

# 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

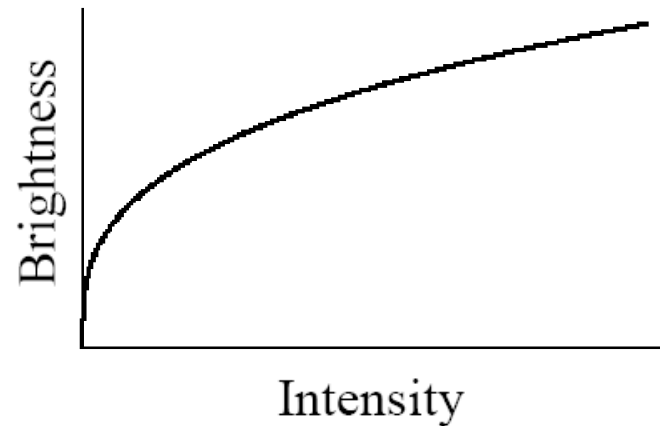
Гамма, пиксельные операции,  
композиция изображений, алиасинг

# 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       |

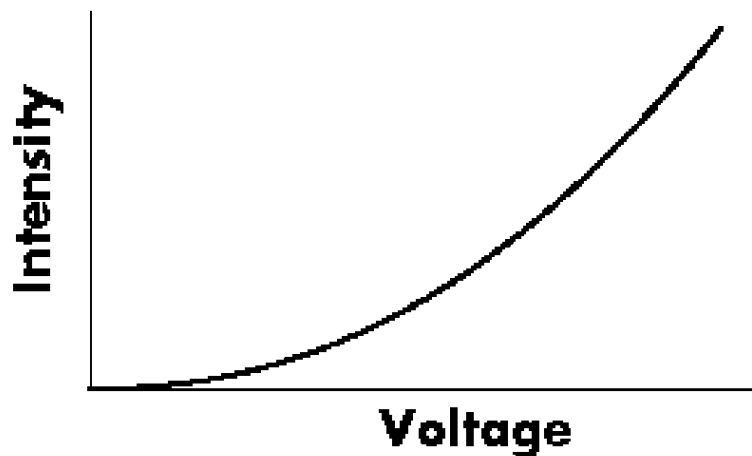
Stevens  $B = \sqrt[3]{I}$

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):  $g$**

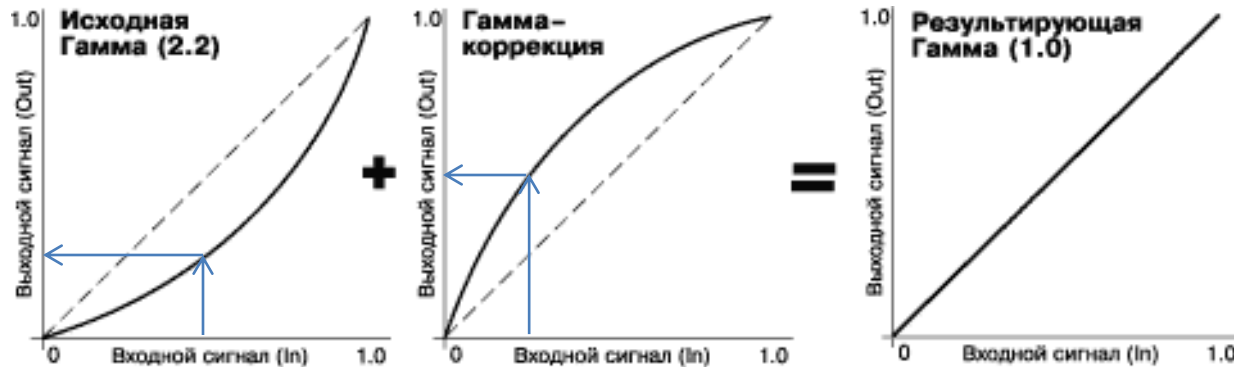
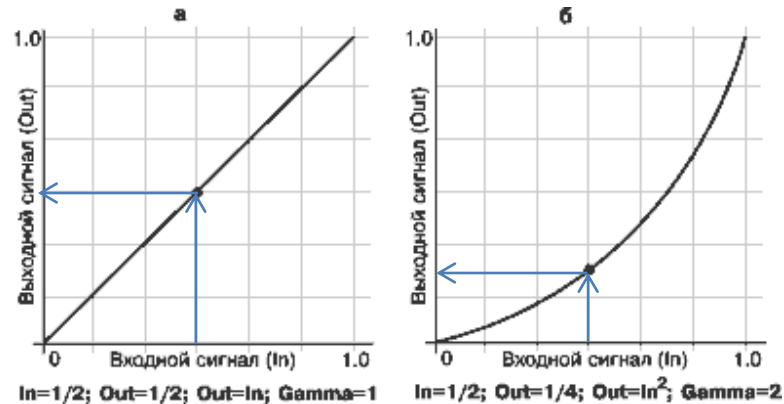
**Adjustments**

**1st adjust to full black**

**Picture 0, adjust black-level**

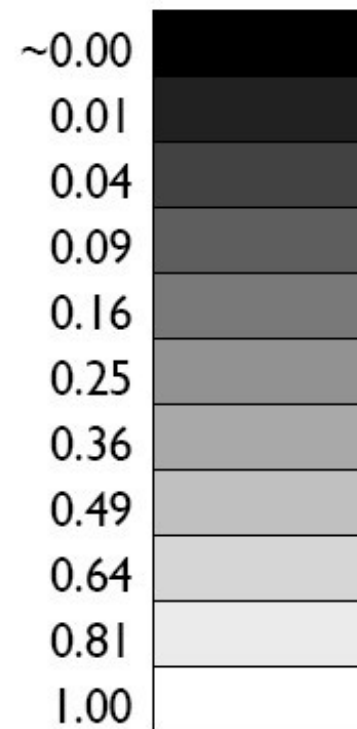
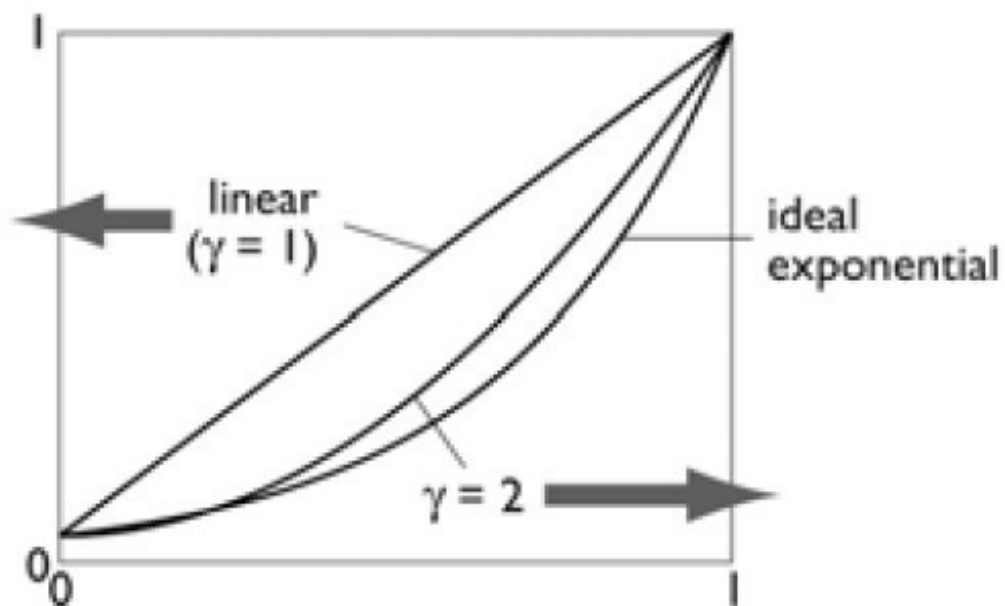
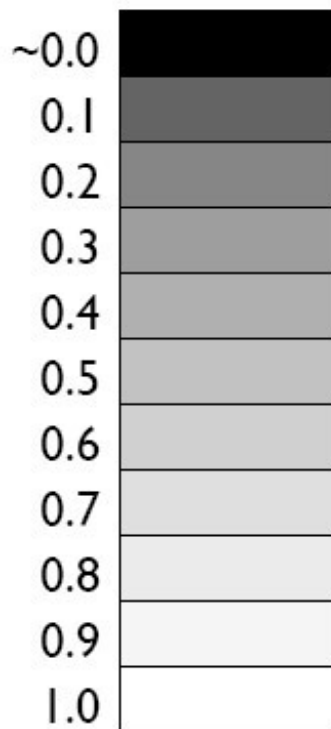
**2nd adjust brightness**

# Линейное и нелинейное устройства

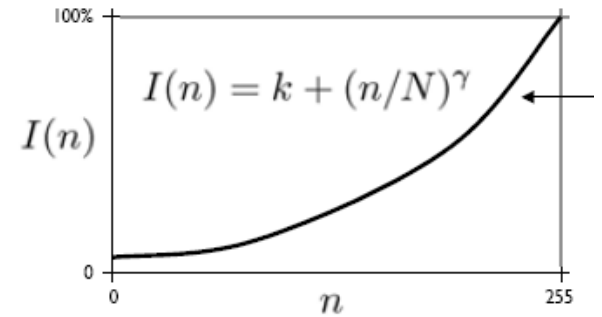


(Александр Амангельдыев. Требования к мониторам для издательских систем, <http://www.kursiv.ru/kursiv/archive/01/monitors.html> )

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

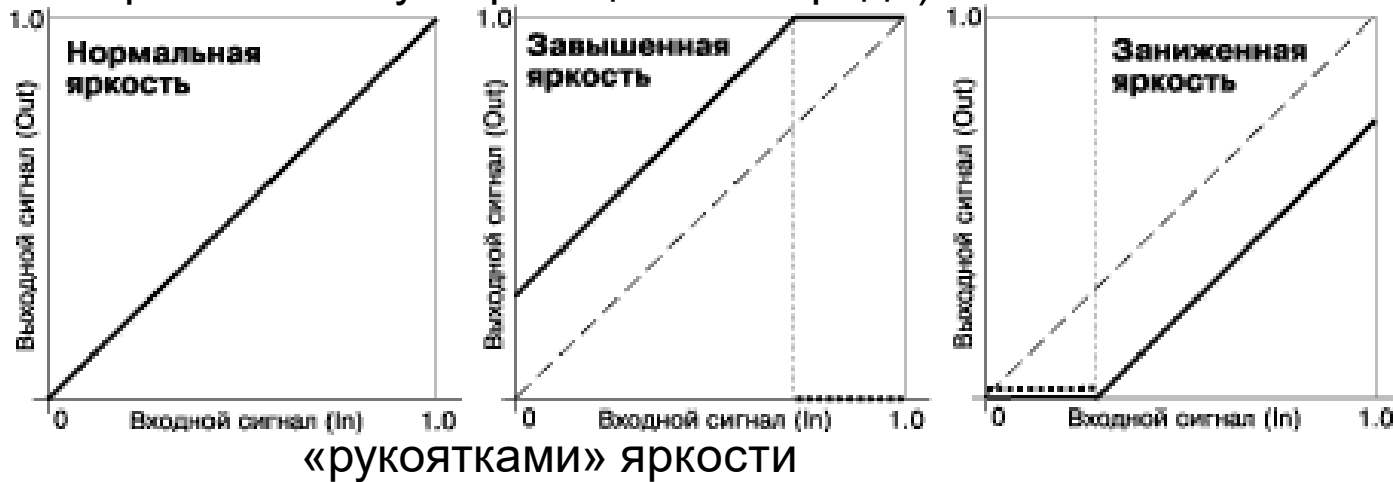
**Яркость:**  $f(v) = sat(v + p)$ ;  $p > 0$  — светлее,  $p < 0$  — темнее

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

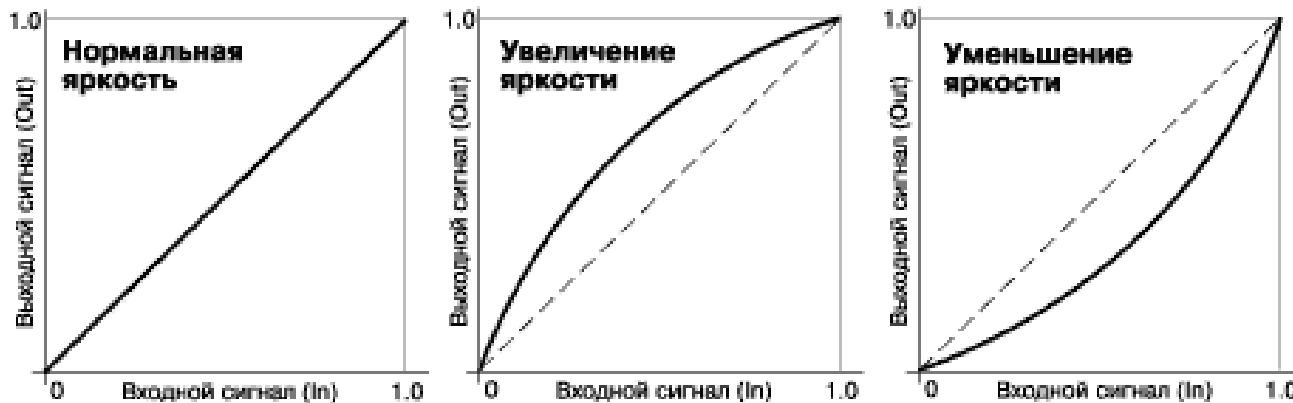
Насыщенность, коррекция оттенка, цветовой баланс, чёрно-белое, замена цветов, миксер каналов и т. д.

