

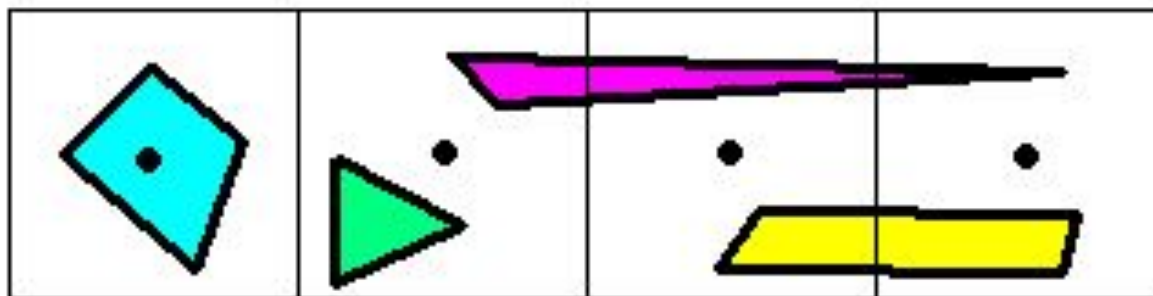
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ

Проф. Митин Александр Иванович

Проявления искажений в машинно-сгенерированных изображениях

- ◆ **Ступенчатость ребер многоугольников**
- ◆ **Некорректная визуализация тонких деталей или текстуры**
- ◆ **Неадекватное отображение очень мелких объектов атрибутами пиксела**

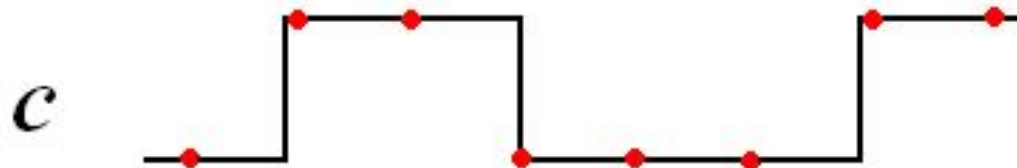
Отображение очень мелких объектов атрибутами пиксела



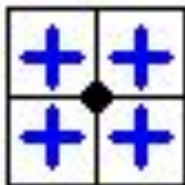
Методы устранения ступенчатости изображений

- ◆ **Увеличение частоты выборки**
 - равномерное усреднение
 - взвешенное усреднение (локальная фильтрация)
- ◆ **Трактовка пиксела как конечной области**
 - «площадная» интерпретация (эвристический подход)
 - свертка (математическое обоснование эвристического подхода)
 - аппроксимация полутонами (дизеринг)

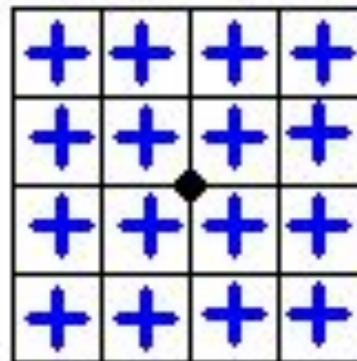
Изображение отрезка в дискретных координатах растра



Равномерное усреднение



Уменьшение
разрешения
в 2 раза



Уменьшение
разрешения
в 4 раза

Взвешенное усреднение

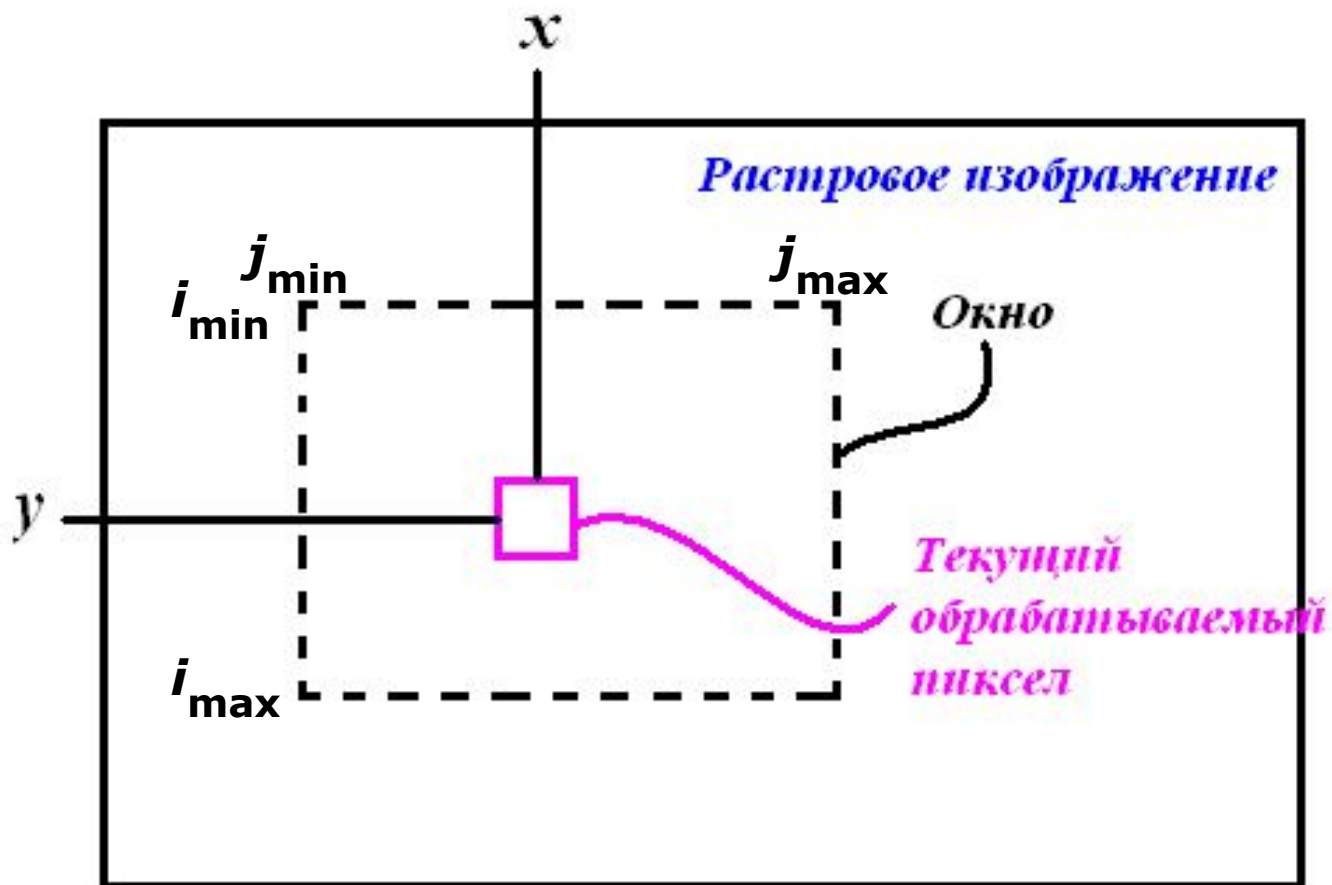
| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 1 |
| 2 | 4 | 2 |
| 1 | 2 | 1 |

Уменьшение
разрешения
в 2 раза

| | | | | | | |
|---|---|----|----|----|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2 | 4 | 6 | 8 | 6 | 4 | 2 |
| 3 | 6 | 9 | 12 | 9 | 6 | 3 |
| 4 | 8 | 12 | 16 | 12 | 8 | 4 |
| 3 | 6 | 9 | 12 | 9 | 6 | 3 |
| 2 | 4 | 6 | 8 | 6 | 4 | 2 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 1 |

