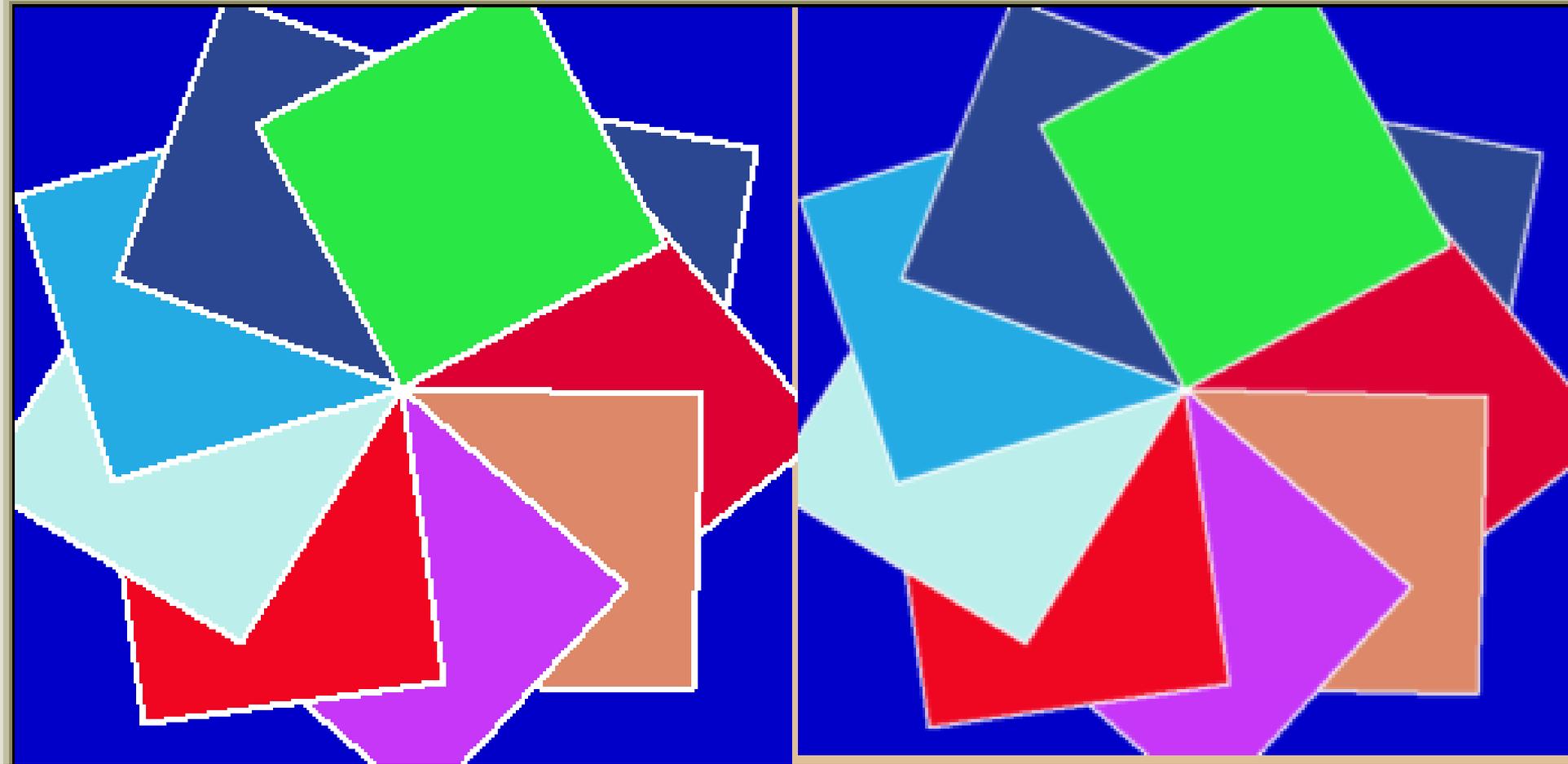
$$\alpha_y = y - j$$

$$c_1 = c[i,j] \cdot (1 - \alpha_x) + c[i+1,j] \cdot \alpha_x$$

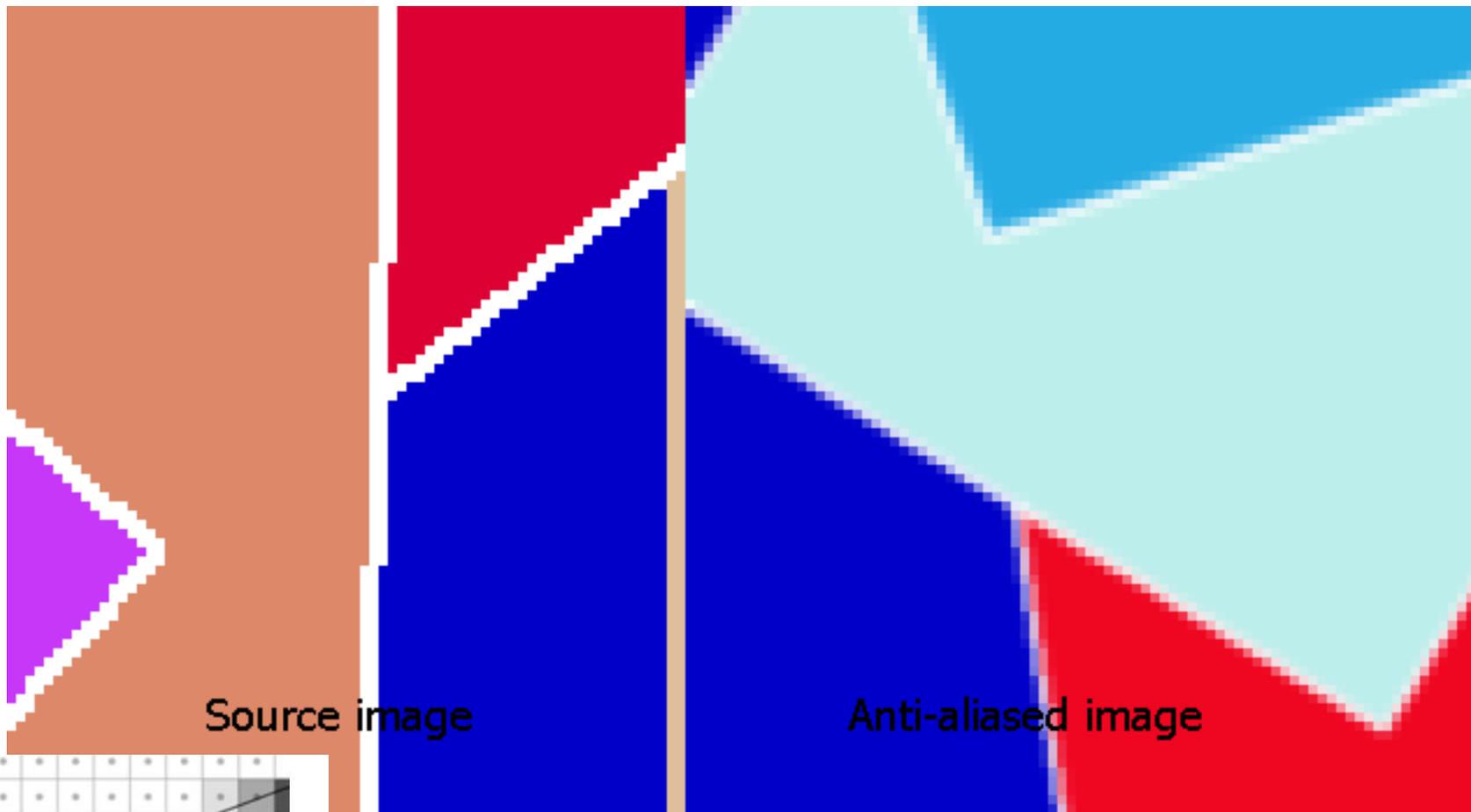
$$c_2 = c[i,j+1] \cdot (1 - \alpha_x) + c[i+1,j+1] \cdot \alpha_x$$

