

Компьютерная графика. Лекция 5



БОРЬБА С ШУМОМ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Виды шума и их источники

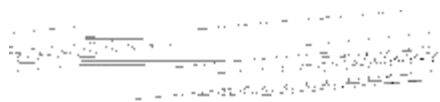
Методы подавления шума

- • Методы, работающие в пространственной области
- • Методы, работающие во временной области (как использующие, так и не использующие компенсацию движения)
- • Методы удаления вертикальных царапин со старых киноплёнок
- MSU Noise Remover
- Методы оценки качества шумоподавления



ВИДЫ ШУМА

- Самый распространенный – **белый гауссовский шум** (описывается следующей функцией плотности распределения:



- **Биение пикселов** (изолированные точки на изображении, значение которых значительно отличается от значений окружающих их точек)
- **Вертикальные царапины** (характерны для старых черно-белых видеозаписей)



ПРОИСХОЖДЕНИЕ ШУМА

- Источниками белого и импульсного шума могут быть:
 - a. неидеальное оборудование для захвата изображения (видеокамера и т.п.)
 - b. помехи при передаче по аналоговым каналам
 - c. неточности при выделении яркостного и цветоразностных сигналов из аналогового композитного сигнала и т. д.

Вертикальные царапины возникают при механическом повреждении эмульсии на пленке.



ШУМ В ТЕЛЕВИДЕНИИ



ШУМ НА СТАРЫХ ФИЛЬМАХ



ЗАЧЕМ НУЖНО ПОДАВЛЯТЬ ШУМ

- Улучшается визуальное качество изображения
- Подавление шума очень важно при сжатии видео:
 1. Уменьшается межкадровая разница, и, как следствие, увеличивается степень сжатия
 2. Лучше работают алгоритмы компенсации движения



ТИПЫ АЛГОРИТМОВ ШУМОПОДАВЛЕНИЯ

Все алгоритмы шумоподавления можно разделить на два типа:

□ Пространственные (spatial)

Основная идея : усреднение значений пикселей на каждом отдельном кадре.

Проблема: могут пострадать мелкие детали, соизмеримые по размеру с шумом и четкость краев предметов.

□ Временные (temporal)

Основная идея: усреднение значений пикселей между кадрами.

Проблема: при сильном движении появляются такие артефакты, как motion blur и ghosting.



ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ

Можно выделить следующие базовые подходы к пространственному шумоподавлению:

- Линейное усреднение пикселей по соседям
- Медианная фильтрация
- Математическая морфология
- Гауссовское размытие
- Методы на основе вейвлет-преобразования
- Метод главных компонент
- Анизотропная диффузия
- Фильтры Винера



1. МЕДИАННЫЙ ФИЛЬТР



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 3.11. Примеры медианной фильтрации





Устранение шума в бинарных изображениях

Широко известный способ - устранение шума с помощью операций

2 математической морфологии:

- erosion (эрозия);
- dilatation (расширение);
- opening (открытие);
- closing (закрытие);
- morphological gradient (градиент);
- top hat (цилиндр);
- black hat (эффект черной шляпы).