Уменьшение
разрешения
в 4 раза

Локальная фильтрация пикселей



Стандартный перекрестный фильтр

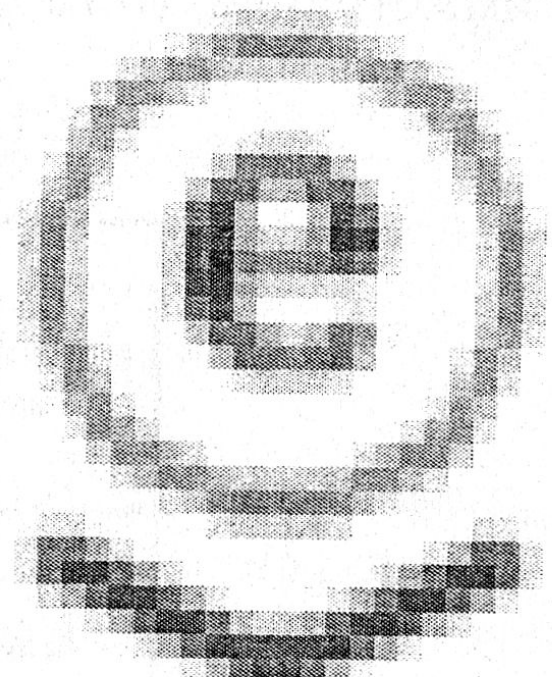
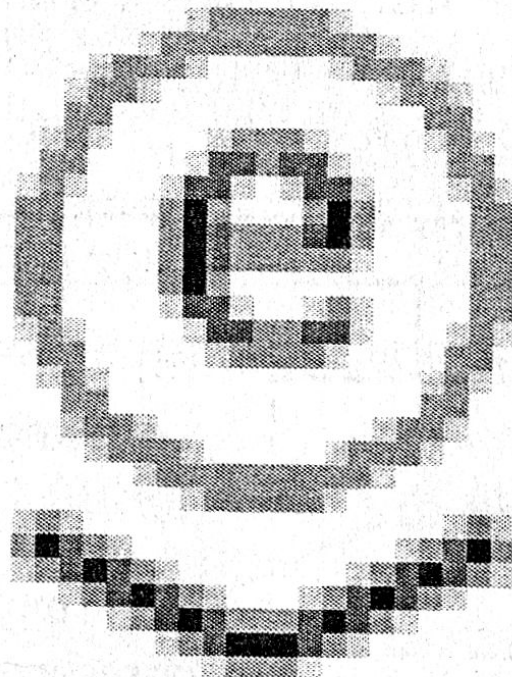
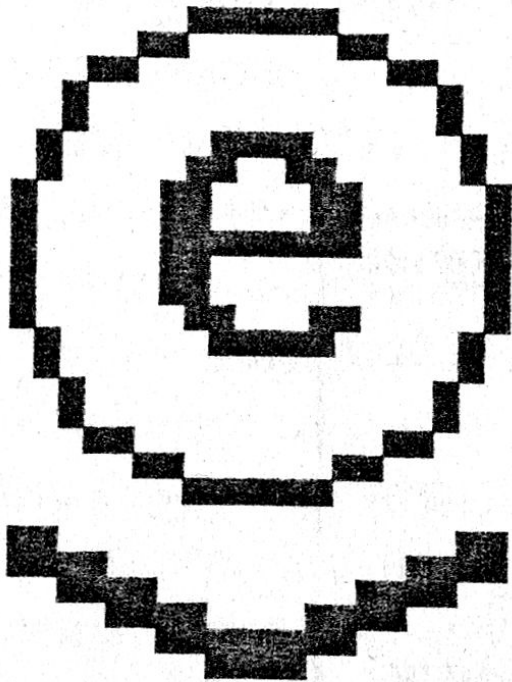
Исходное
изображение

Маска

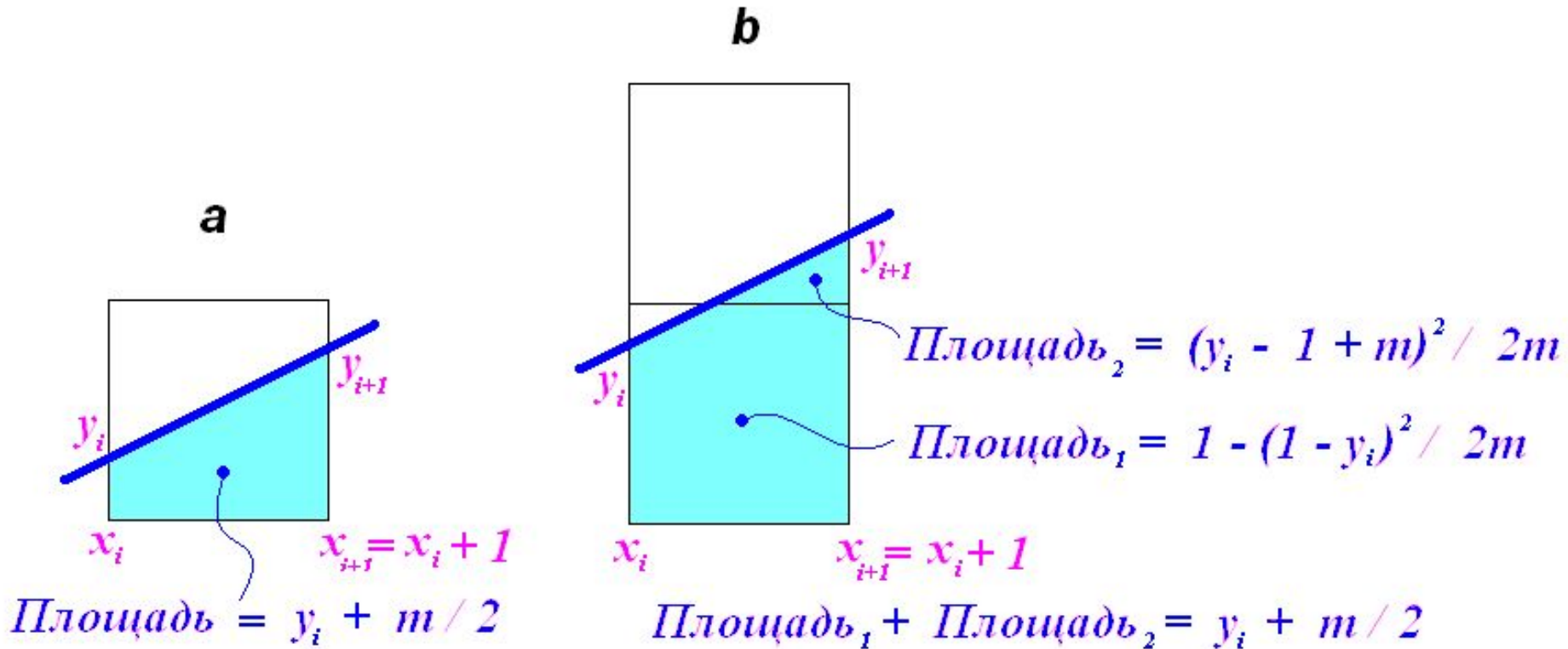
$$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Маска