# Яркость

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



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

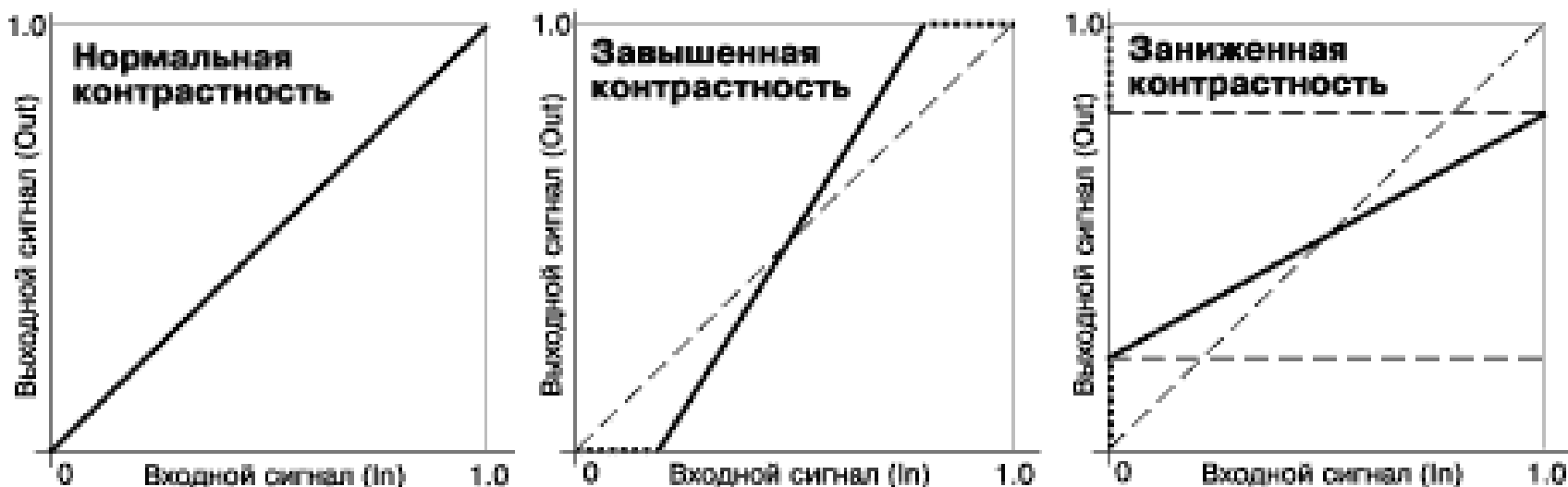


За счет гаммы

- 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:**  $f(v) = \text{sat}(v + p)$ ;  $p > 0$  — светлее,  $p < 0$  — темнее

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

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

# Увеличение резкости



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

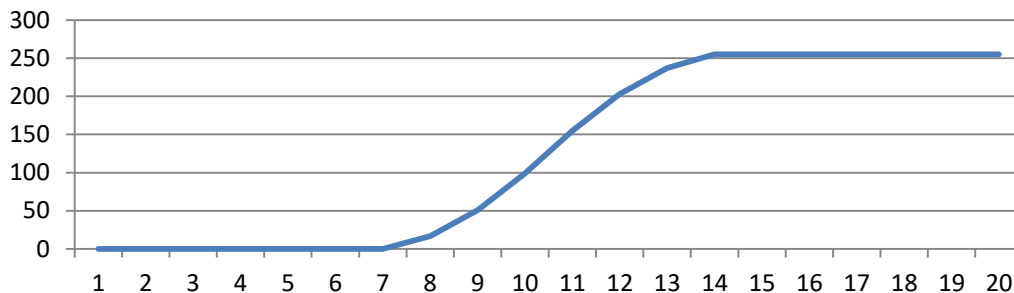
17.10.2000

Компьютерная графика. Лекция

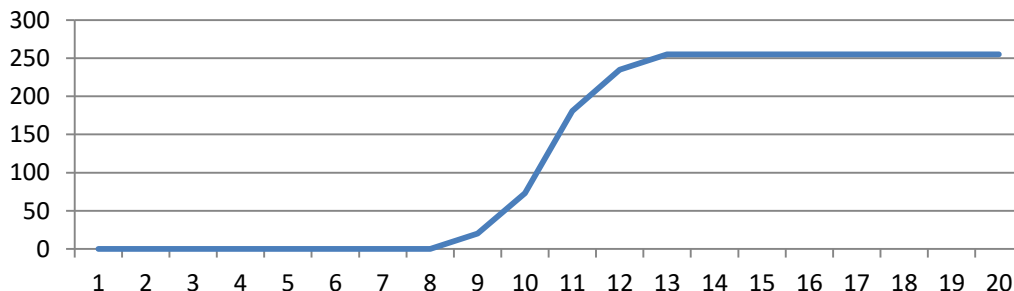
3

27

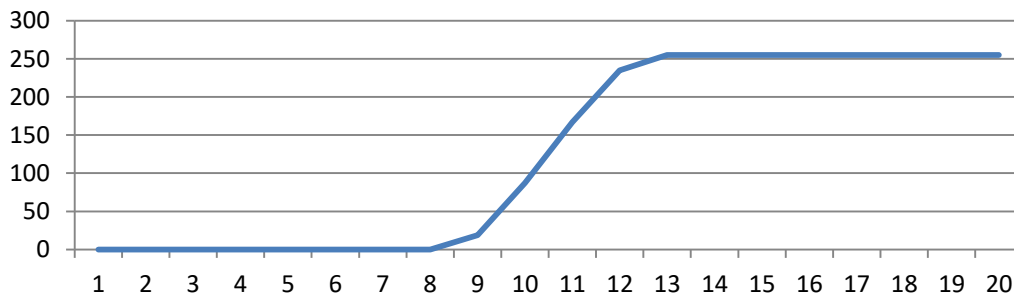
# Сравнение разных операций



Размытый переход (исходное изображение)

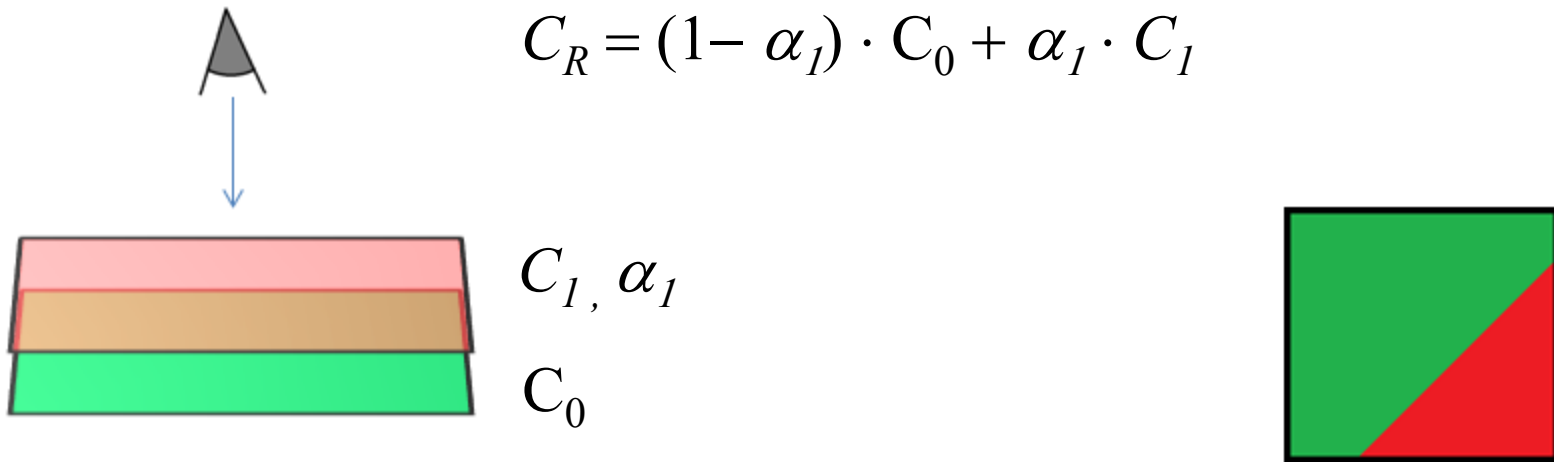


После двукратного применения фильтра увеличения резкости



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; vf6xhq.00.m]

Синяя/зеленая комната

# Кейинг

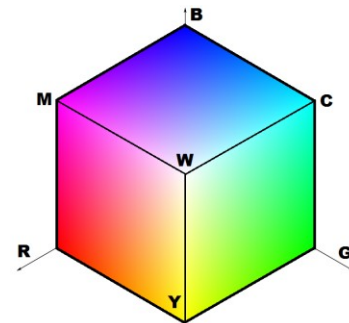
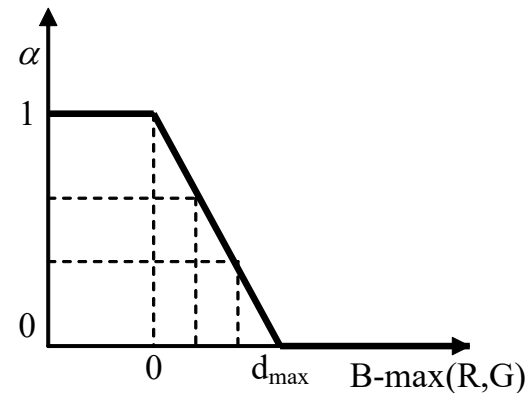
$$In(x, y) = (1 - \alpha(x, y)) \cdot \mathbf{Back}(x, y) + \alpha(x, y) \cdot \mathbf{Actor}(x, y)$$

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

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

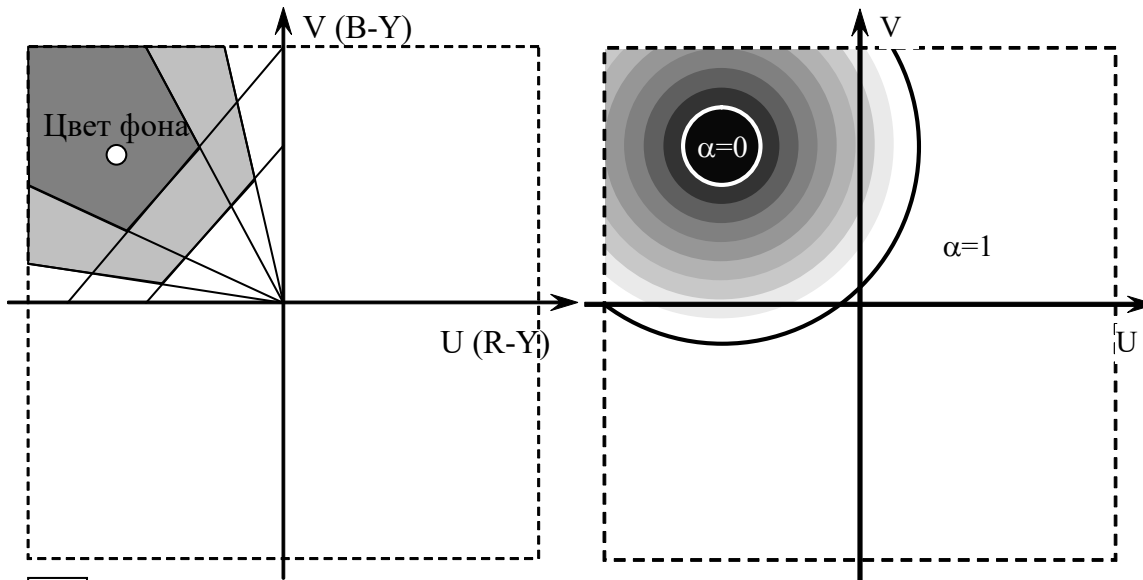
$$\alpha_{\text{blue}} = f(\text{Blue} - \max(\text{Red}, \text{Green}))$$