$$c_r = c_1 \cdot (1 - \alpha_y) + c_2 \cdot \alpha_y$$

Лестничный эффект



Лестничный эффект



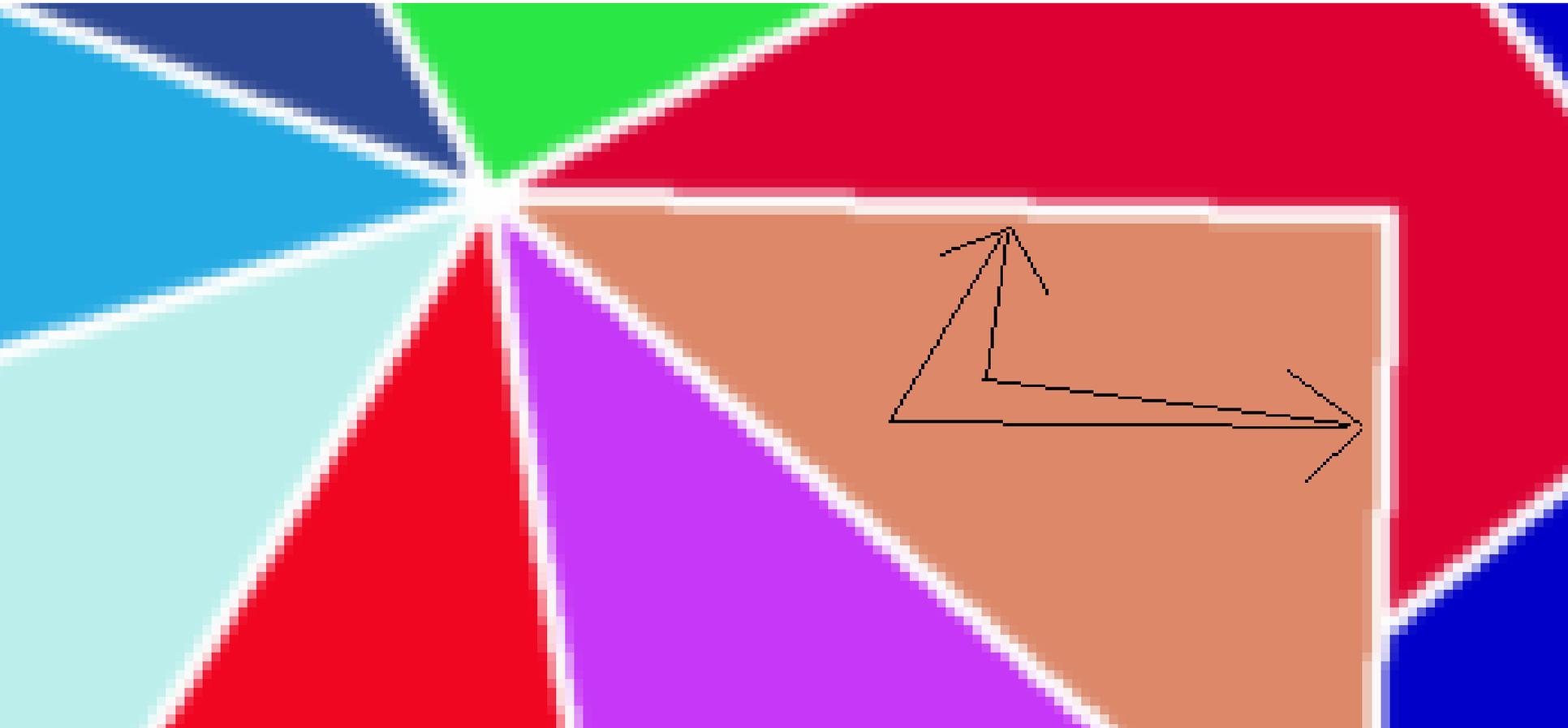
Source image

Anti-aliased image

Лестничный эффект

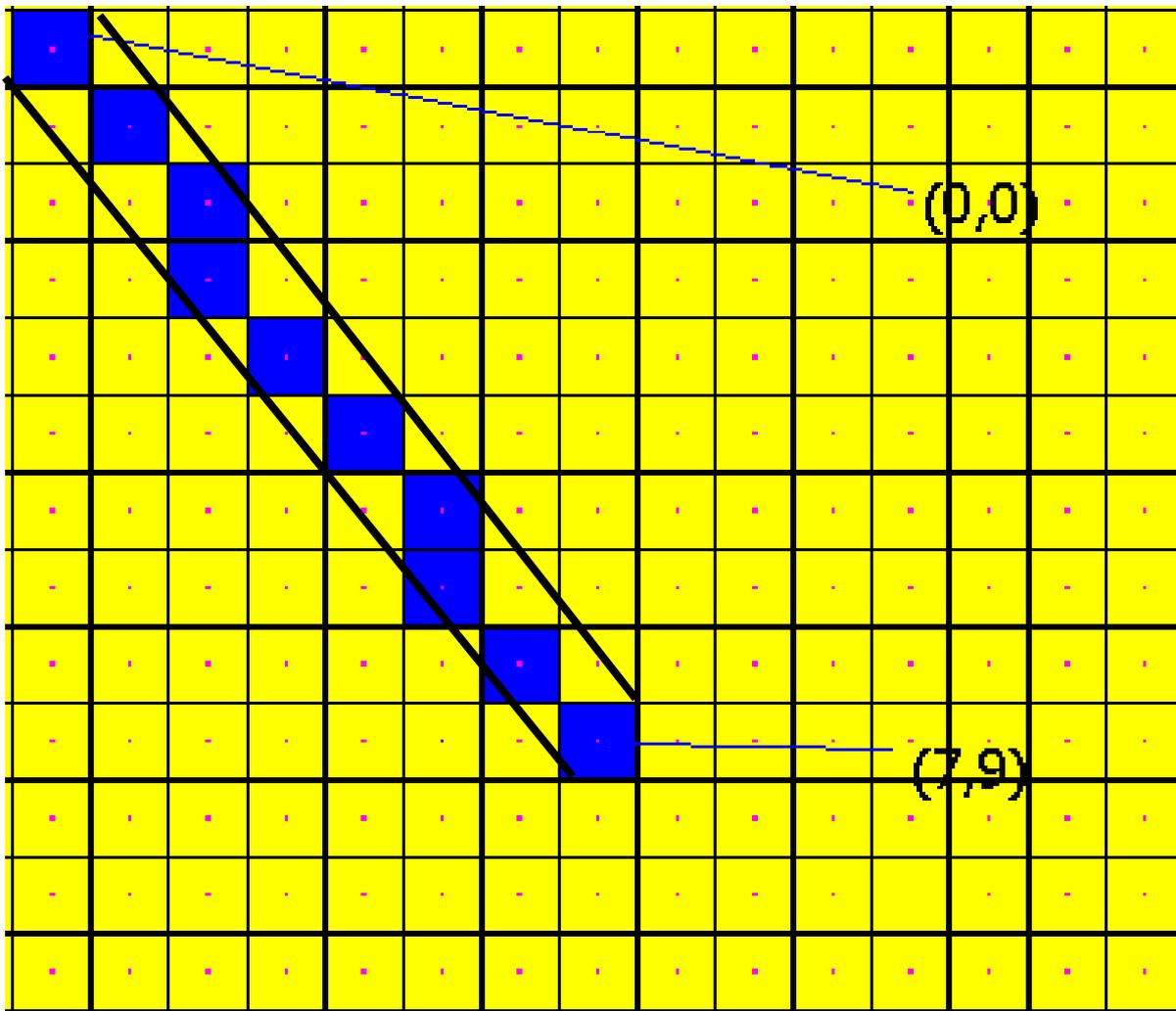


Лестничный эффект (зависит от наклона)