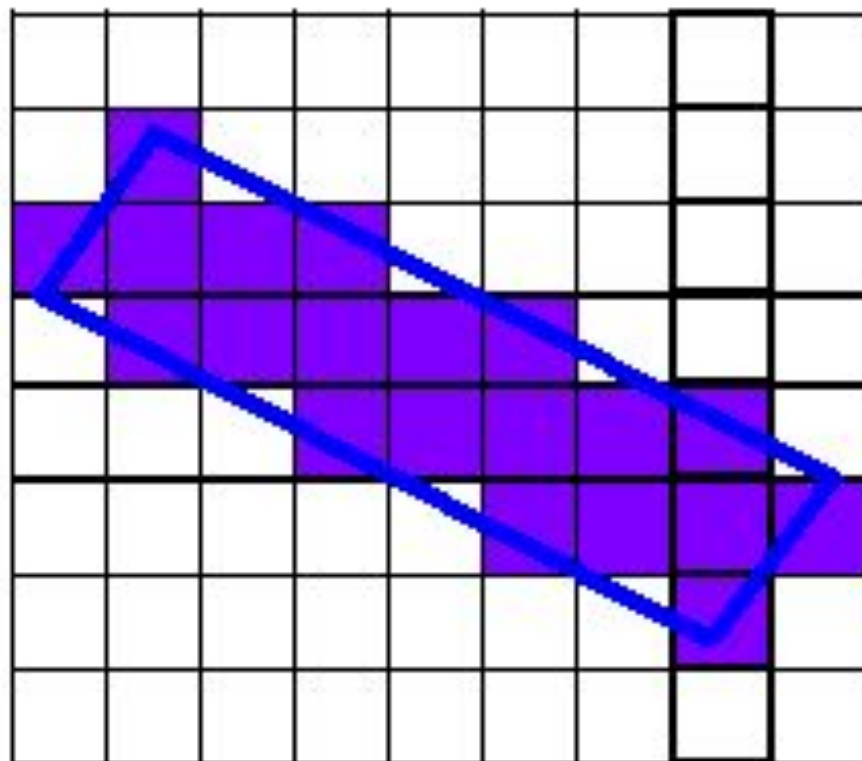
$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$