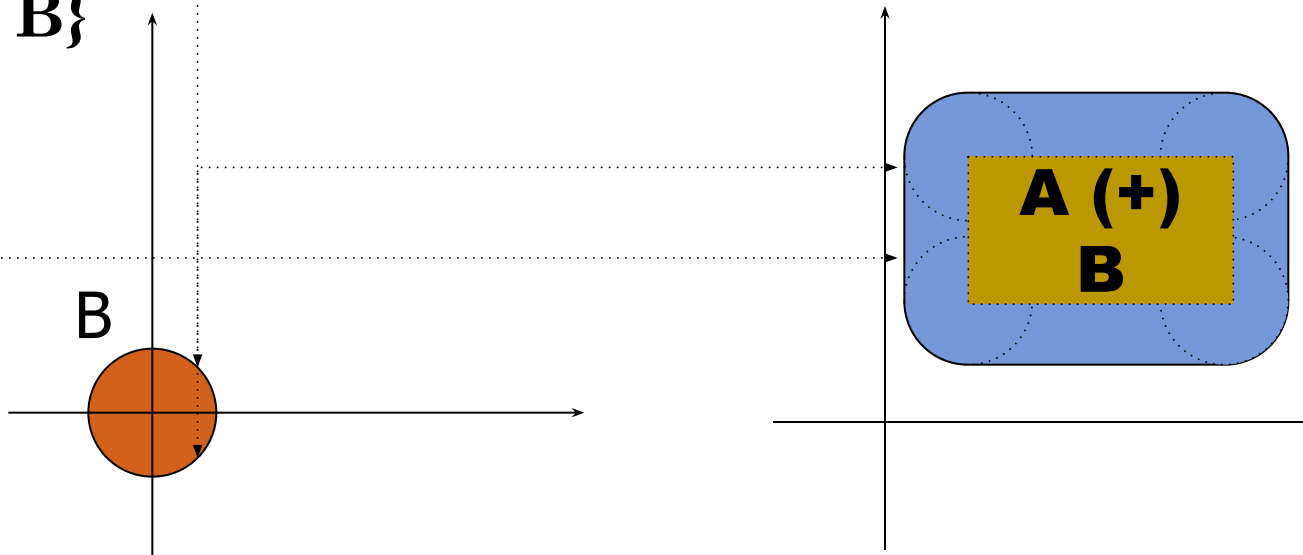




Операции матморфологии. Расширение

Расширение (dilation)

$$A (+) B = \{t \in \mathbb{R}^2: t = a + b, a \in A, b \in B\}$$



Множество A обычно является объектом обработки, а множество B (называемое структурным элементом) – инструментом.



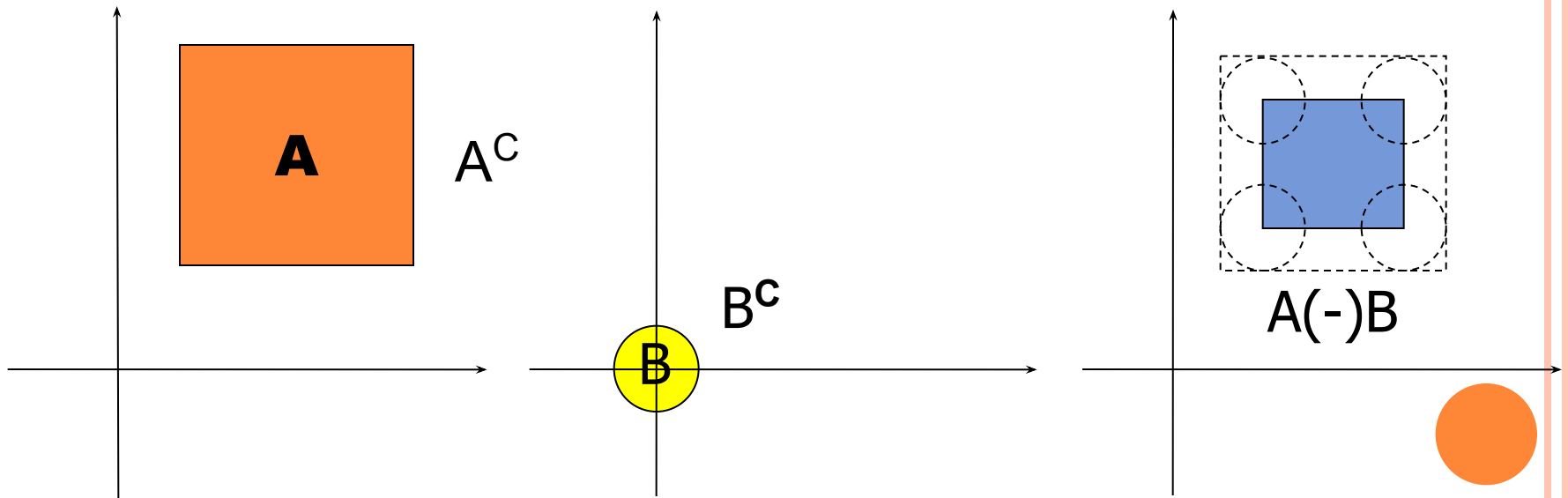


Операции матморфологии. Сужение

Сужение (erosion)

$A (-) B = (A^C (+) B)^C$, где A^C – дополнение A

$B (-) A = (B^C (+) A)^C$





Компьютерная графика. Лекция 3

Результат морфологических операций во многом определяется применяемым структурным элементом (множеством **В**). Выбирая различный структурный элемент можно решать разные задачи обработки изображений:

- шумоподавление;
- выделение границ объекта;
- выделение скелета объекта;
- выделение сломанных зубьев на изображении шестерни.