Линия

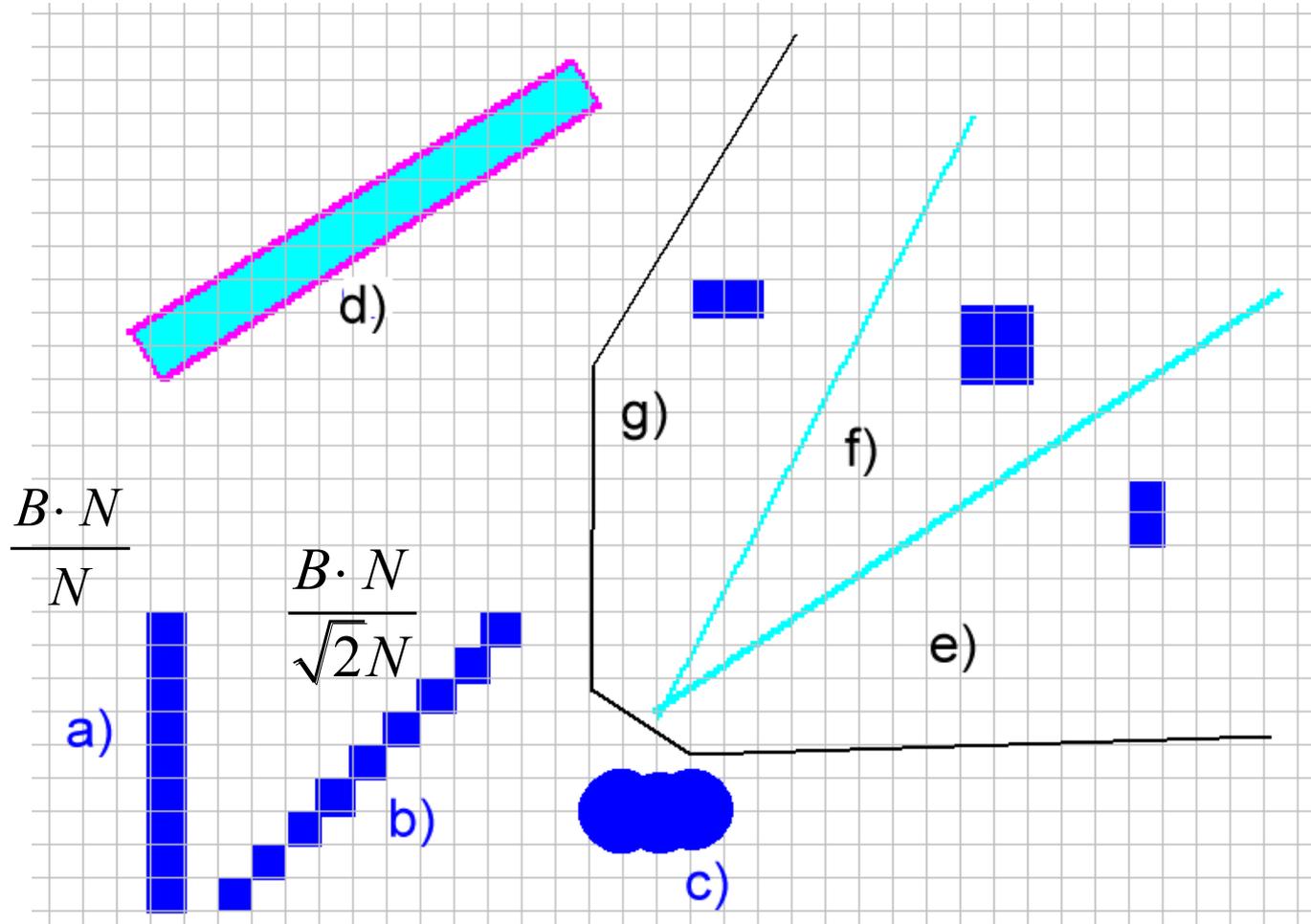
(пиксель – это отображение части реального мира)