Простой метод устранения ступенчатости



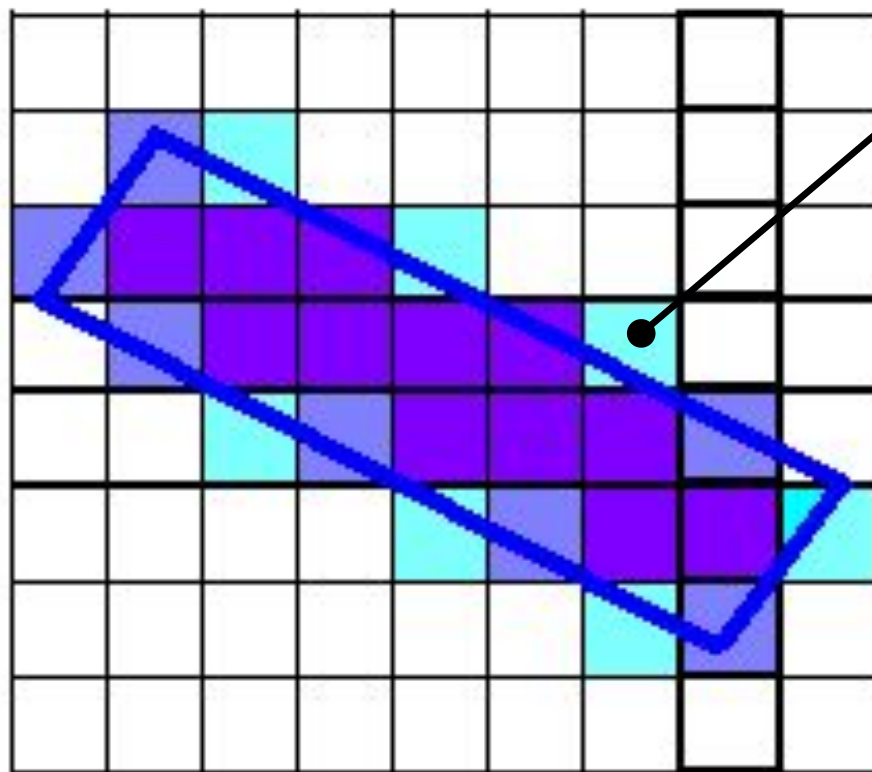
Корректное закрашивание ПИКСЕЛОВ



\rangle C

\rangle C_{ϕ}

Сглаживание с помощью оттенков цвета

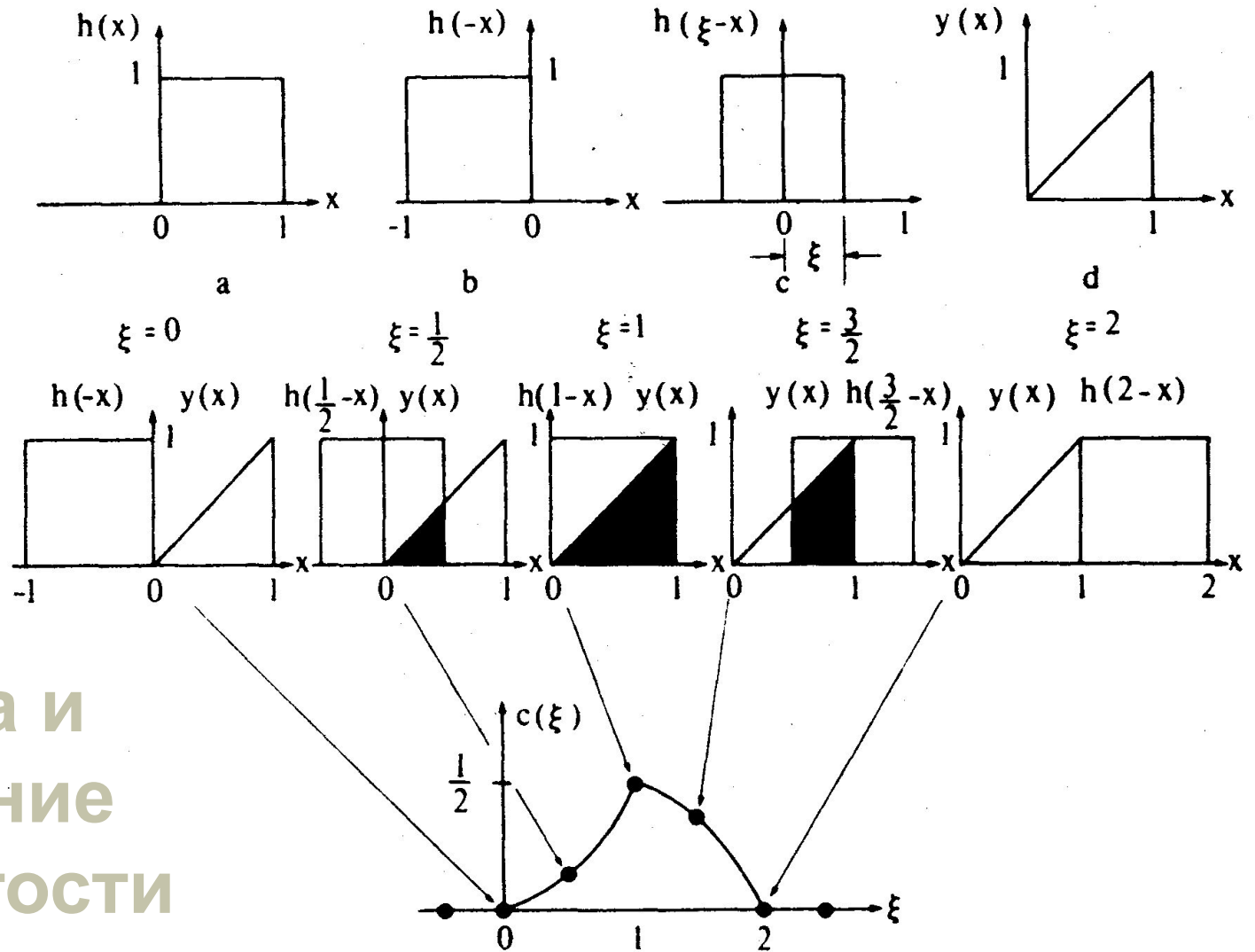


C

C_x

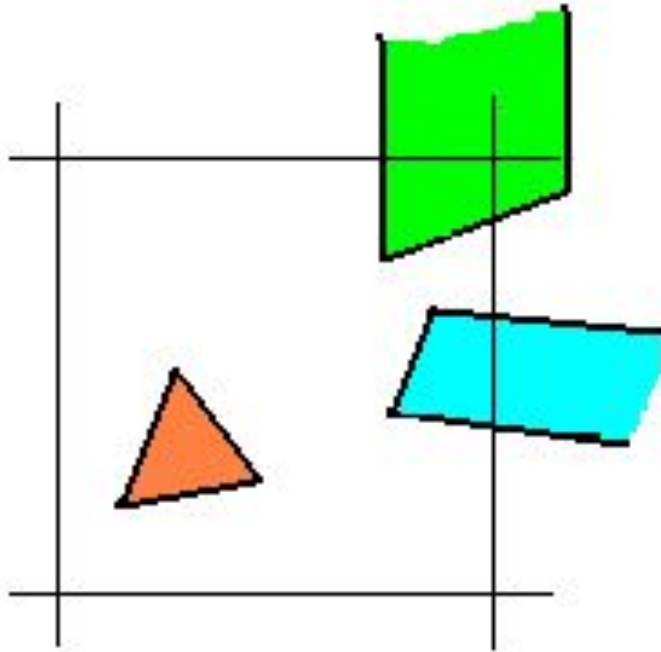
C_ϕ

Свертка и устранение ступенчатости

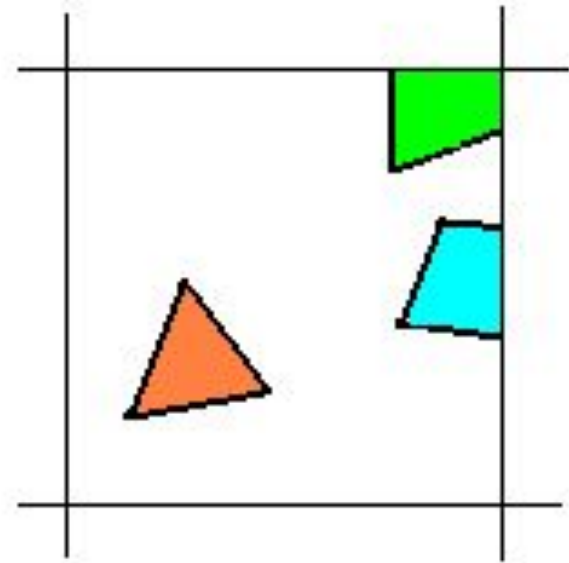


$$c(\xi) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(\xi - x) y(x) dx$$

Сглаживание с помощью отсечения

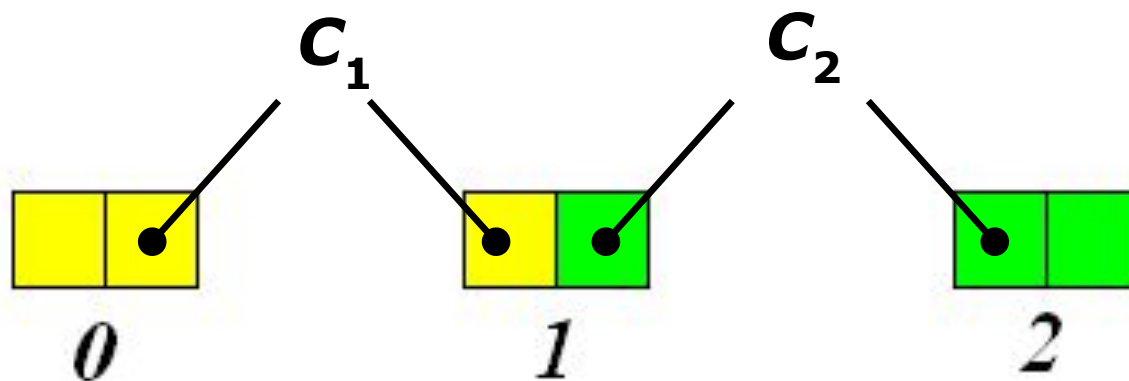


*Неотсеченные
многоугольники*



*Отсеченные
многоугольники*

Дизеринг — увеличение количества оттенков цветов за счет снижения пространственного разрешения

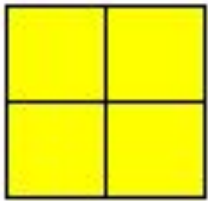


$$C = (C_1 + C_2) / 2$$

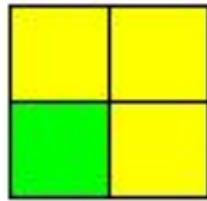
An arrow points from the equation to the dot in the yellow half of stage 1.

Растр из ячеек 2×2

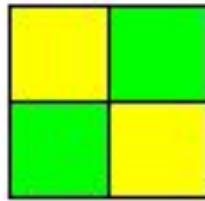
(5 градаций цвета, из них градации 1, 2 и 3 дают новые оттенки)



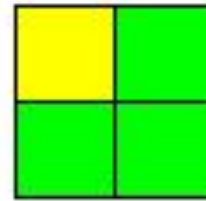
0



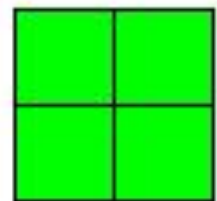
1



2

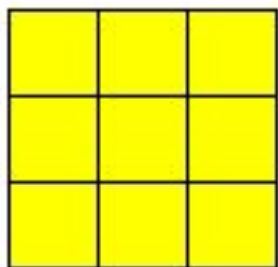


3

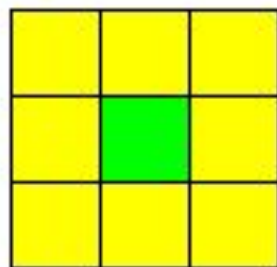


4

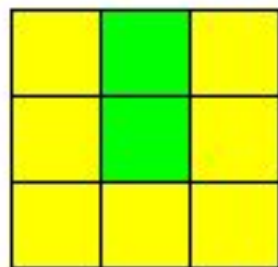
Растр из ячеек 3×3 (10 градаций цвета)