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

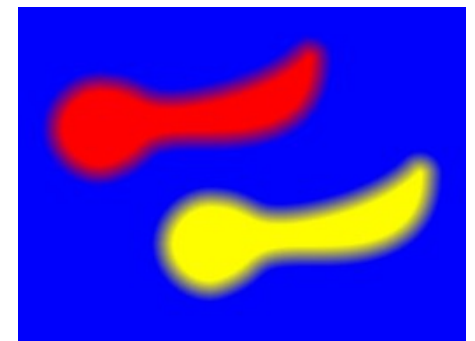
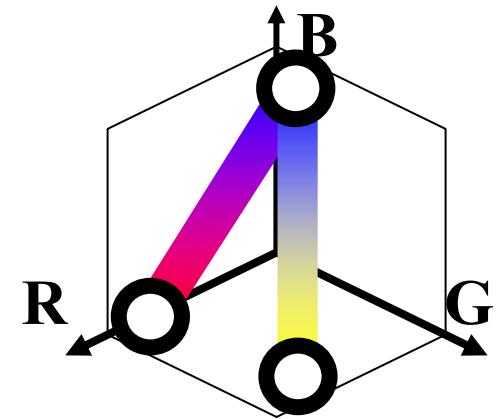


Ultimate

# Кейинг



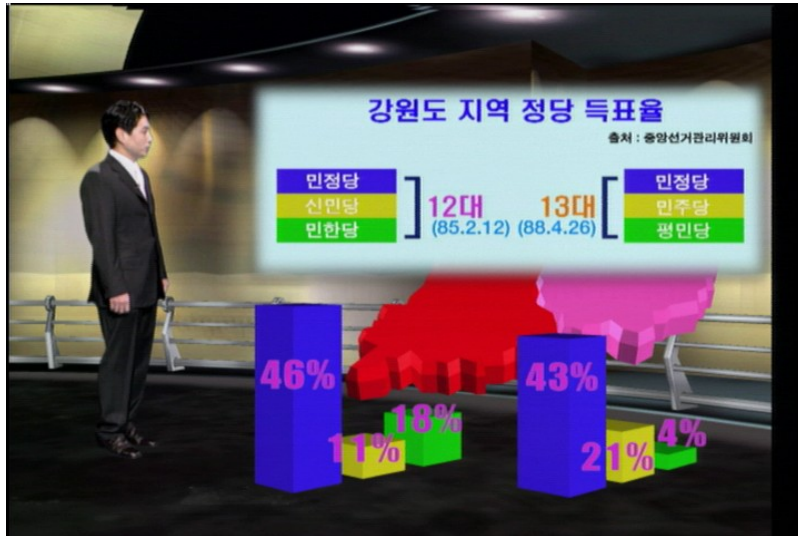
- Область цветов актера ( $\alpha = 1$ )
- ▒ Область цветов перехода актер – фон ( $0 < \alpha < 1$ )
- Область цветов фона ( $\alpha = 0$ )



# 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

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

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

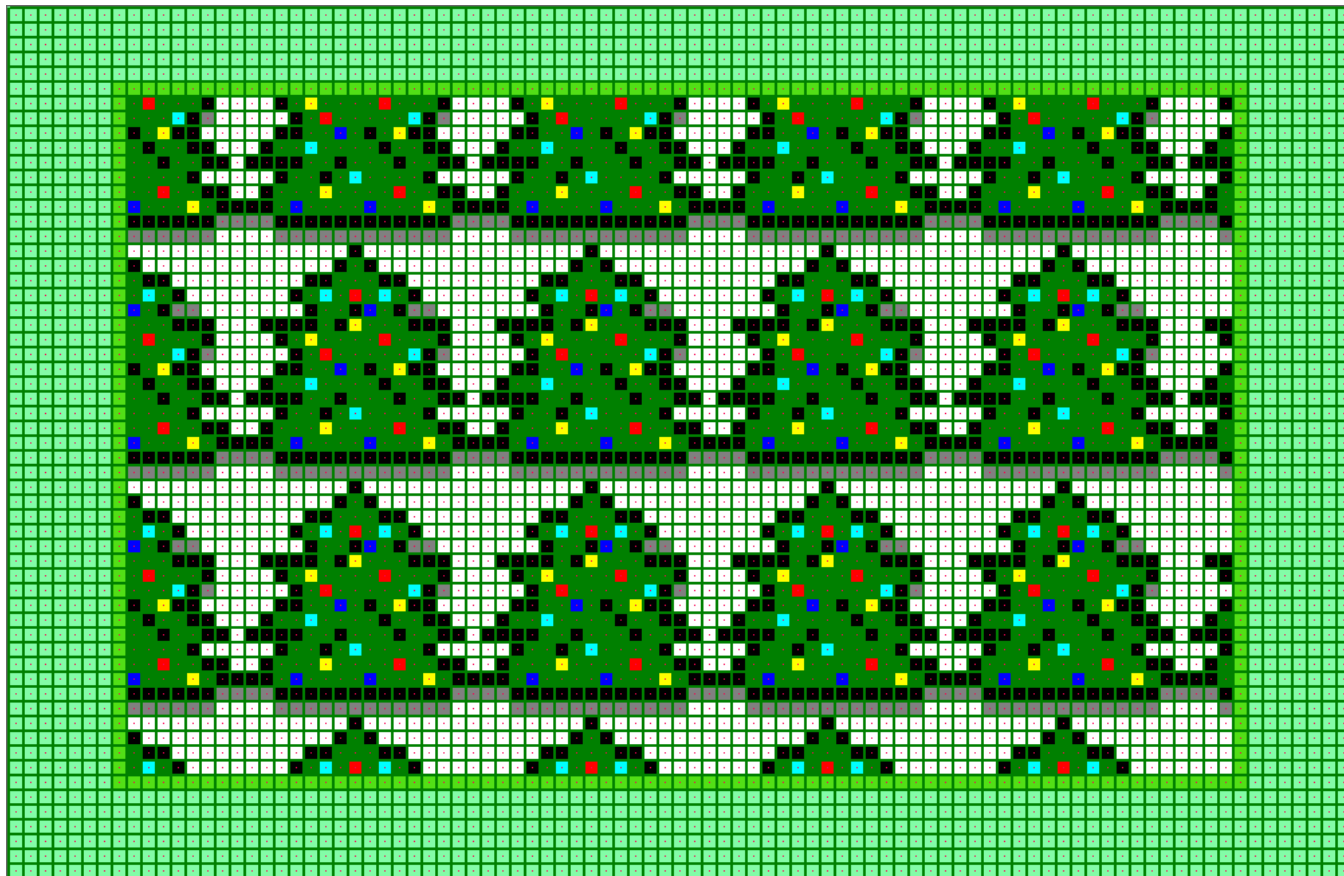


# Аффинные преобразования над ПО

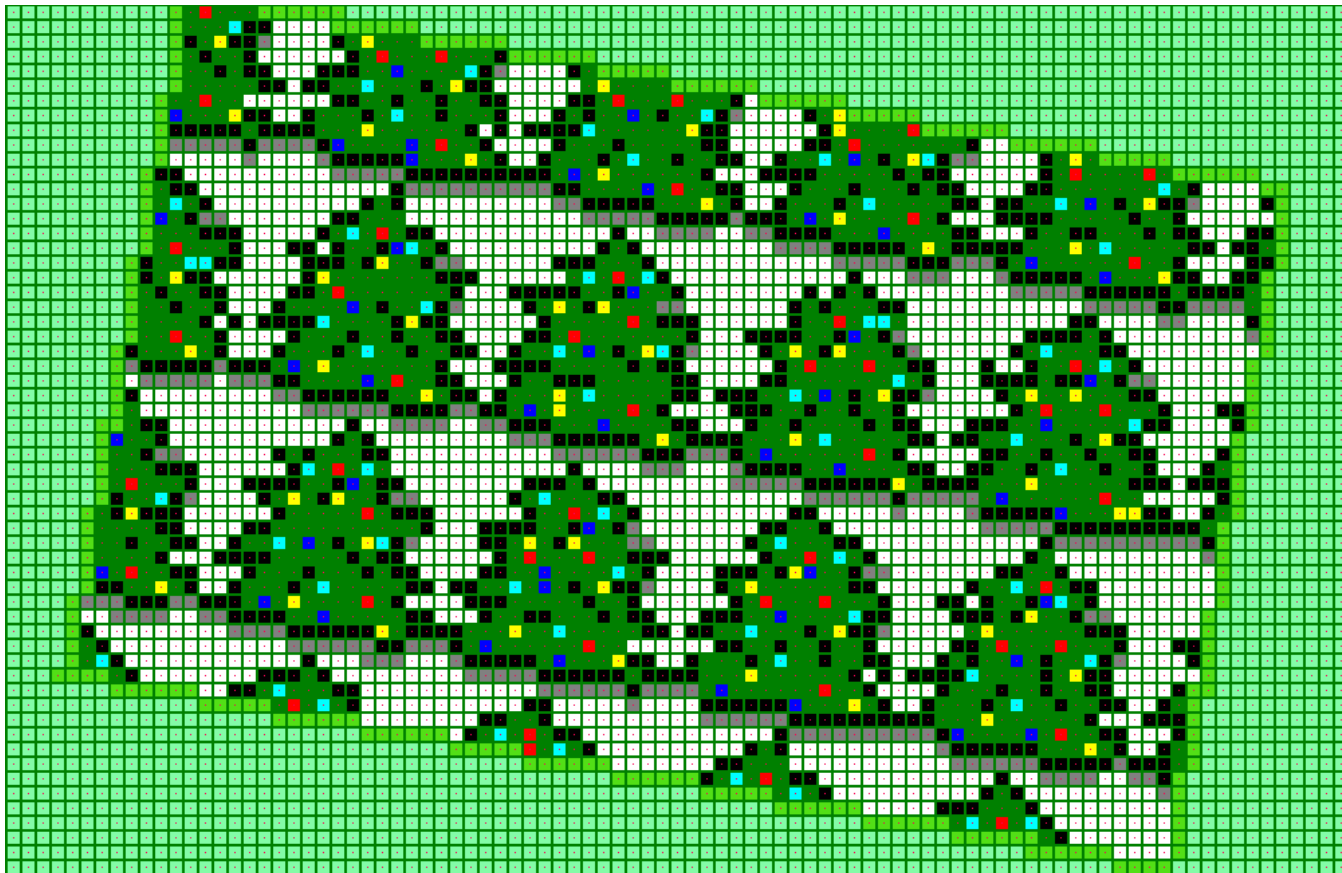
Нужно доопределить область «между пикселами»