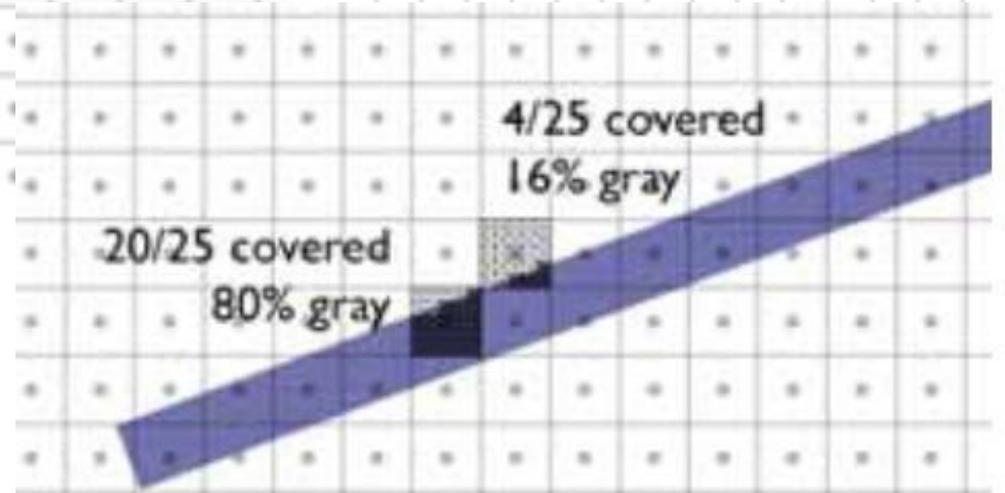
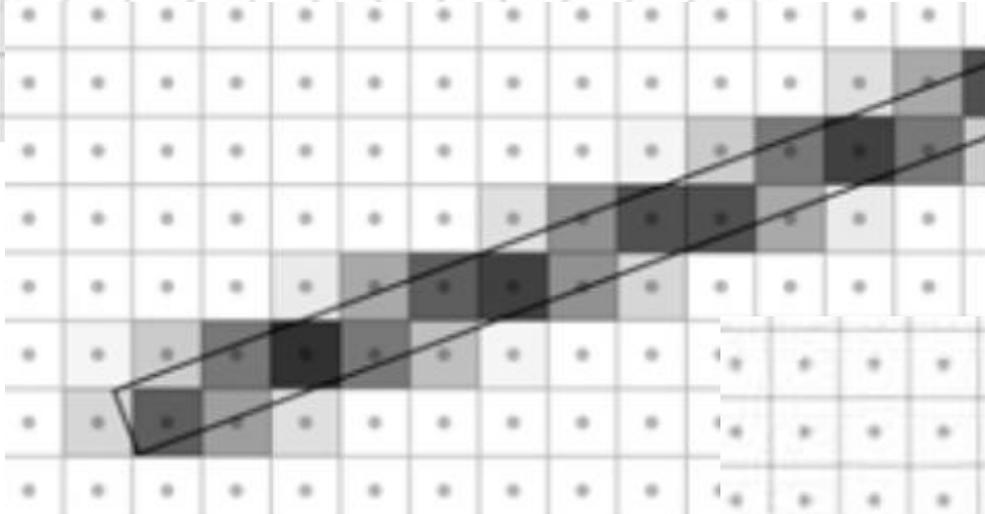
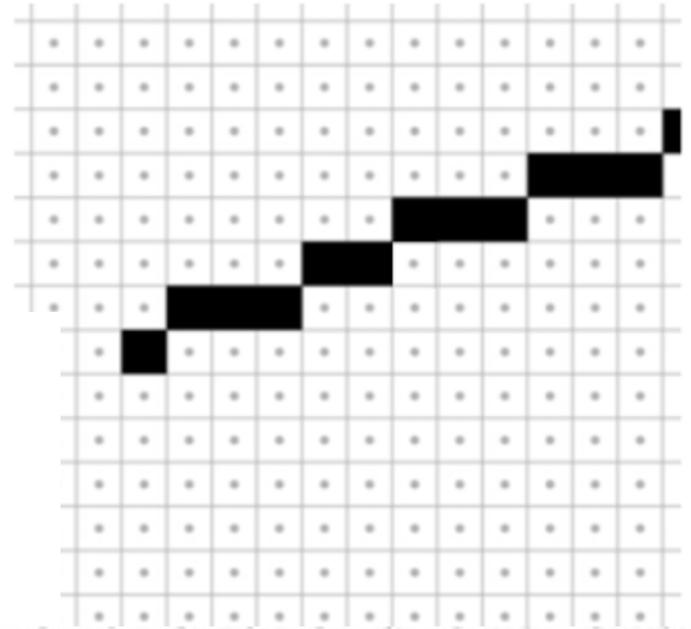
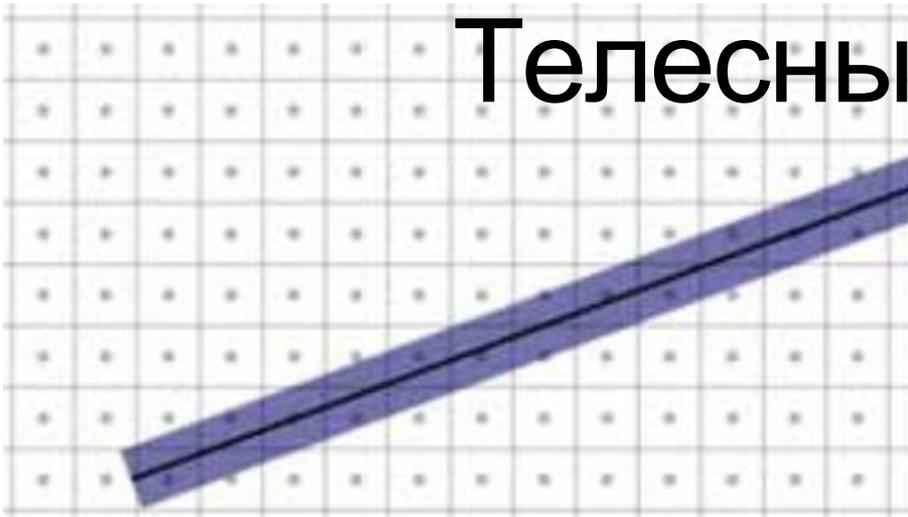
Пиксель имеет ненулевую площадь на экране, значит он должен быть использован для визуального представления области мирового пространства с ненулевой проекционной площадью – областью, которая отображается в этот пиксель.

Телесные отрезки

задача выравнивания яркости отрезков прямых



Телесные отрезки



% черного или субпиксельный
рендеринг

Может быть очень дорогим –
нужны и другие методы

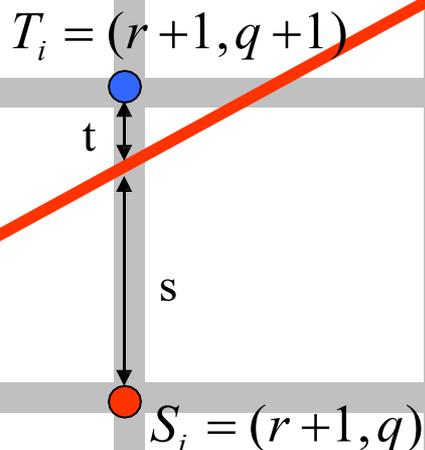
Алгоритм Ву (У Сяолиня)

Алгоритм У Сяолиня — Модификация алгоритма Брезенхема со сглаживанием

Wikipedia:

Сглаживание (Antialiasing) — технология, использующаяся в обработке изображений с целью делать границы кривых линий более гладкими, убирая «зубцы», возникающие на краях объектов.

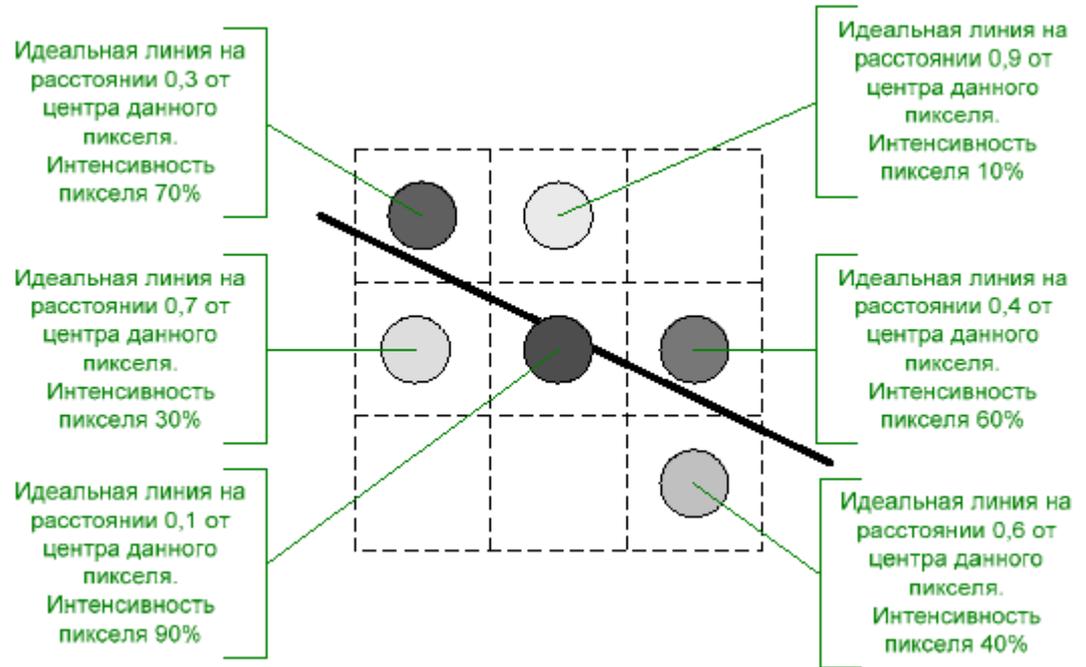
Основной принцип сглаживания — использование возможностей устройства вывода для показа оттенков цвета, которым нарисована кривая.