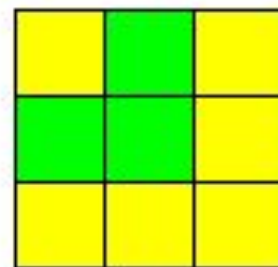
0



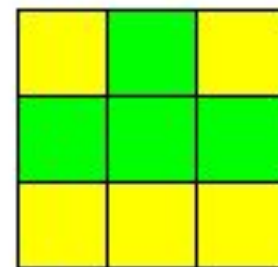
1



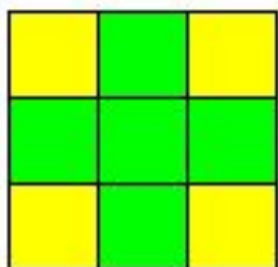
2



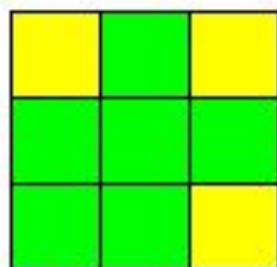
3



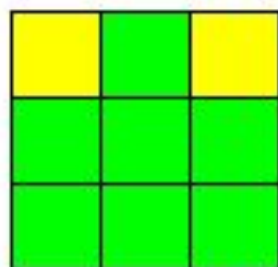
4



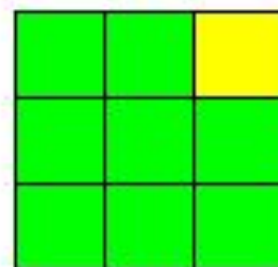
5



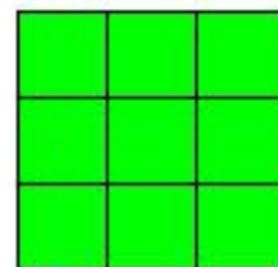
6



7

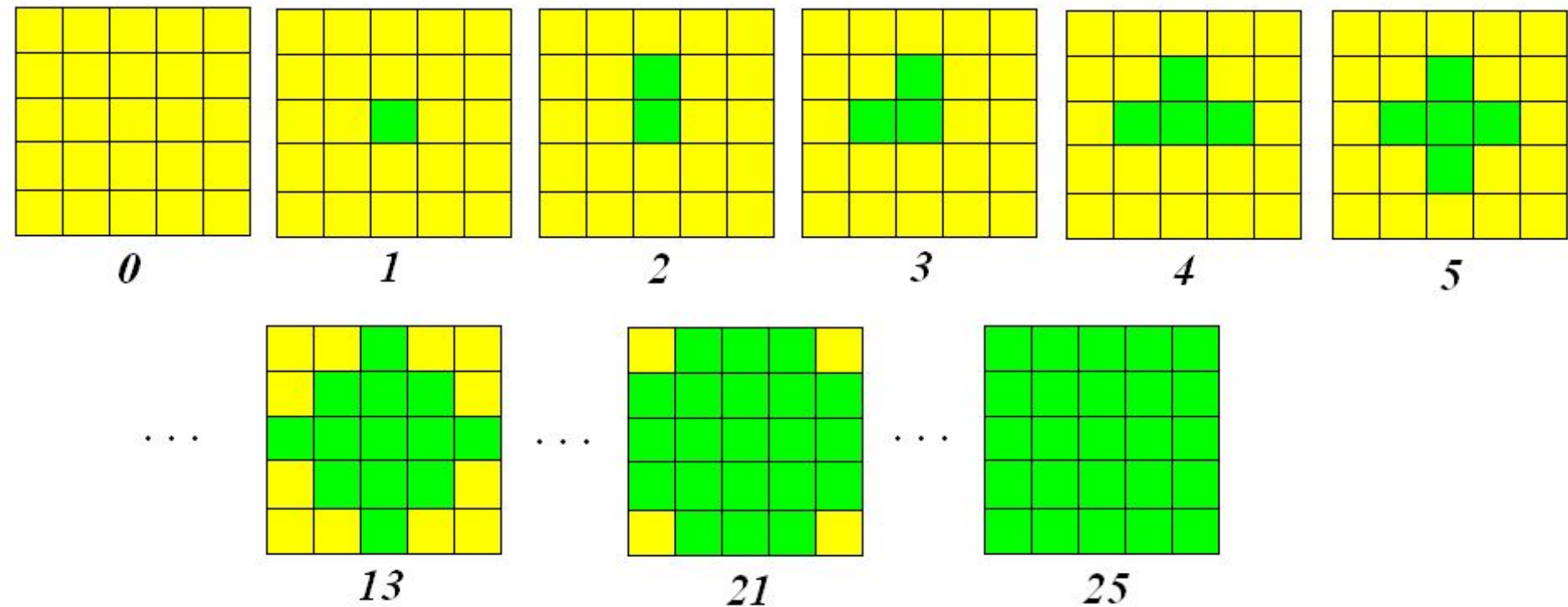


8

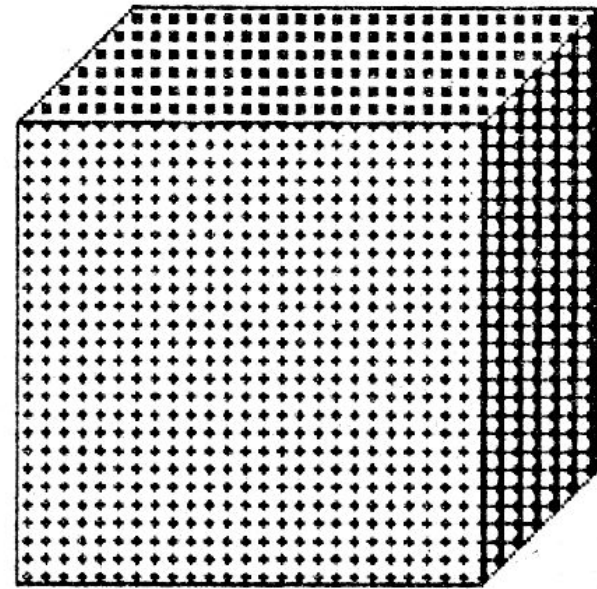
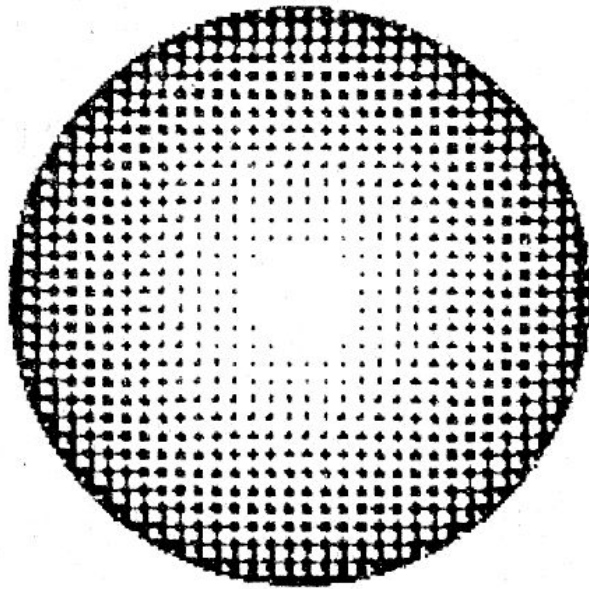
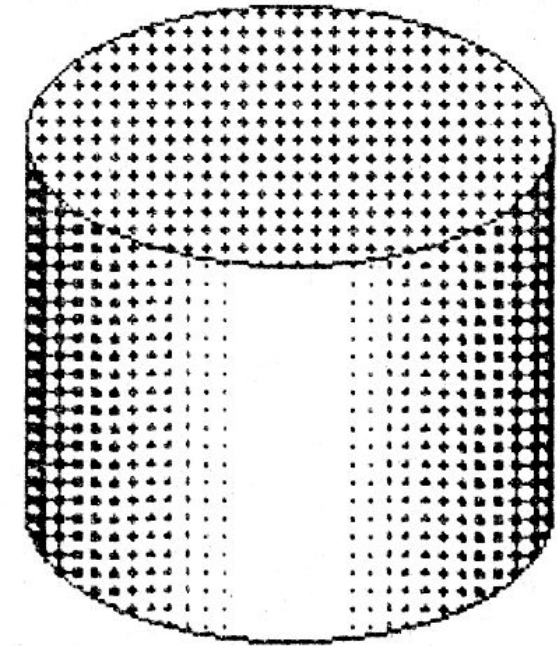