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

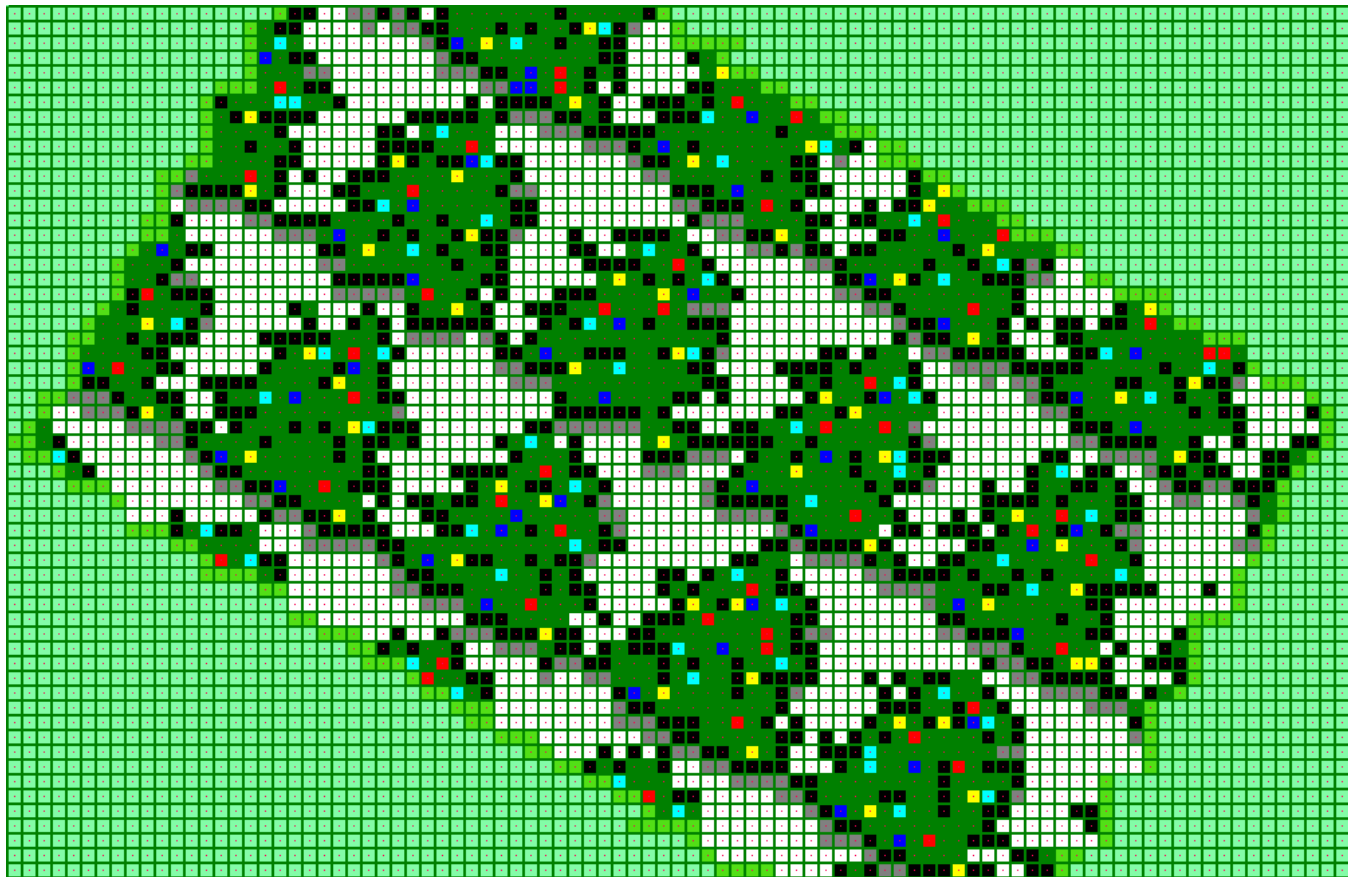
# Аффинные преобразования над ПО



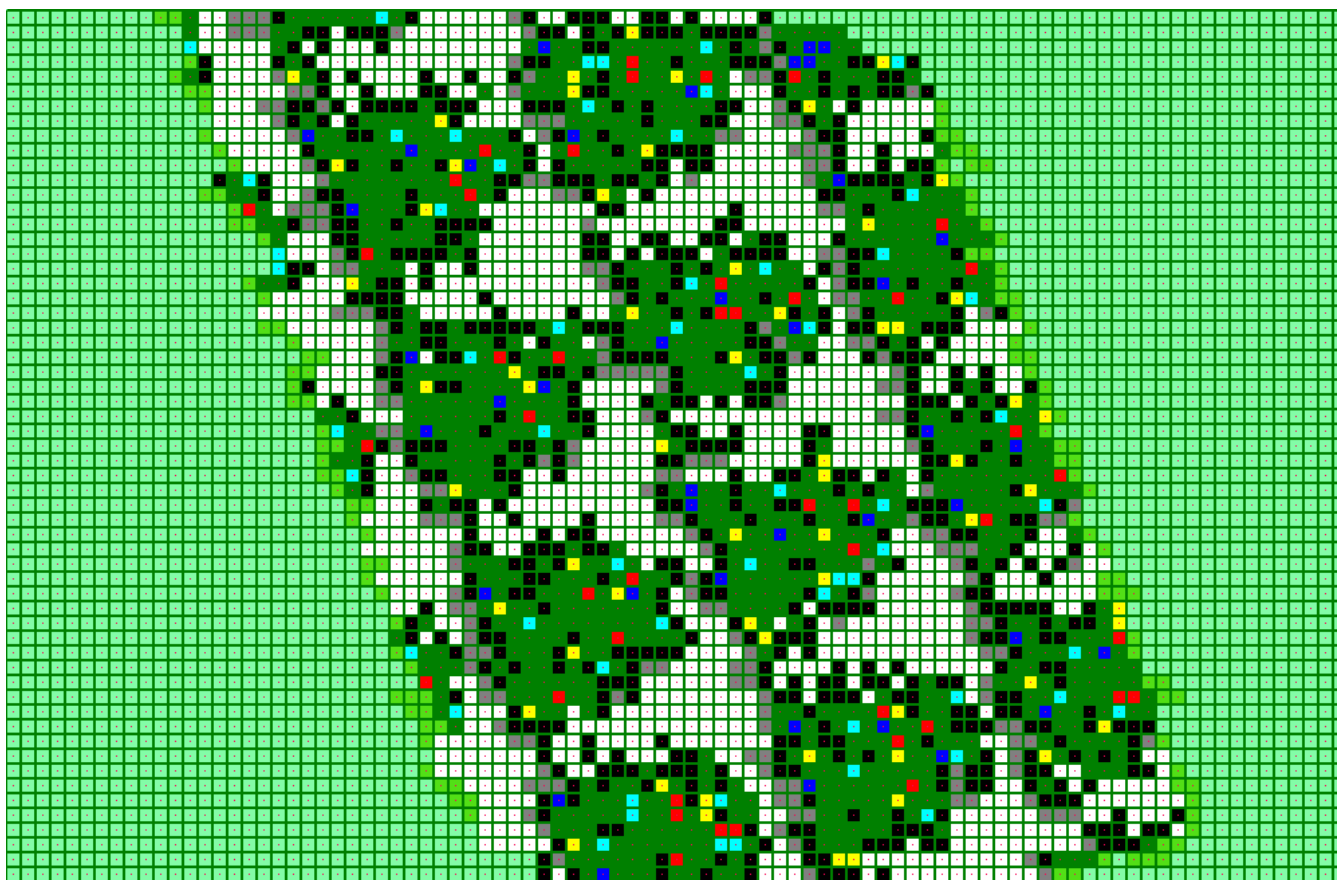
# Аффинные преобразования над ПО



# Аффинные преобразования над ПО

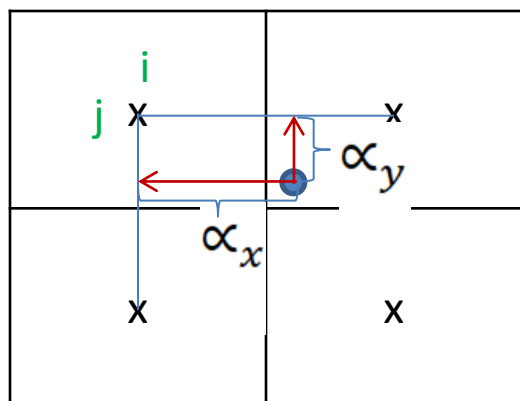


# Аффинные преобразования над ПО



# 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

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

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

$$\alpha_x = x - i$$

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

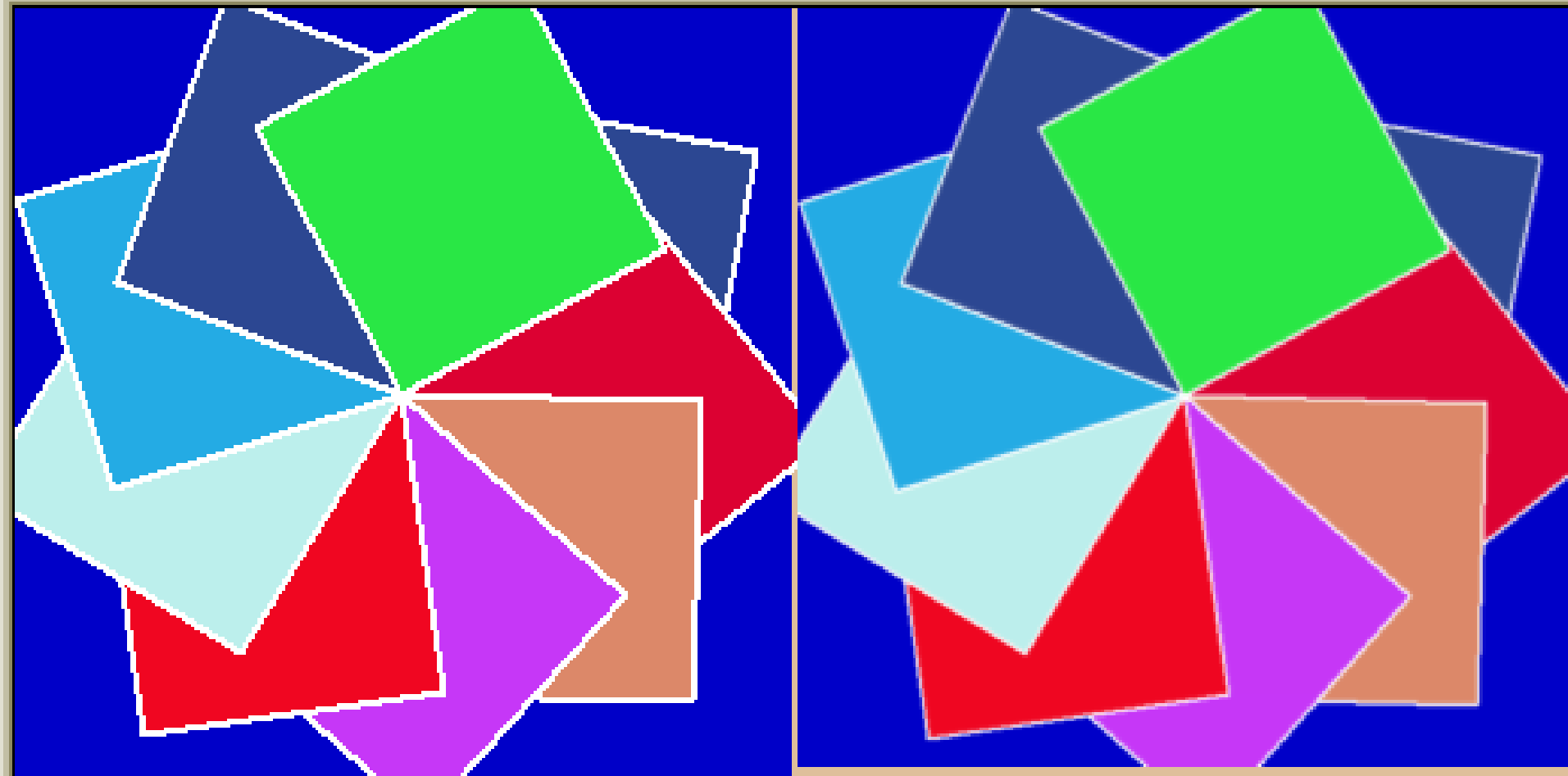
$$\alpha_y = y - j$$

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

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

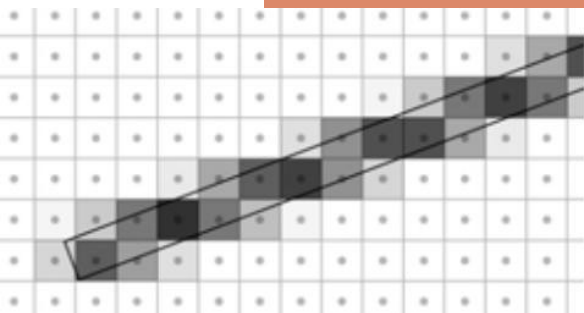
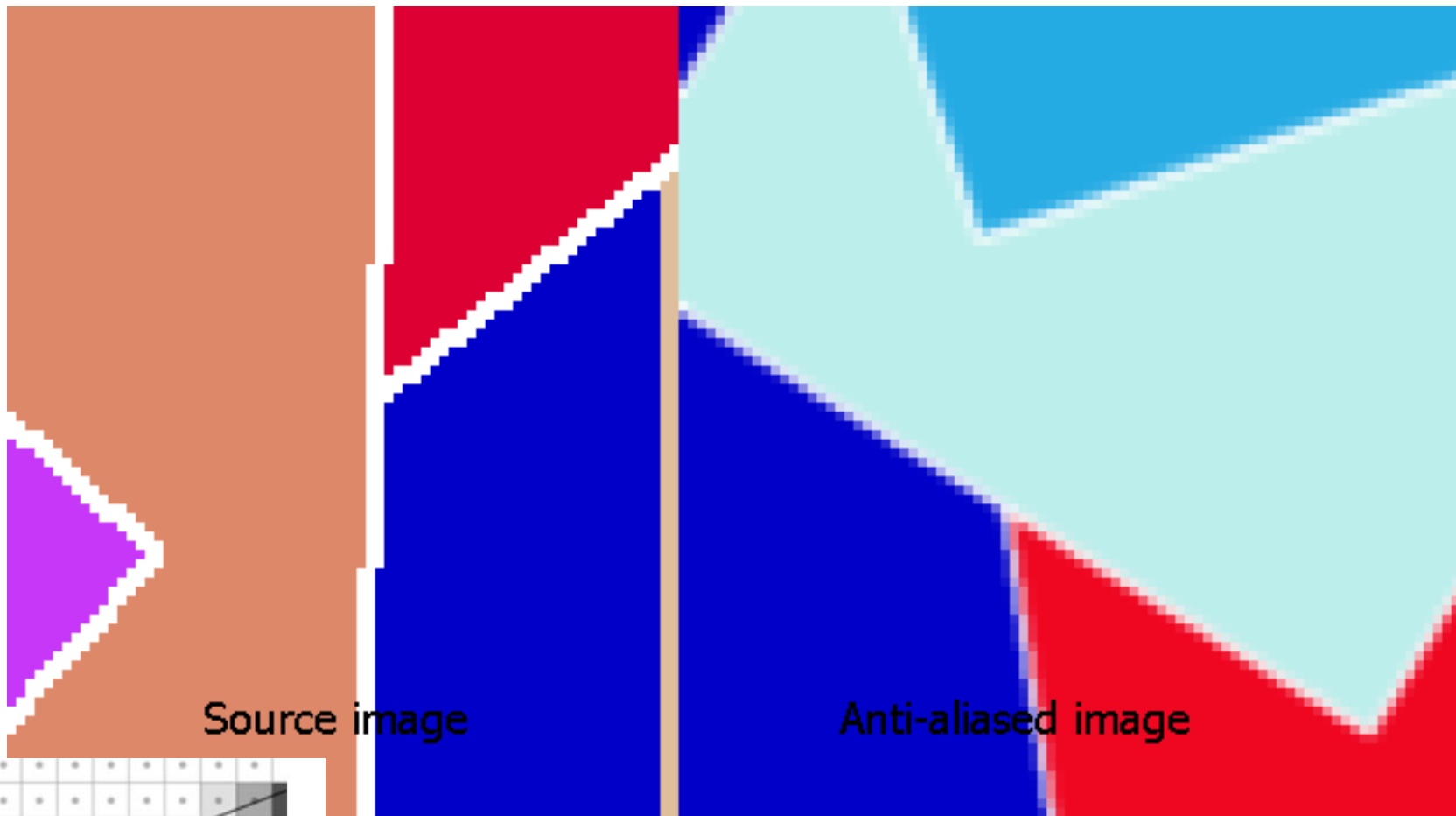
$$c_r = c_1 \cdot (1 - \alpha_y) + c_2 \cdot \alpha_y$$