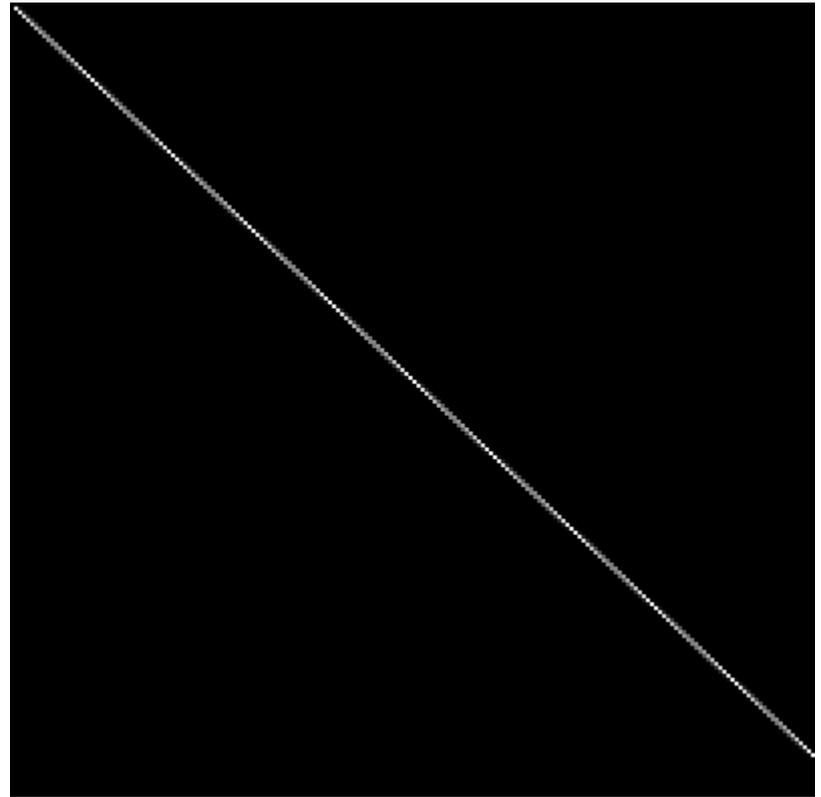
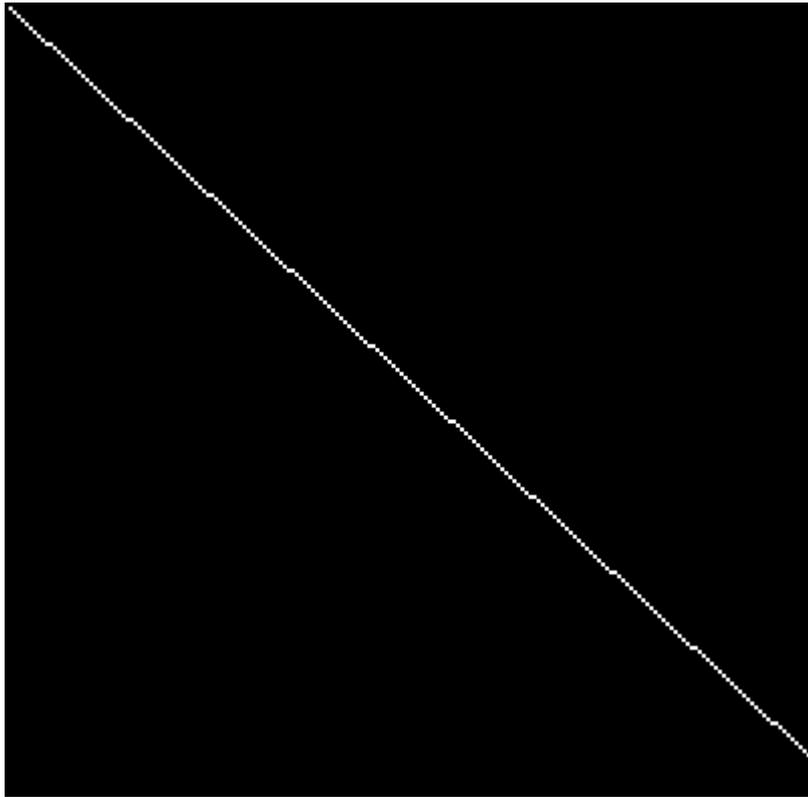
Яркость точки пропорциональна
1-расстояние_до_прямой

Алгоритм Ву (У Сяолиня)

```
x:=x+1
err:=err+2*dy
if(err>dx) then
  err:=err-2*dx
  y:=y+1
end
plot(x,y,err/dx)
plot(x,y-1,1-err/dx)
```

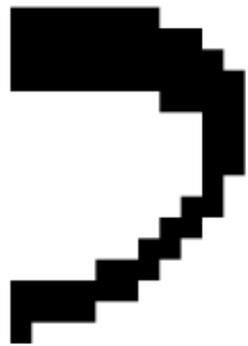


Алгоритм Ву (У Сяолиня)