Компьютерная графика. Лекция 3

Применения сужения к бинарному изображению с сильным шумом



$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & [1] & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & [1] & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & [1] & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$





Применения открытия $(A(-)B)(+)B$ к бинарному изображению с сильным шумом



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



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



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





Компьютерная графика. Лекция 3

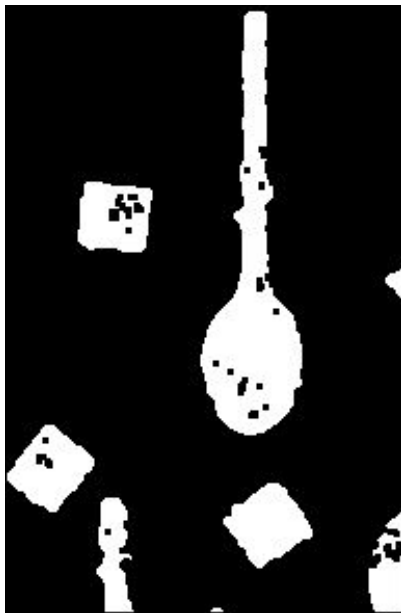
Шум в бинарных изображениях с дефектами объектов. Пример

Пример бинарного изображения с дефектами распознаваемых объектов





Применения закрытия $(A(+))B(-)B$ к бинарному изображению с дефектами объектов



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



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



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





Не лучший пример для морфологии

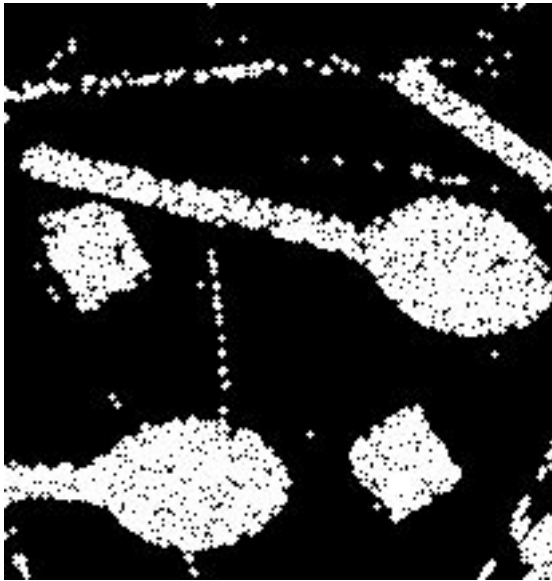
Не во всех случаях математическая морфология так легко убирает дефекты, как хотелось бы...





Компьютерная графика. Лекция 3

Результат применения операции открытия



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



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



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





Устранение шума в полутоновых и цветных изображениях

- Усреднение (box filter)
- Медианный фильтр
- Фильтр Гаусса (gaussian blurring)
- Адаптивные фильтры





Причины и примеры шума цветного изображения

Причины возникновения шума:

- ▣ Несовершенство регистрирующих приборов
- ▣ Хранение и передача изображений с потерей данных



Шум фотоаппарата



Сильное сжатие JPEG



Операция «свертка» (convolution)

Свертка – это функция, показывающая "схожесть" одной функции и отражённой и сдвинутой копией другой

Свертка двумерной функции f по функции g в непрерывном и дискретном случае.

$$\langle f * g \rangle (i, j) = \sum_{l=n_0}^{n_1} \sum_{k=m_0}^{m_1} f(i-l)(j-k) \cdot g(l, k)$$

Часто, свертка изображения по какой-либо функции называется применением фильтра к изображению.

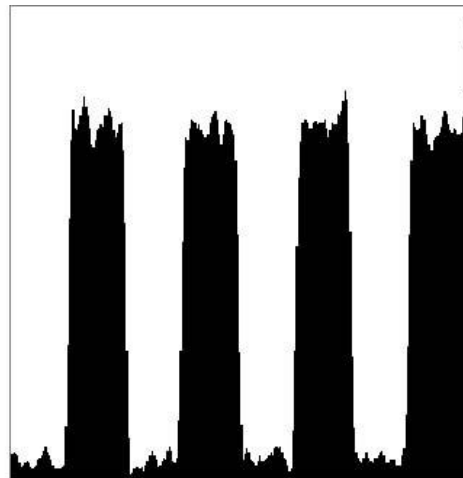
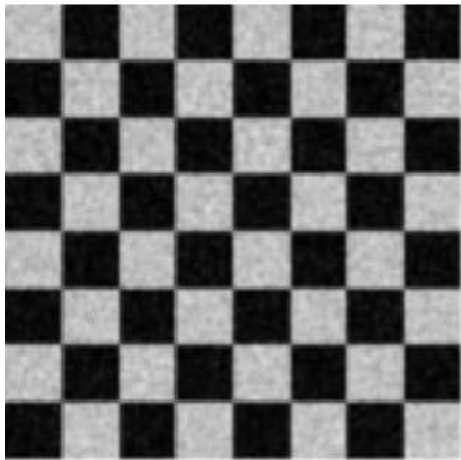