# Лестничный эффект





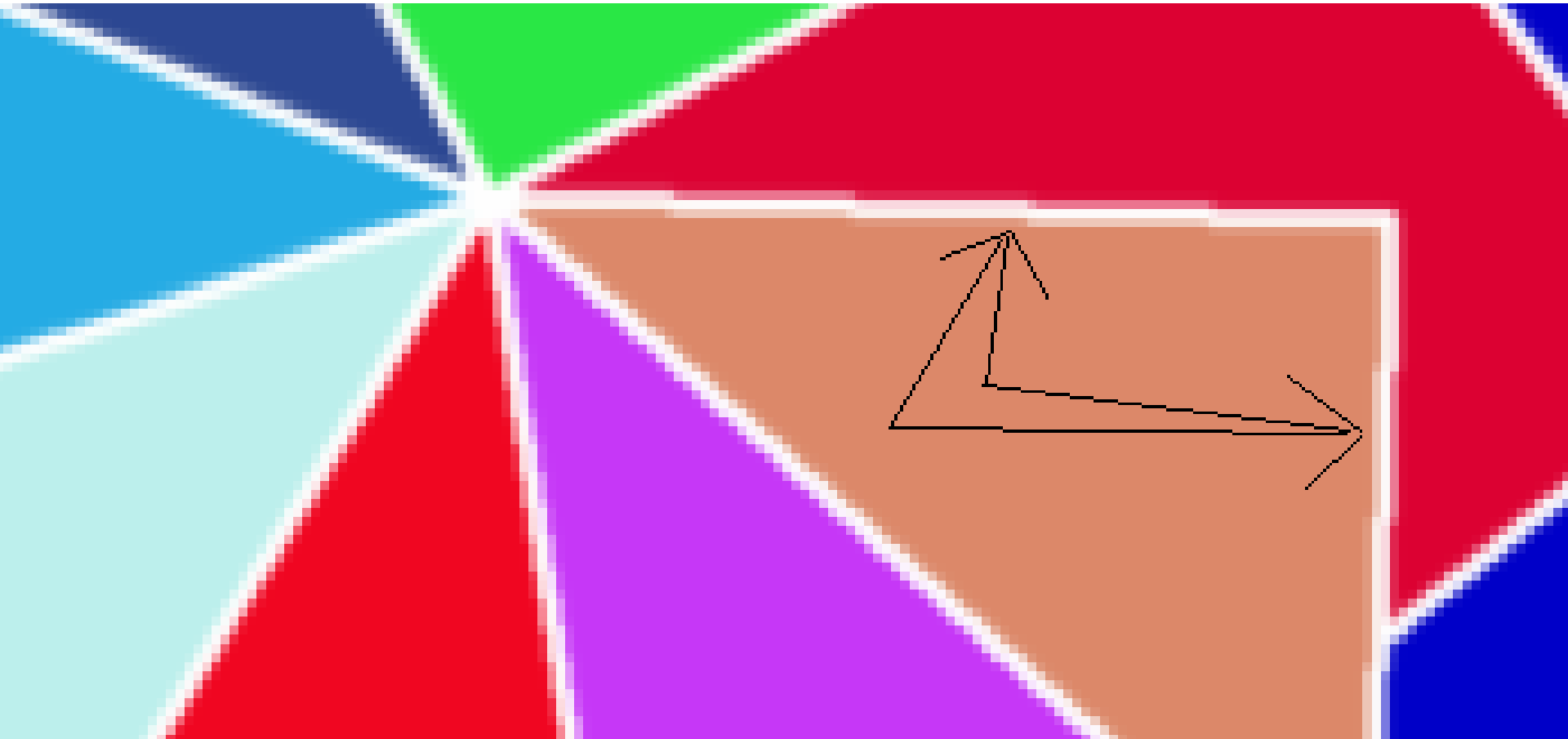
# Лестничный эффект



# Лестничный эффект

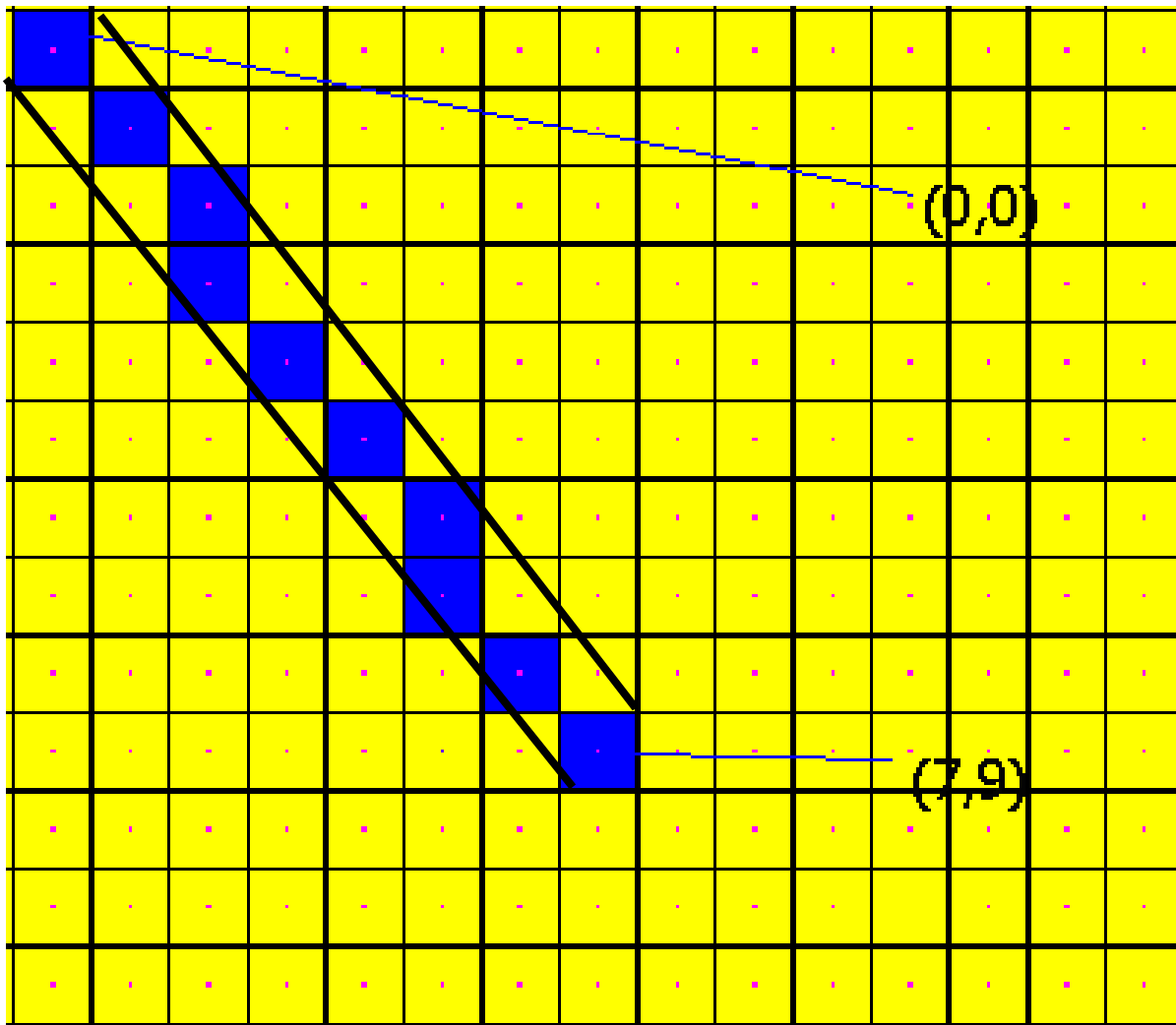


# Лестничный эффект (зависит от наклона)



# Линия

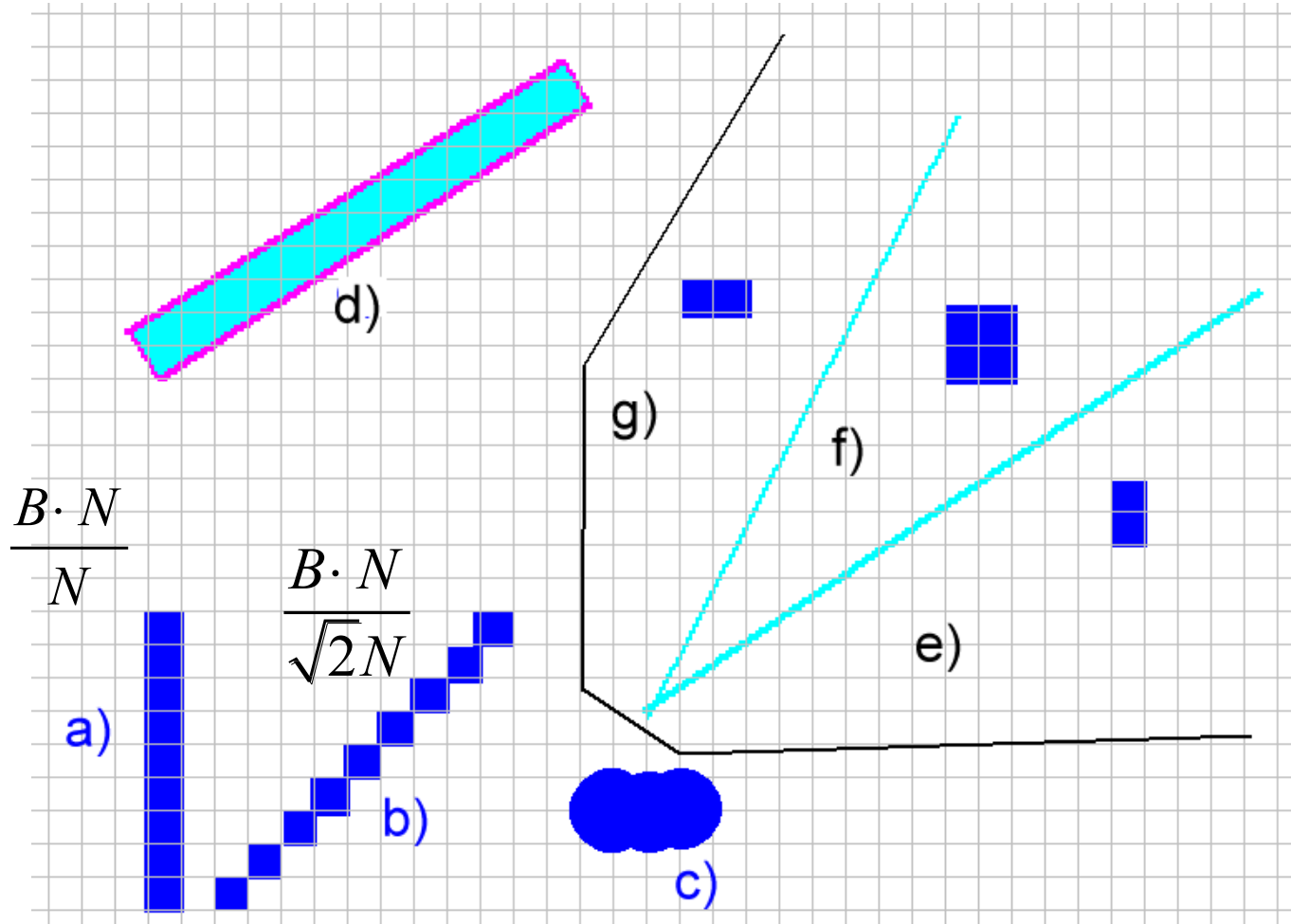
(пиксель – это отображение части реального мира)



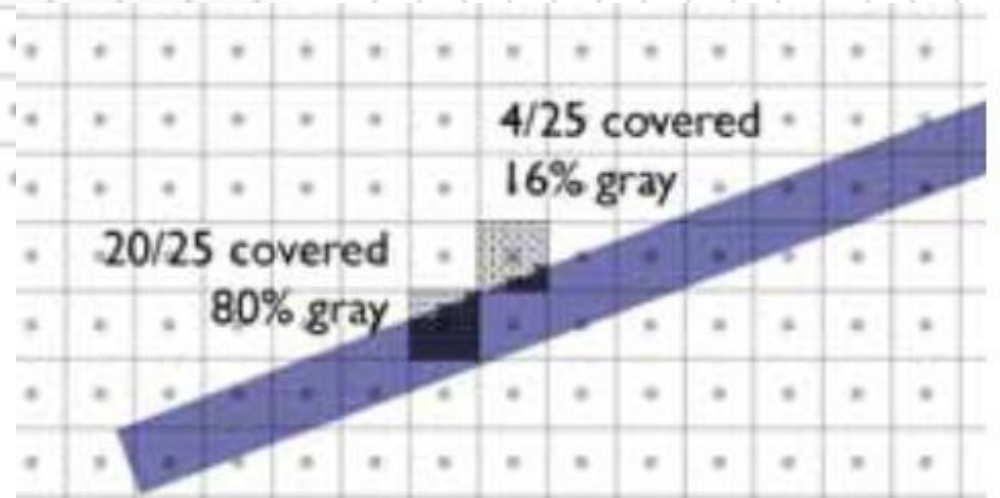
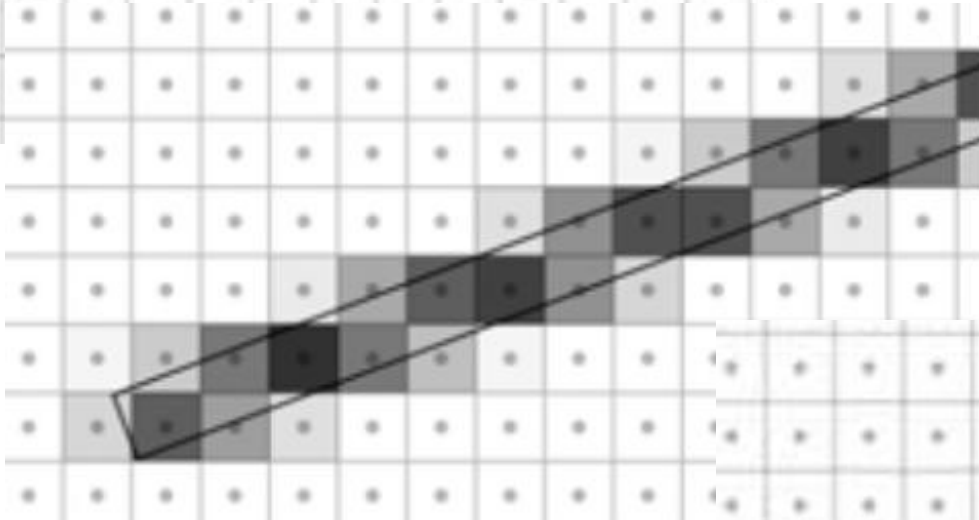
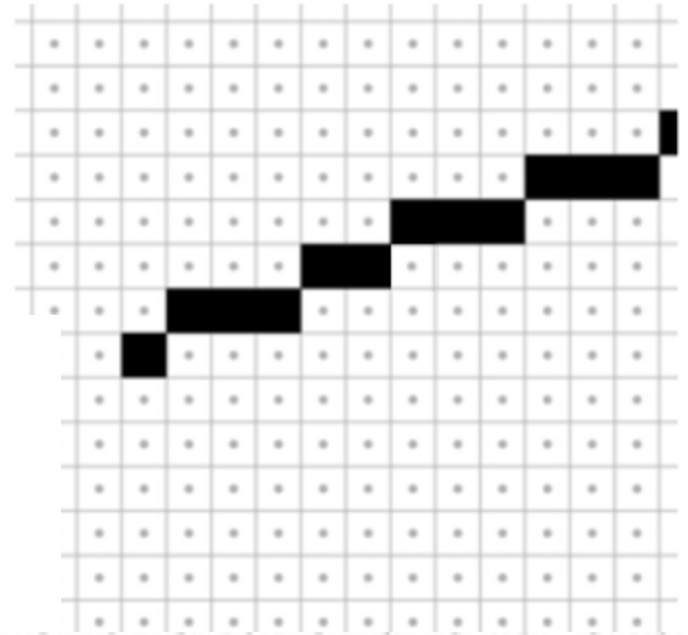
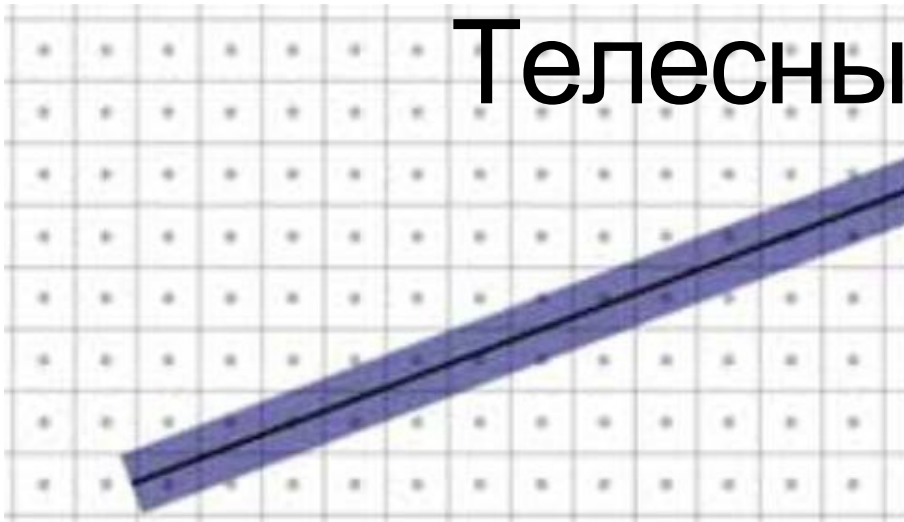
Пиксель имеет ненулевую площадь на экране, значит он должен быть использован для визуального представления области