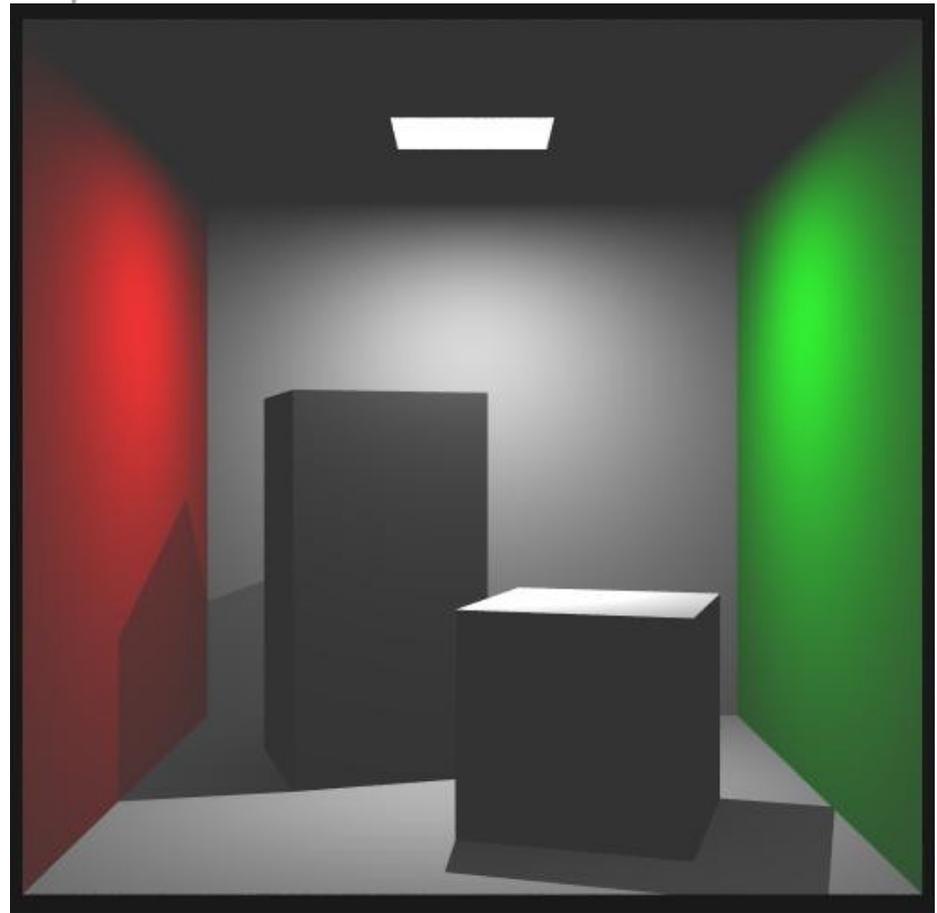
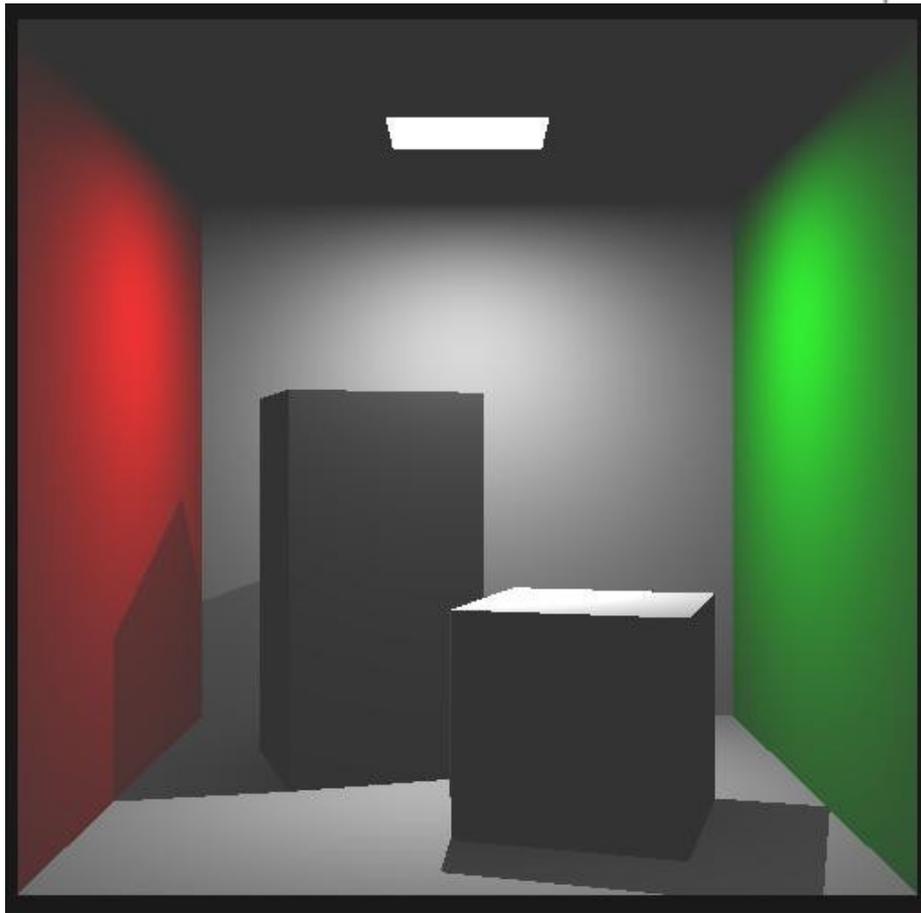
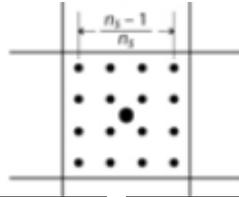


Буквы

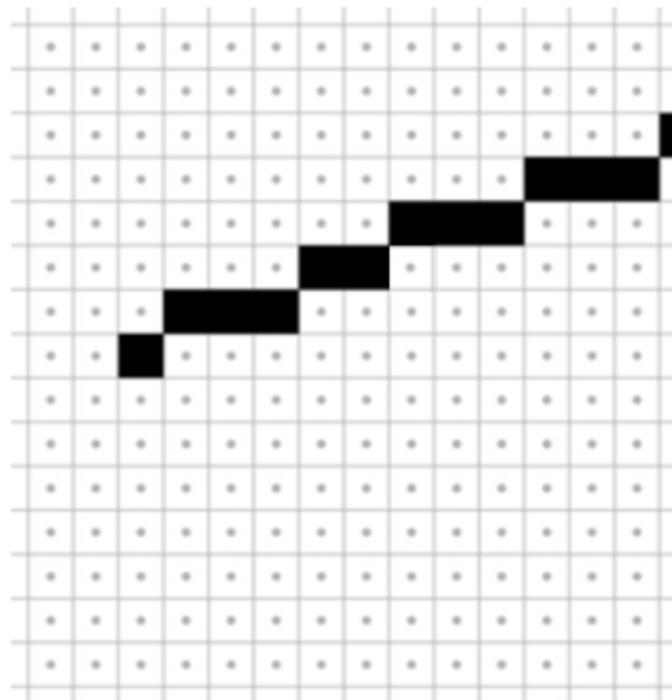
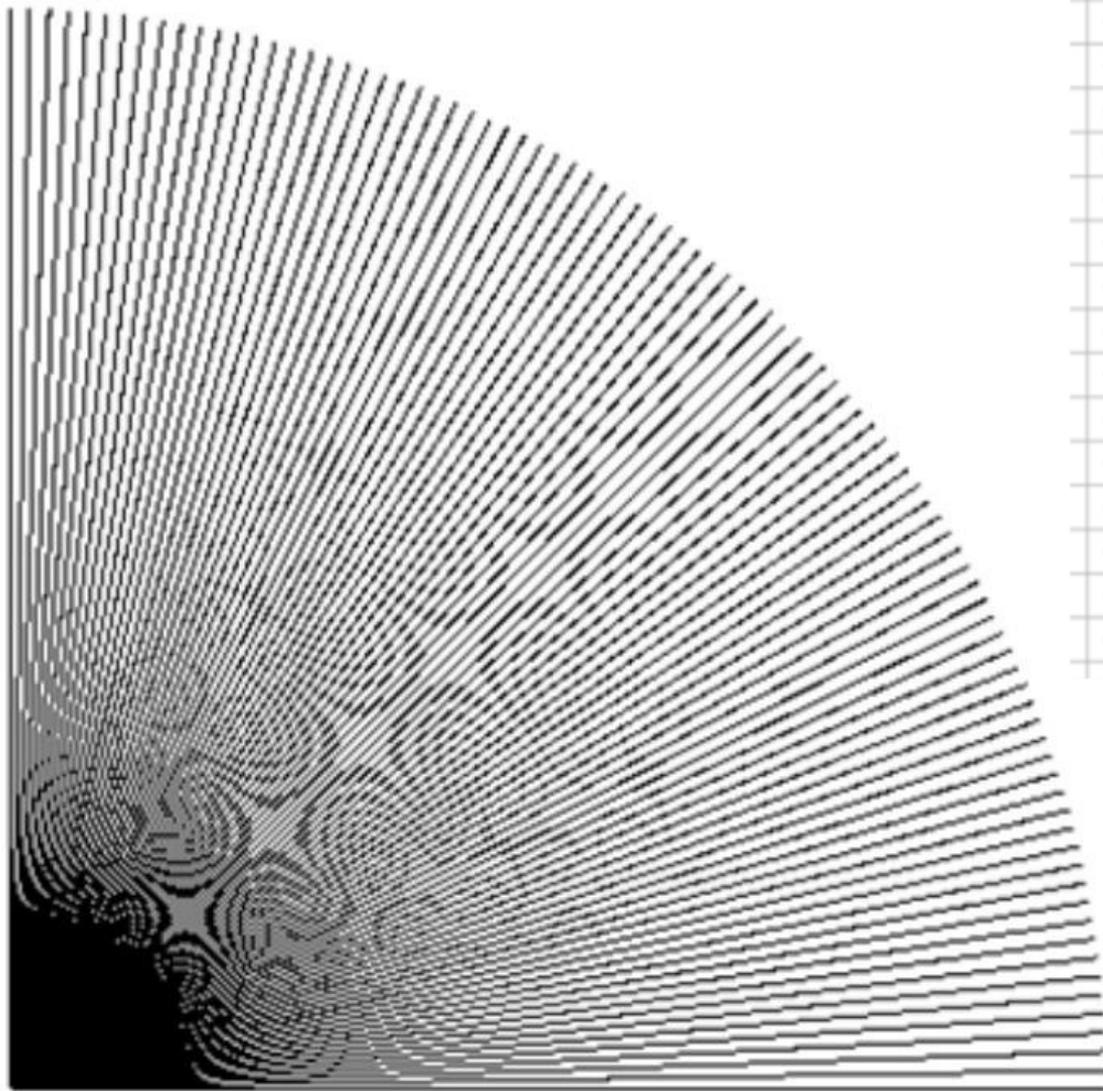
Aliasing Aliasing