Усреднение (box filter)

Операция усреднения значения каждого пикселя — свертка по константной функции:

$$I'(i, j) = \sum_{l=-n}^n \sum_{k=-m}^m I(i-l)(j-k) \cdot \frac{1}{(2n+1)(2m+1)}$$



Результат применения:



Подавление и устранение шума. Медианный фильтр

Устранение шума в полутоновых, цветных и бинарных изображениях с помощью медианного фильтра - выбор медианы среди значений яркости пикселей в некоторой окрестности.

Определение медианы:

$A_i, i = \overline{1, n}$; - отсортированный набор чисел,

$A_{[n/2]}$ – медиана набора.

Медианный фильтр радиусом r – выбор медианы среди пикселей в окрестности $[-r, r]$.





Пример очистки изображения с помощью медианного фильтра

Фильтр с окрестностью 3×3





Фильтр Гаусса (gaussian blurring)

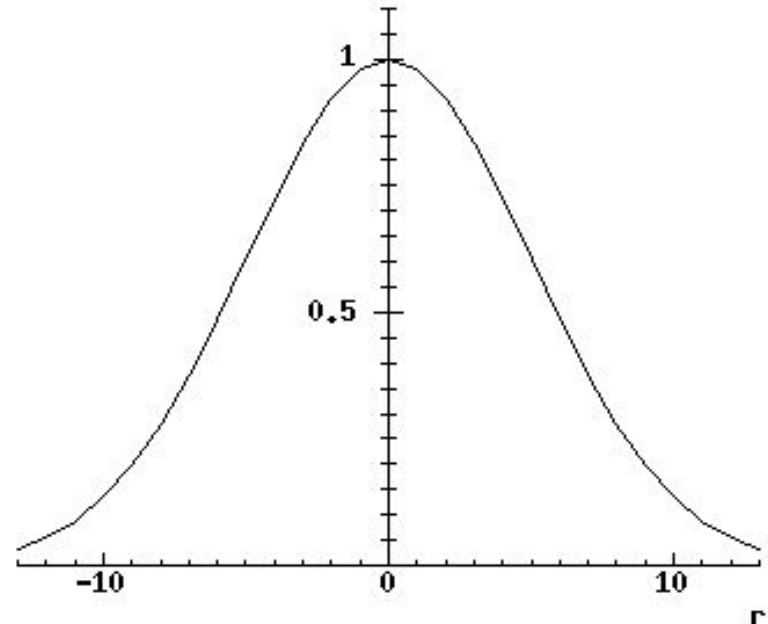
Свертка по функции:

$$I'(i, j) = \sum_{l=-n}^n \sum_{k=-m}^m I(i-l)(j-k) \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2}}$$

$$d = \sqrt{l^2 + k^2}$$

Параметр σ задает степень размытия.

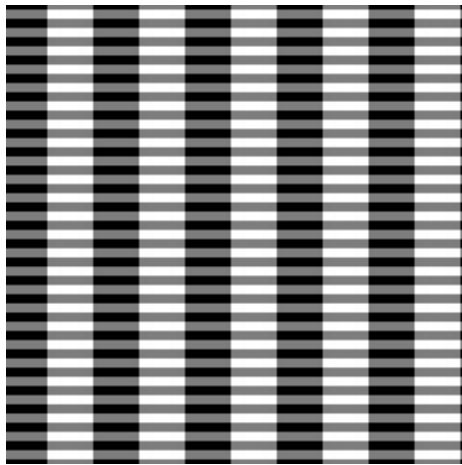
На графике функция с $\sigma = 5$.