мирового пространства с ненулевой проекционной площадью – областью, которая отображается в этот пиксель.

# Телесные отрезки

задача выравнивания яркости отрезков прямых



# Телесные отрезки



% черного или субпиксельный  
рендеринг

Может быть очень дорогим –  
нужны и другие методы

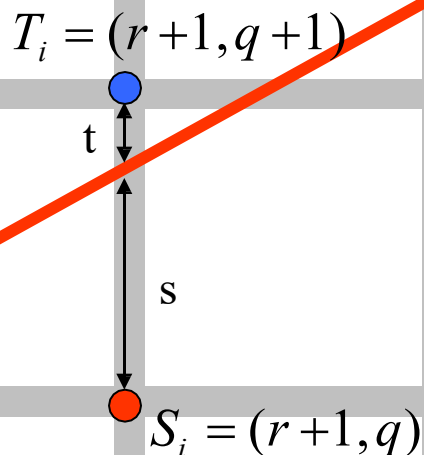
# Алгоритм Ву (У Сяолиня)

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.

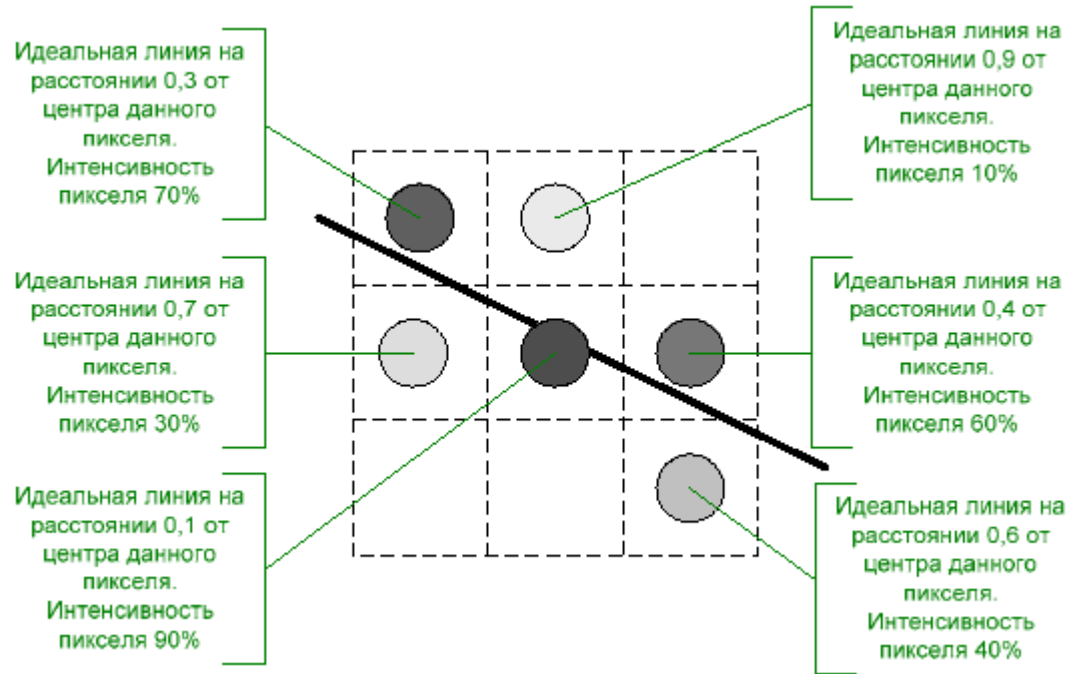
Основной принцип сглаживания — использование возможностей устройства вывода для показа оттенков цвета, которым нарисована кривая.