Субпиксельный рендеринг



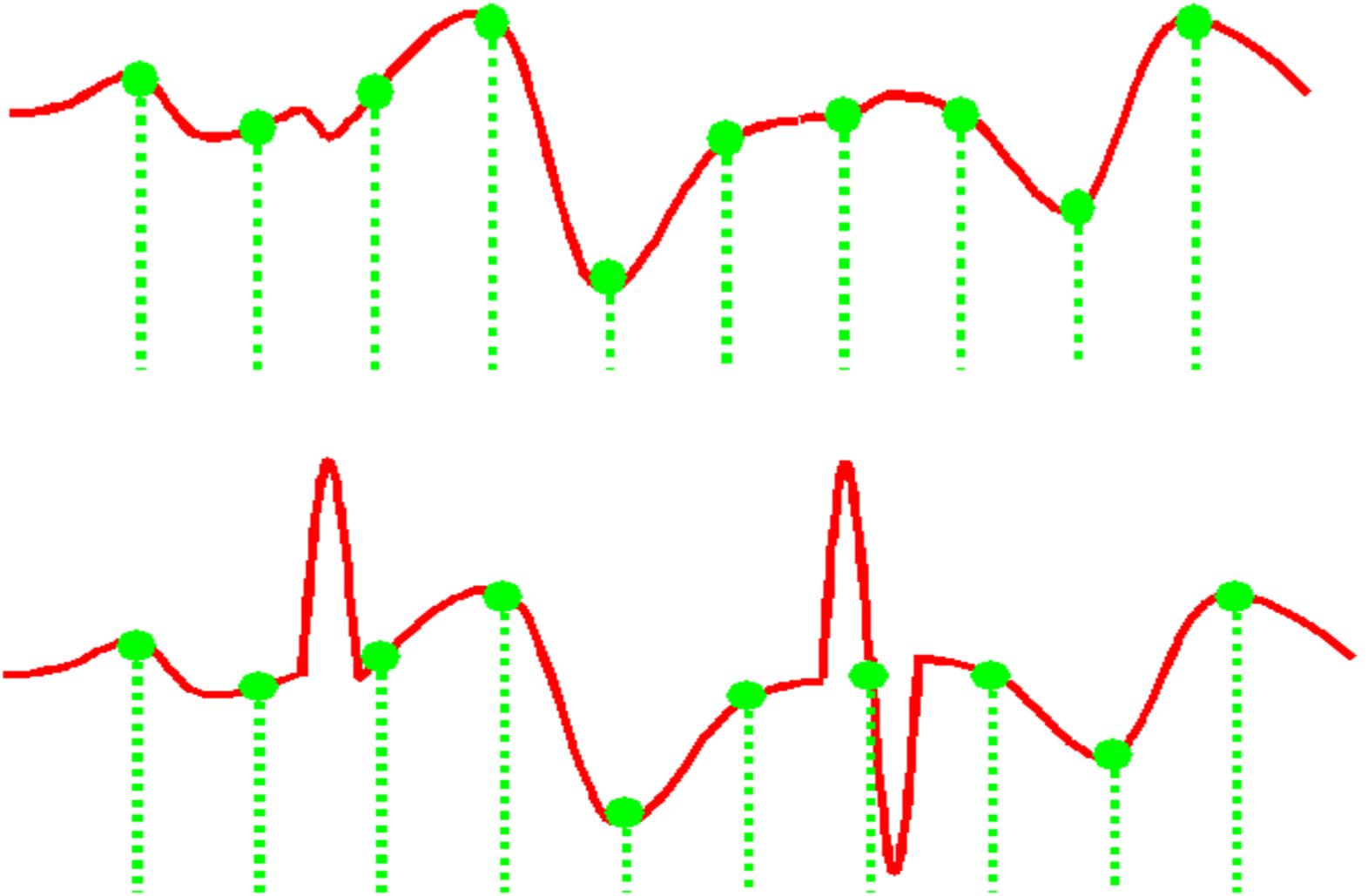
Муары



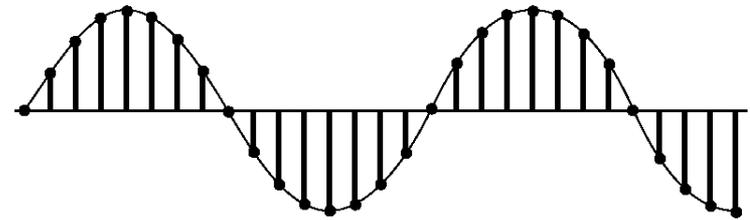
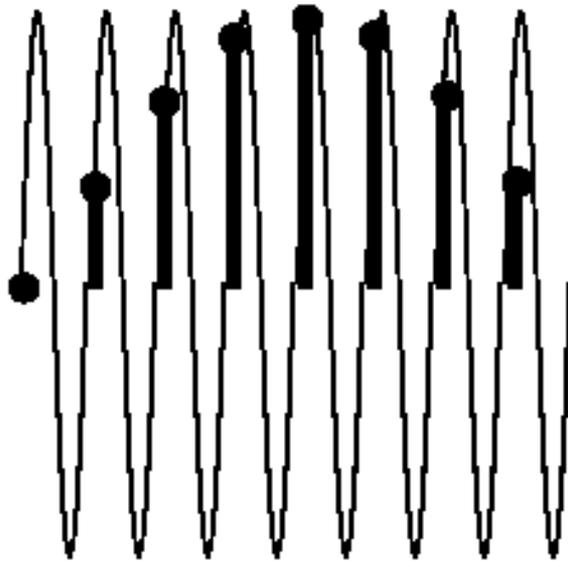
Алиасинг

Alias — псевдоним. В результате недостаточной выборки (undersampling) высокочастотный сигнал может выдавать себя за сигнал более низкой частоты. Возможное решение проблемы алиасинга — принудительное понижение частоты исходного сигнала.