9

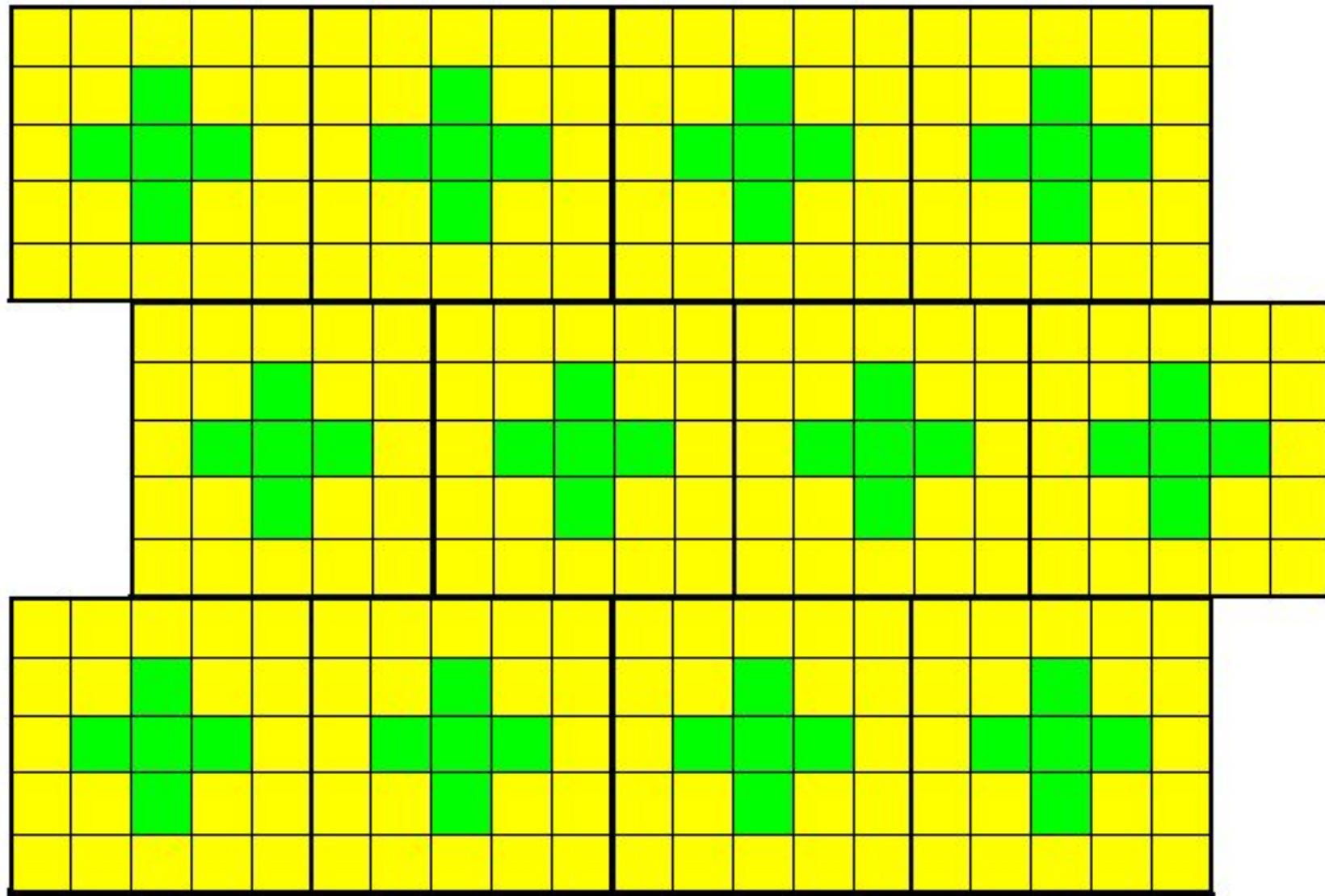
Растр из ячеек 5×5 (26 градаций цвета)



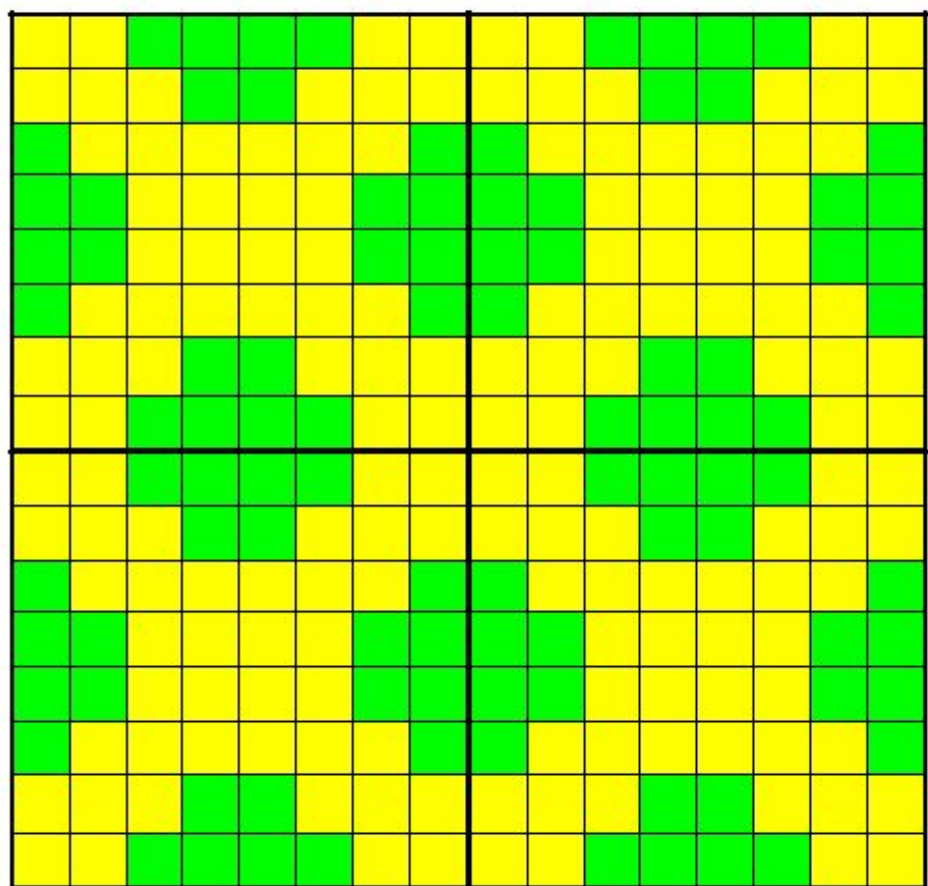
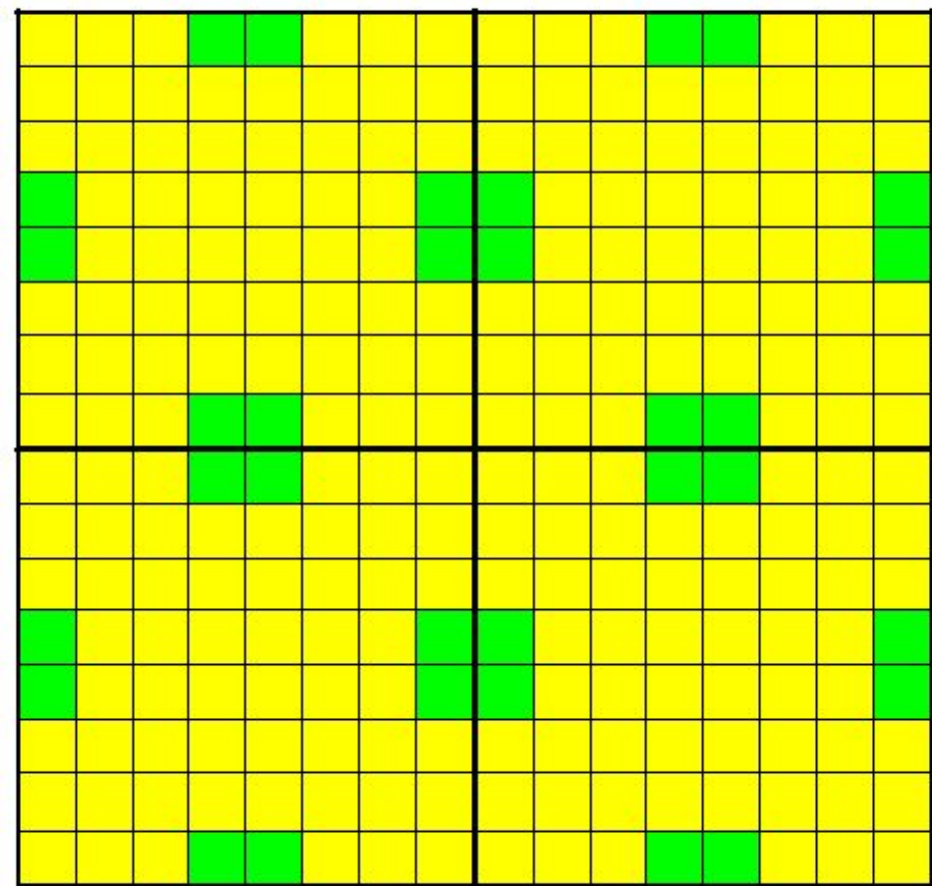
Квадратный растр на основе ячеек 5×5