Яркость точки пропорциональна  
1-расстояние\_до\_прямой

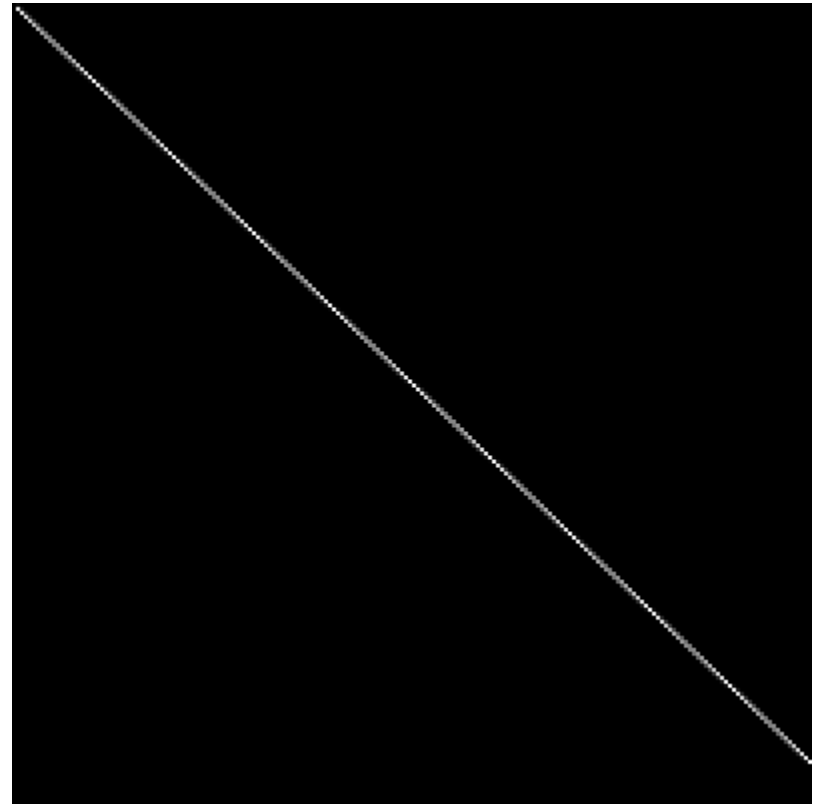
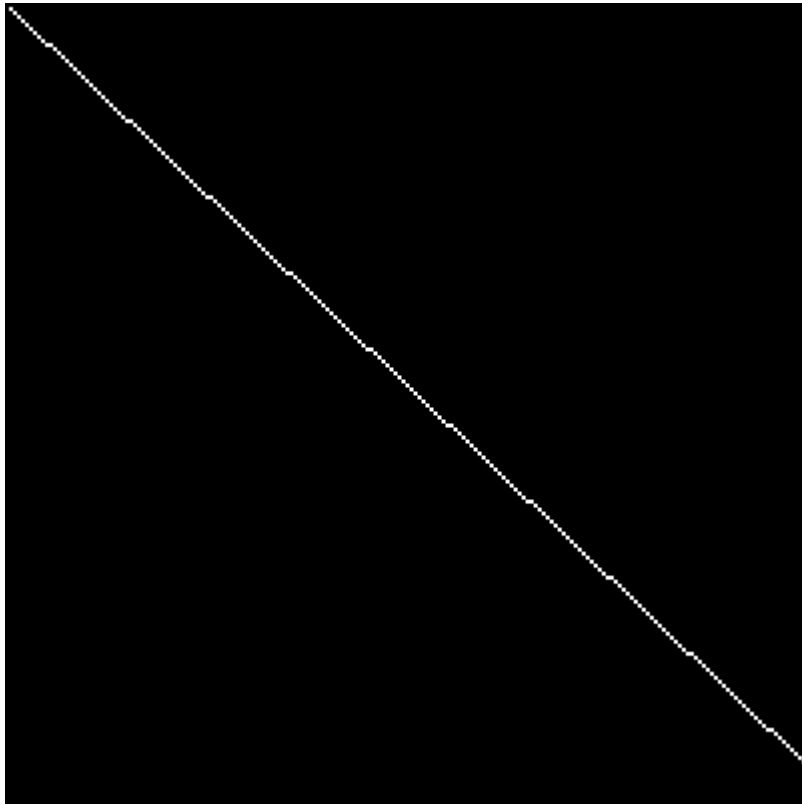
# Алгоритм Ву (У Сяолиня)

```
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)

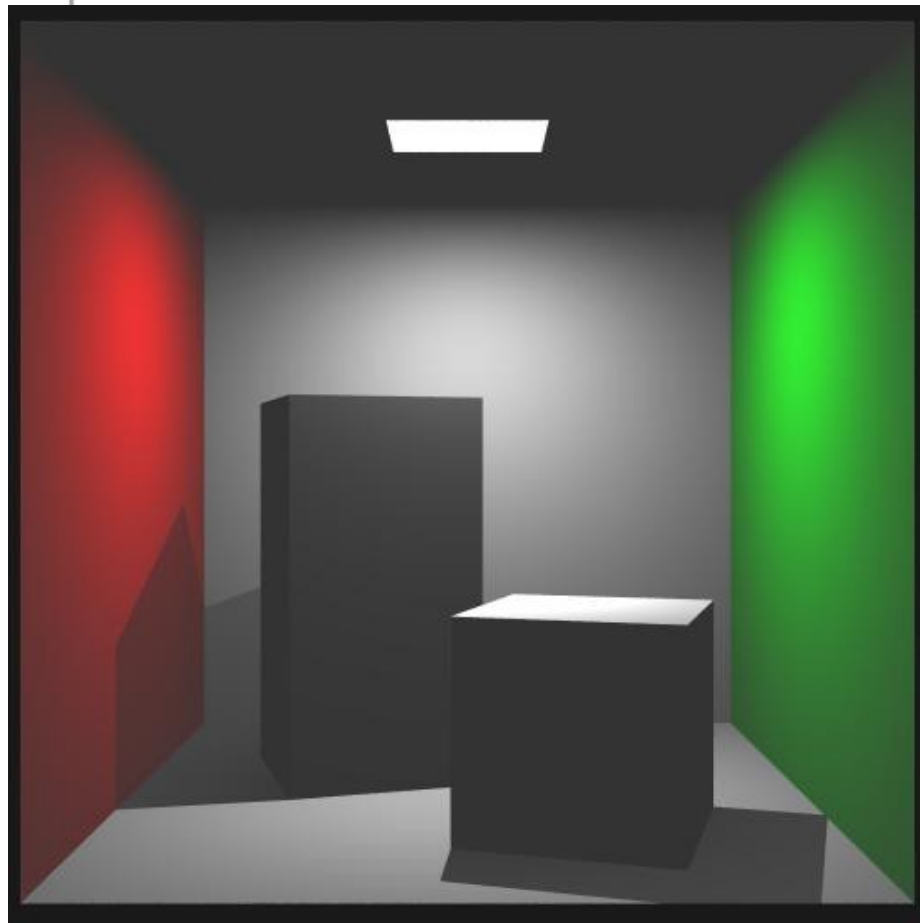
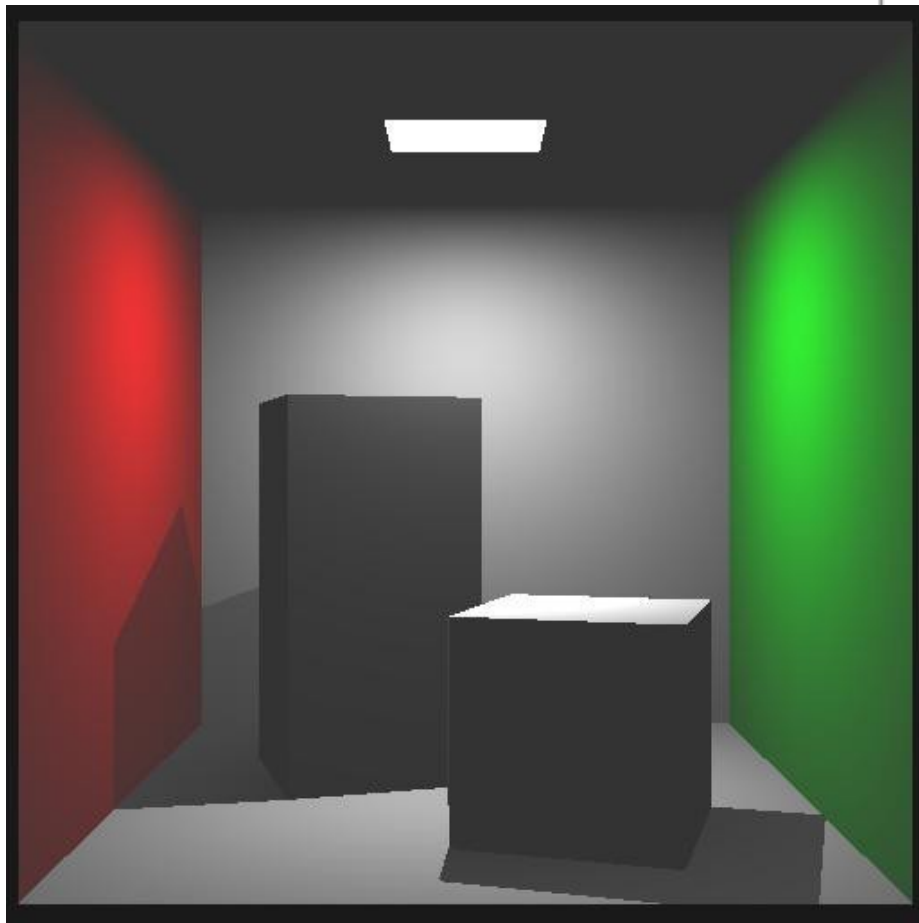
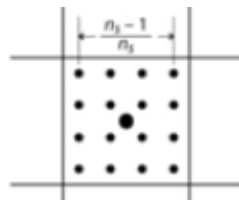


# Буквы

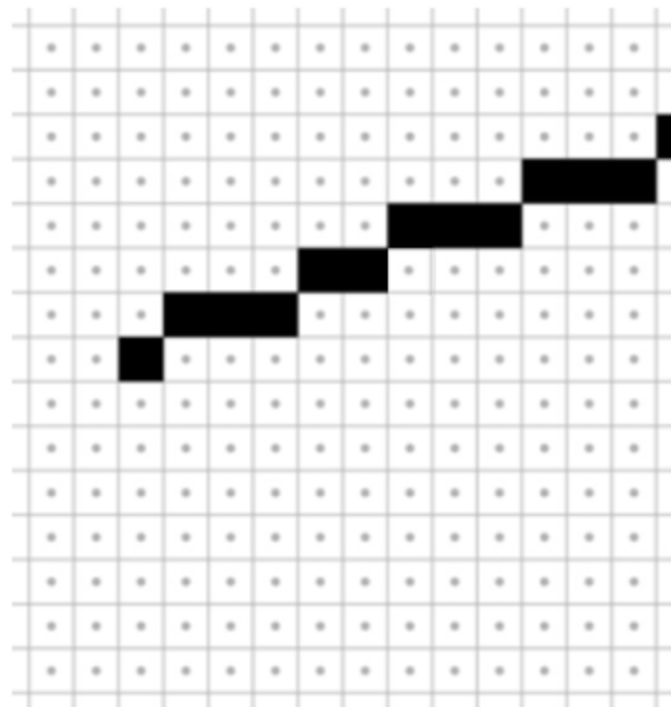
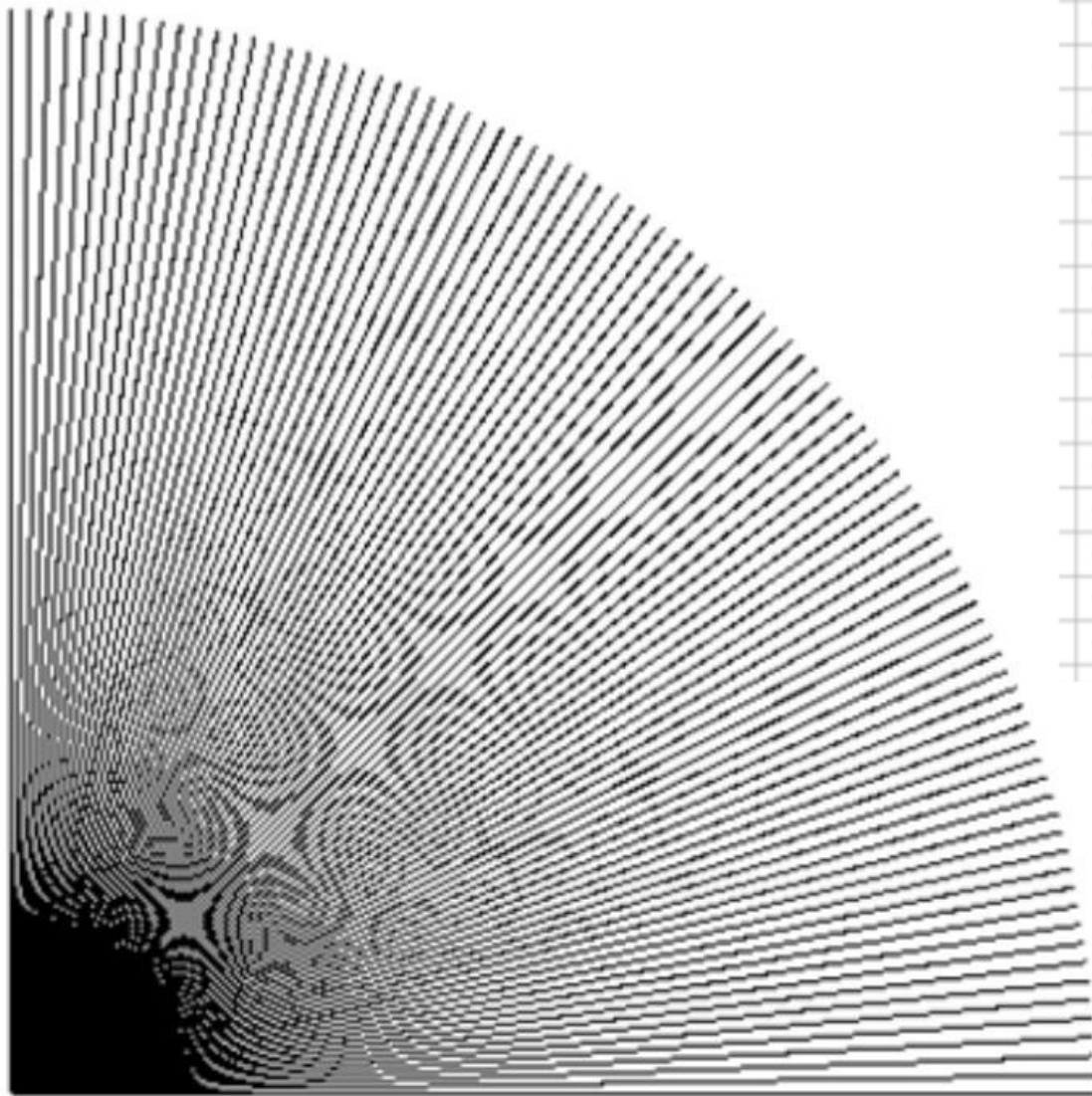
Aliasing Aliasing