Точечная выборка

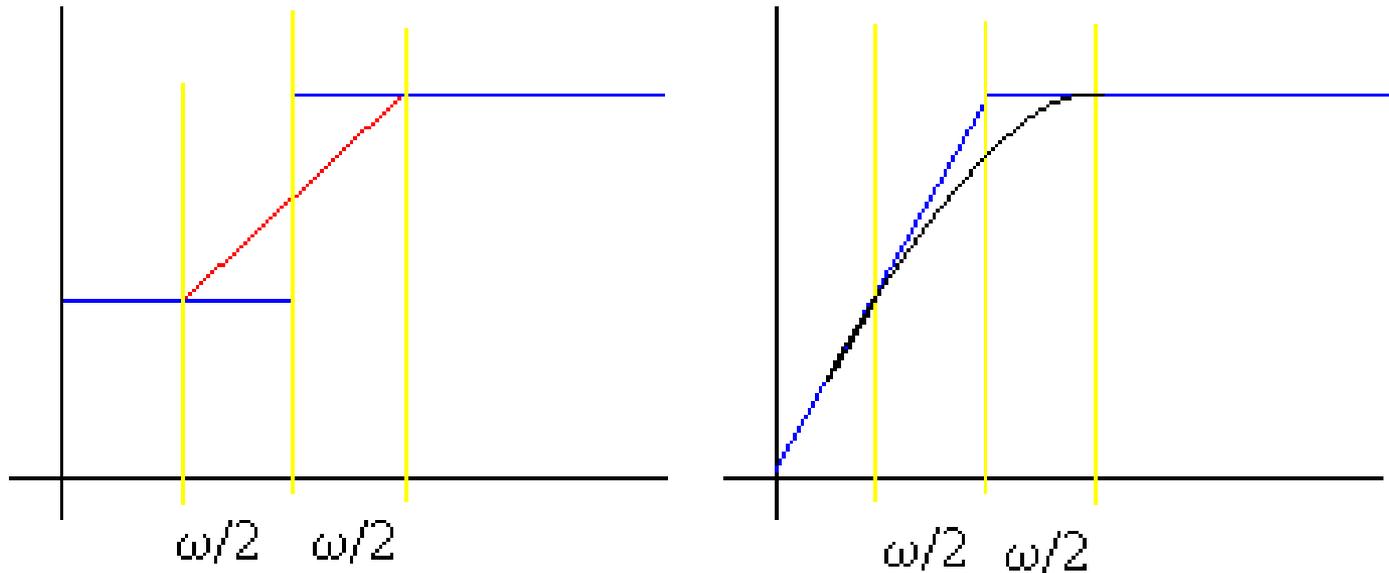


Точечная выборка



Частота Найквиста

Регуляризация 1-D



$$g_{\omega}(x) = \frac{1}{\omega} \int_{x - \frac{\omega}{2}}^{x + \frac{\omega}{2}} g(u) du$$

Регуляризация 2-D

бокс-фильтр

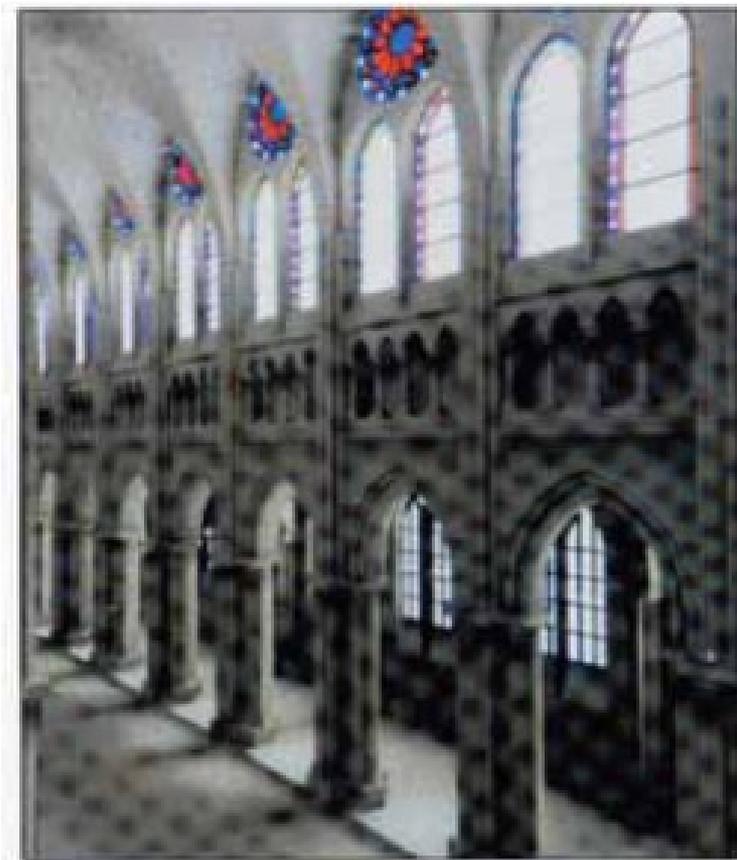
$$g_{\varpi}(x, y) = \frac{1}{A_{\varpi}} \iint_{\varpi(x, y)} g(u, v) \cdot du \cdot dv,$$

$$g_{\varpi}(i, j) = \frac{1}{A_{\varpi}} \sum_{(m, n) \in \varpi(i, j)} g(m, n)$$

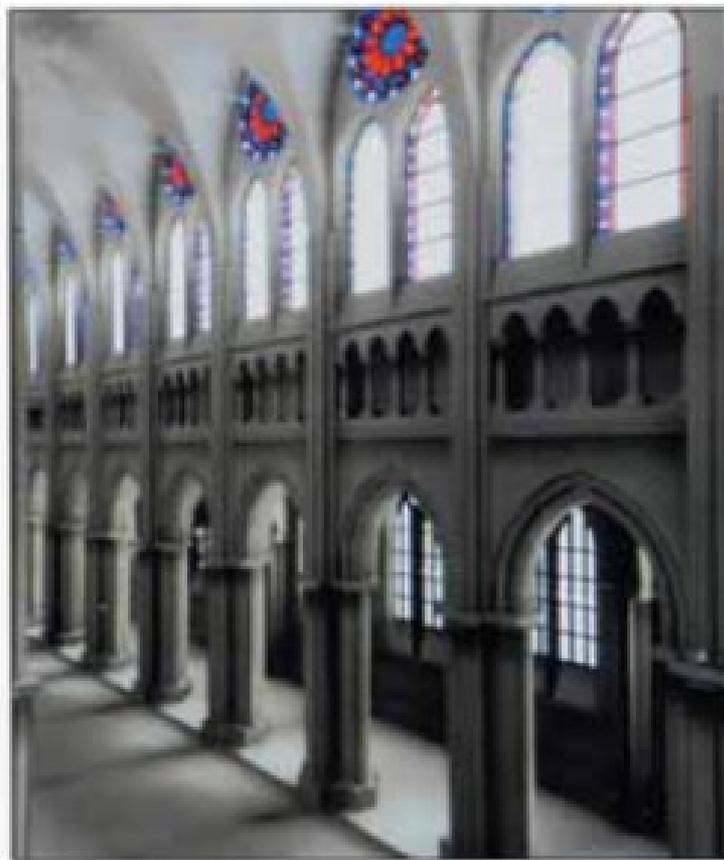
$$g_{\varpi}(i, j) = \frac{1}{(2b+1)(2h+1)} \sum_{-b \leq m \leq b} \sum_{-h \leq n \leq h} g(i+m, j+n)$$

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Масштабирование



Прореживание (округление координат)
на исходном изображении



Прореживание (округление координат)
после Гауссова фильтра

Разрешение изображения

Разрешение по интенсивности – биты (8, 24 ...)

Разрешение по пространству – высота × ширина

Разрешение по времени – частота кадров монитора

	<u>Width x Height</u>	<u>Depth</u>	<u>Rate</u>
NTSC	640 x 480	8	30
Workstation	1280 x 1024	24	75
Film	3000 x 2000	12	24
Laser Printer	6600 x 5100	1	-

Источники ошибки:

- Оцифровка интенсивности
- Пространственный алиасинг
- Временной алиасинг

$$E^2 = \sum_{(x,y)} (I(x,y) - P(x,y))^2$$

Алиасинг в анимациях