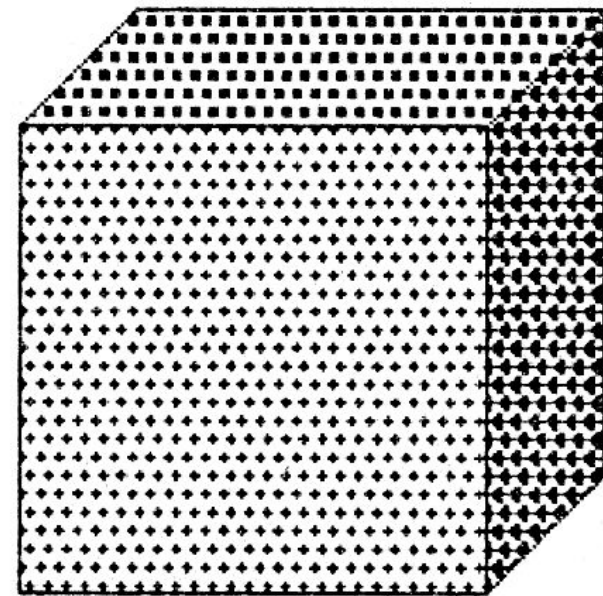
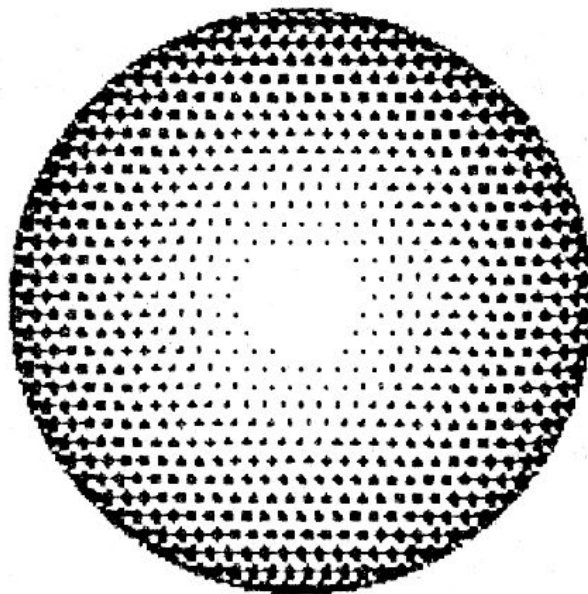
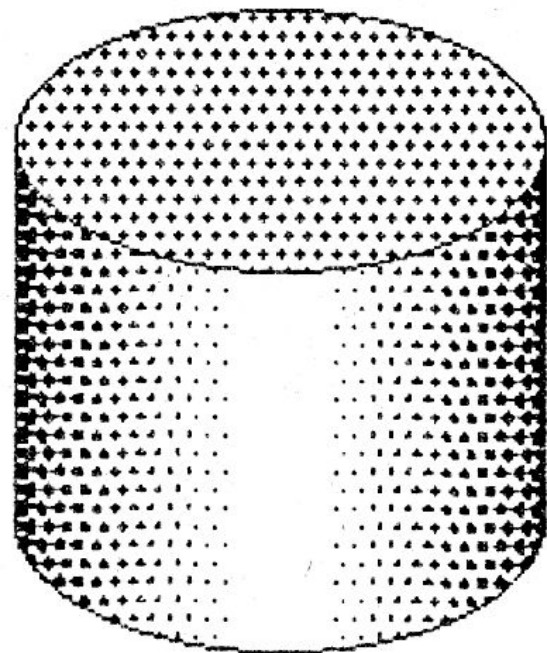
Диагональный растр из ячеек 5×5