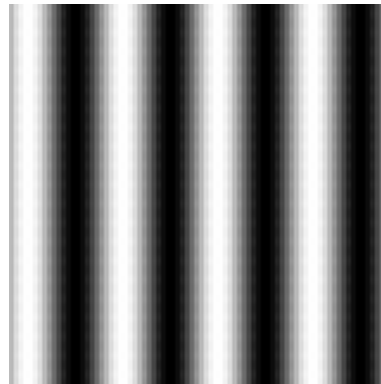


Фильтр Гаусса (gaussian blurring)

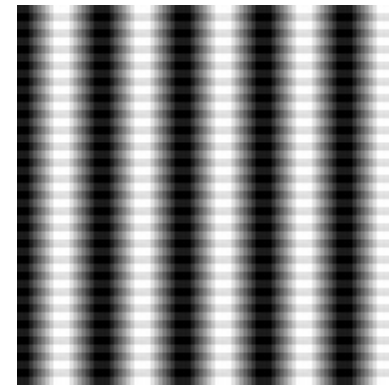
Результаты свертки по функции Гаусса и по константной функции (усреднения).



Исходное изображение



Фильтр Гаусса с
Sigma = 4



Усреднение по 49
пикселям (7x7)

Важное свойство фильтра Гаусса – он по сути является низкочастотным фильтром!





Адаптивные фильтры

- Что нужно
 - Размывать шум, резкие границы – сохранять.

- Как этого добиться
 - *Предположение:* перепады яркости из-за шума относительно перепадов на резких границах невелики
 - *Алгоритм:* При расчете новой яркости усреднять только по тем пикселям из окрестности, которые не сильно отличаются по яркости от обрабатываемого





В чем отличие разных фильтров

- Box filter (простое размытие) – помимо подавления шума портит резкие границы и размывает мелкие детали изображения
- Gaussian filter – меньше размывает мелкие детали, лучше убирает шум
- Median filter – резких границ не портит, убирает мелкие детали, изображение становится менее естественным
- Адаптивные фильтры – меньше портят детали, зависят от большего числа параметров. Иногда изображение становится менее естественным.
- «Продвинутые» фильтры – лучшее сохранение деталей, меньше размытие. Часто сложны в реализации и очень медленные.

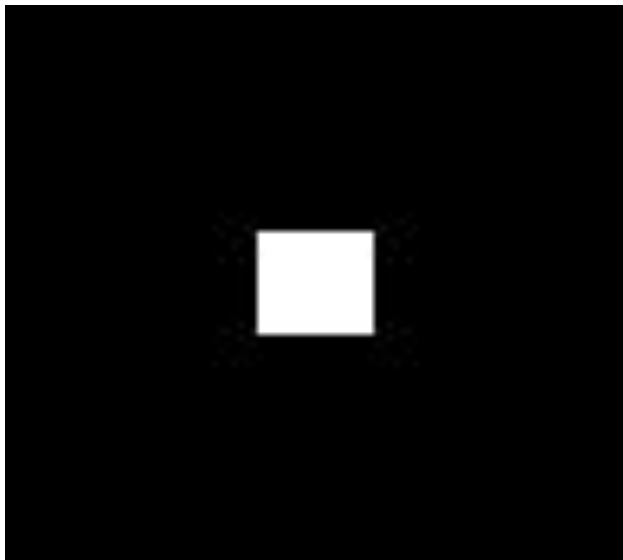




Компьютерная графика. Лекция 3

Фильтр размытия, основанный на применении свертки

Оригинальное изображение



$$* \frac{1}{8} \begin{vmatrix} & & 1 & & \\ & 1 & & & \\ & & 4 & & \\ & & & & \\ & & & & 1 \end{vmatrix} =$$

Ядро свертки

Результат





Применение свертки в компьютерной графике

Примеры фильтров:

- размытие изображений (blur);
- повышение резкости (sharpen);
- выделение контуров (edge detection);
- размытие движения (Motion blur);
- тиснение (emboss).





Компьютерная графика. Лекция 3

Размытие Гаусса (Gaussian Blur)



$$G(u, v) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(u^2+v^2)/(2\sigma^2)}$$





Повышение резкости (sharpen)



$$\frac{1}{10} \begin{vmatrix} -1 & -2 & -1 \\ -2 & 22 & -2 \\ -1 & -2 & -1 \end{vmatrix}$$





Тиснение (emboss)



$$\begin{vmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{vmatrix} \text{ либо } \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$$





Выделение границ (Edge detection)



$$\begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$$





Компьютерная графика. Лекция 3

Медианный фильтр (подавление шумов)





Компьютерная графика. Лекция 3

Смазывание движения (Motion Blur)



$$\frac{1}{5} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