# Субпиксельный рендеринг



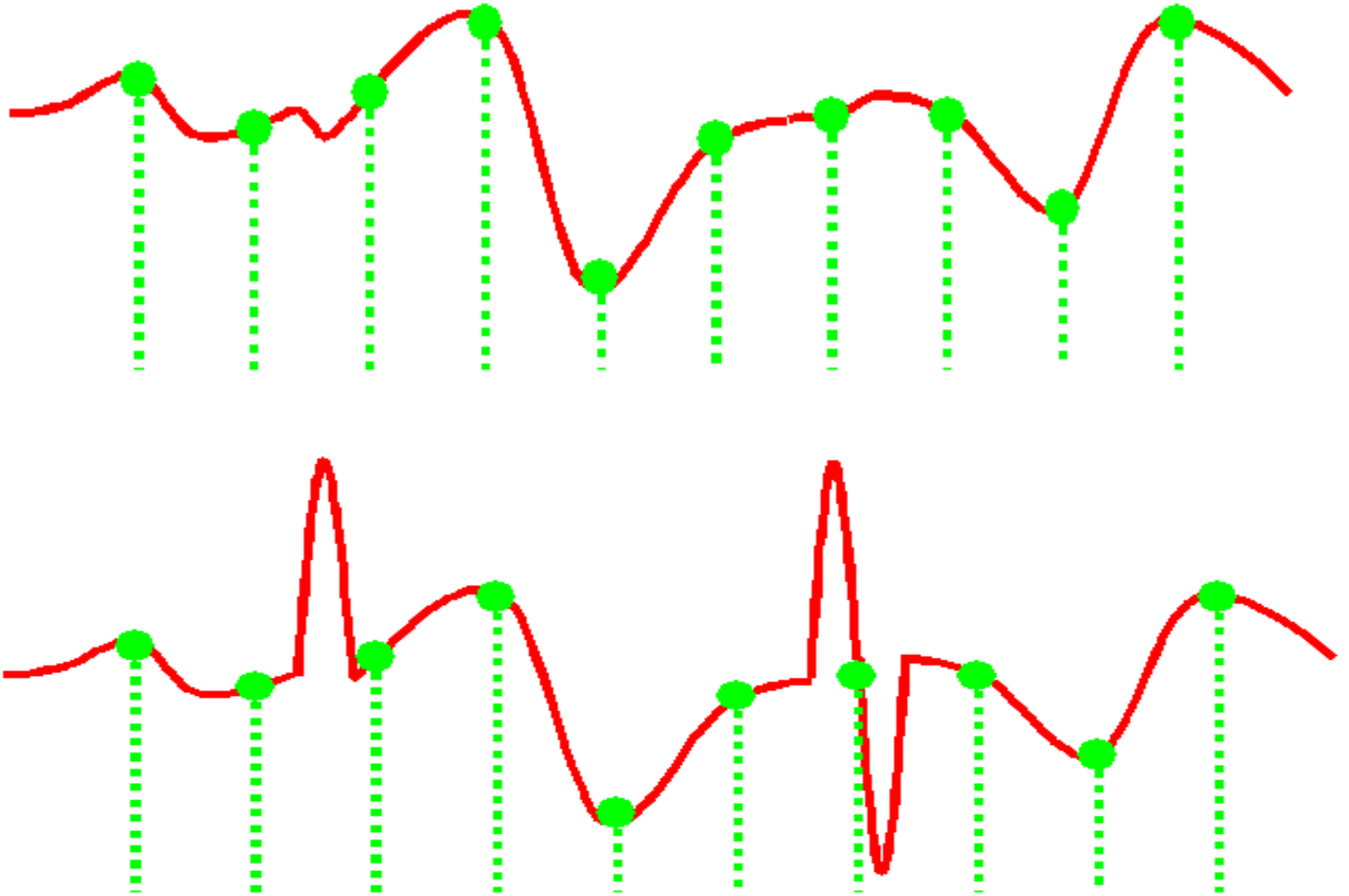
# Муары



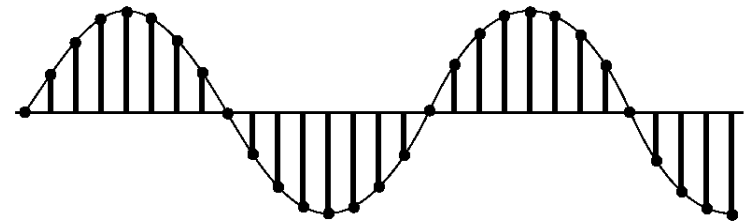
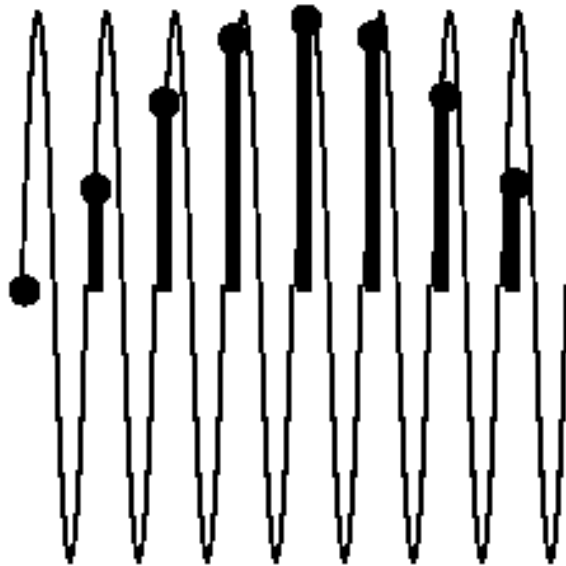
# Алиасинг

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

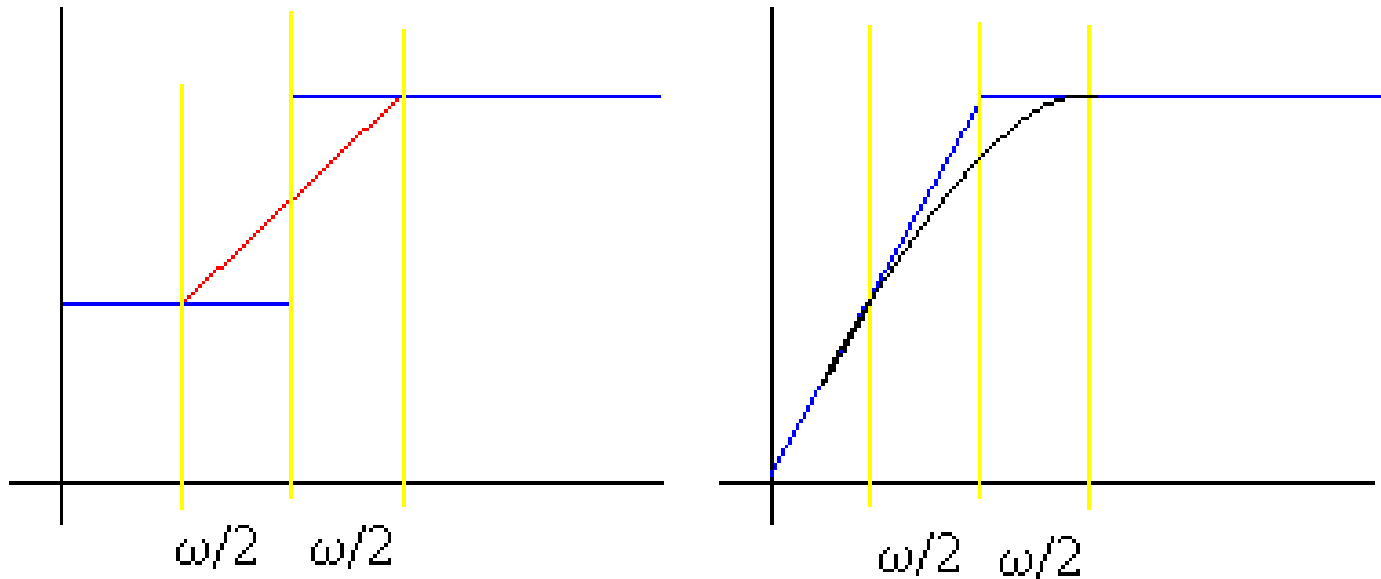


# Точечная выборка



Частота Найквиста

# Регуляризация 1-D



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



# 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