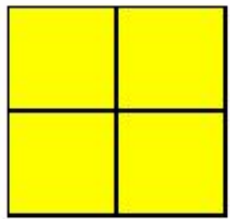
«Псевдодиагональный» растр из ячеек 8×8



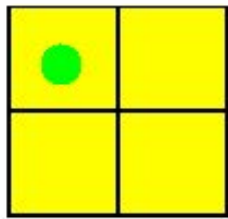
Диагональный растр на основе ячеек 5×5



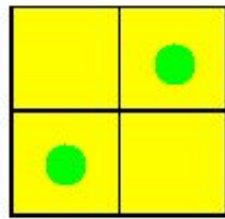
Использование точек разного размера



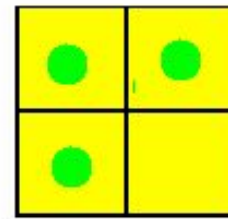
0



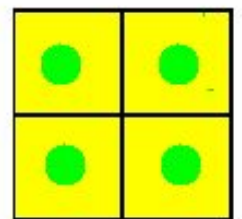
1



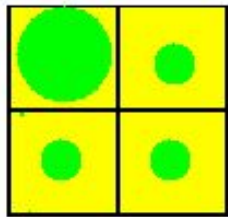
2



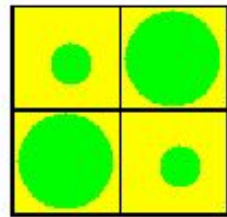
3



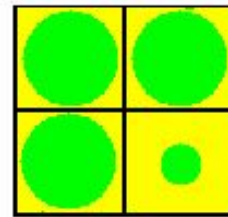
4



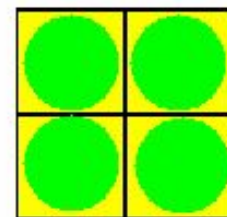
5



6

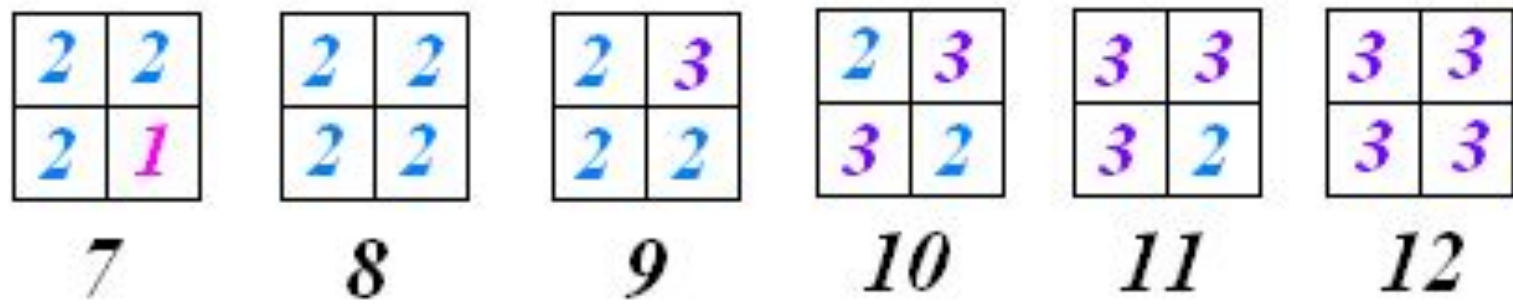
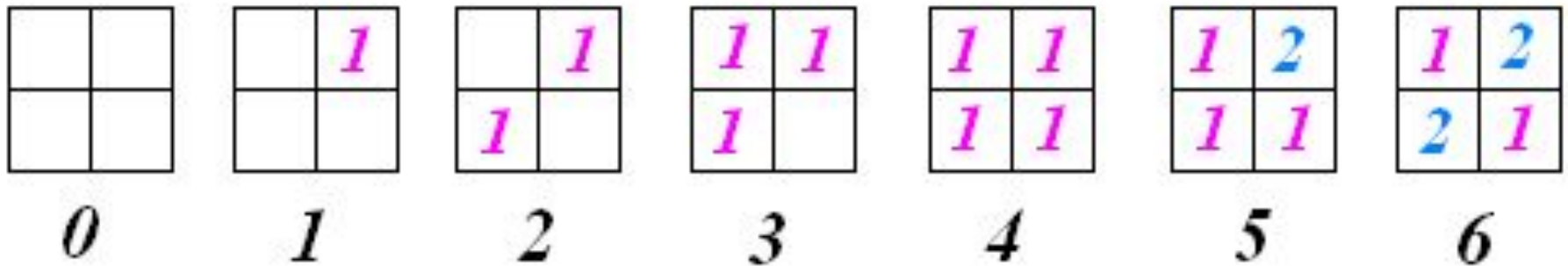


7

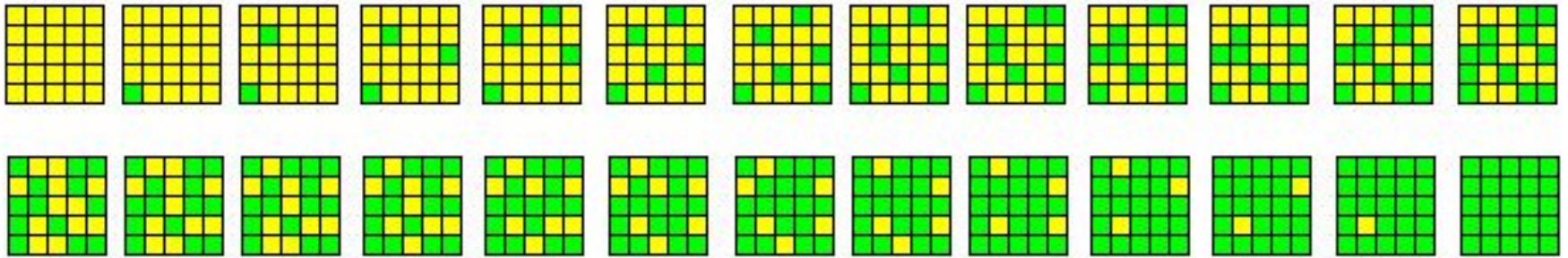


8

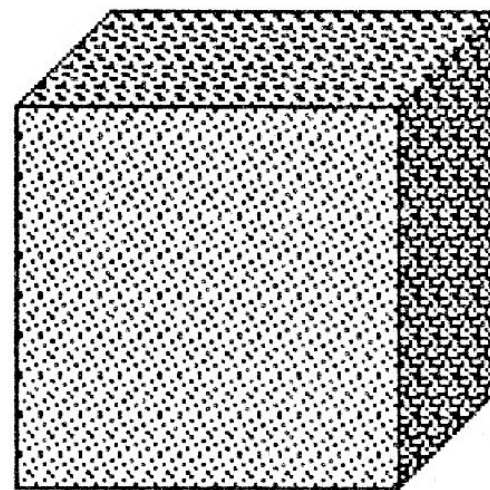
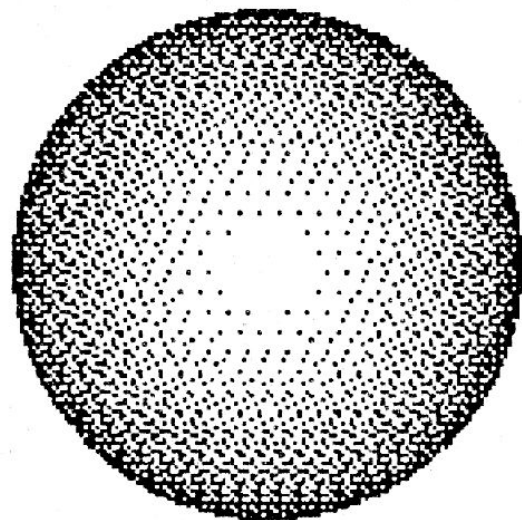
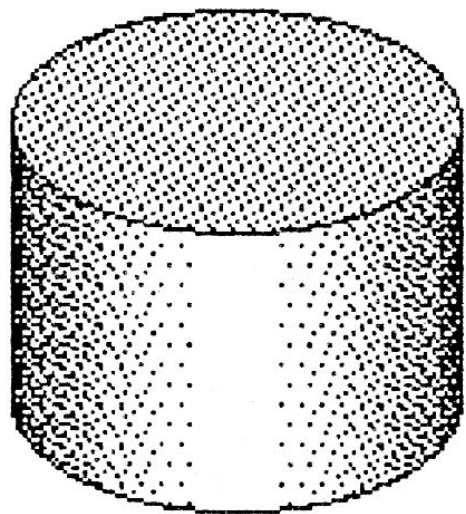
Использование более одного бита на пиксел



Частотная модуляция (ЧМ) раstra из ячеек 5×5



ЧМ - растр на основе ячеек 5×5



Пороговое значение пиксела: метод Флойда-Стейнберга

$I(x, y)$
интен-
сивность
текущего
пиксела

$I(x, y) +$
 $+\frac{3}{8}$ ошибки

$I(x, y) +$
 $+\frac{3}{8}$ ошибки

$I(x, y) +$
 $+\frac{1}{4}$ ошибки

Пороговое значение пиксела: метод упорядоченного возбуждения

$$[D_2] = \begin{pmatrix} 0 & 2 \\ 3 & 1 \end{pmatrix},$$

$$[D_n] = \begin{pmatrix} 4D_{n/2} & 4D_{n/2} + 2U_{n/2} \\ 4D_{n/2} + 3U_{n/2} & 4D_{n/2} + U_{n/2} \end{pmatrix}, n \geq 4$$

где n – размер матрицы (степень двойки) и

$$[U_n] = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & & \\ \boxtimes & & & \\ 1 & & & \end{pmatrix}$$

Спасибо за внимание