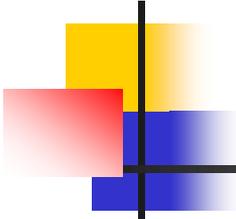


# Некоторые методы восстановления фона

---

Юрий Бердников

CS MSU Graphics & Media Lab  
Video group



# Содержание

---

- **Введение**
- Coherent video inpainting
- Fast image inpainting
- Заключение

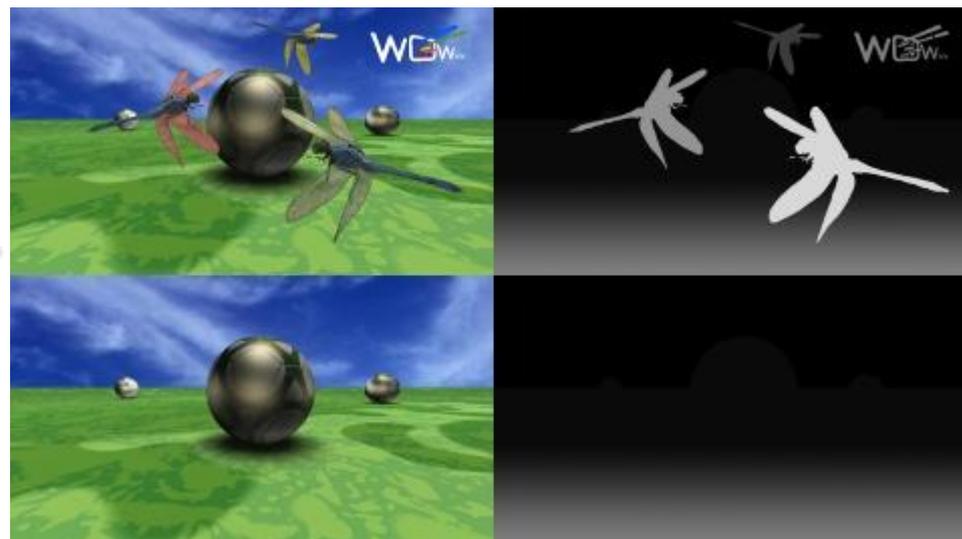
# Declipse from 2D+Z



2D+Z

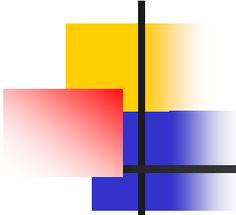


Declipse



# Подзадачи конвертации

- Восстановление фона
  - Идеально: полное удаление переднего плана
  - Минимально допустимо: удаление переднего плана на краях объектов
- Восстановление карты глубины
  - Идеально: полное соответствие восстановленному фону
  - Минимально допустимо: отсутствие напряжения глаз при просмотре



# Содержание

---

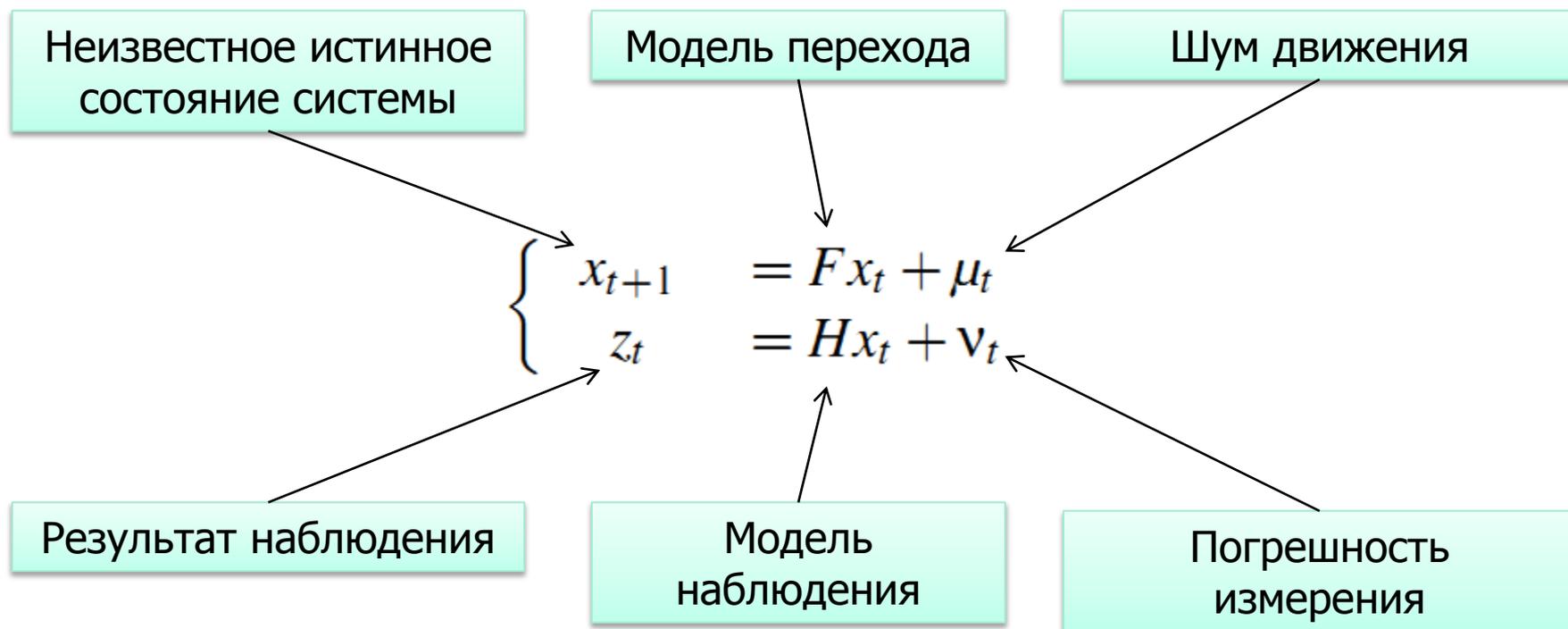
- Введение
- **Coherent video inpainting**
- Fast image inpainting
- Заключение

# Coherent video inpainting

- Основная идея – восстанавливать каждый кадр отдельно, а затем устранять дрожание
- Использует OF для оценки движения
- Использует сглаживание фильтром Калмана для устранения временной нестабильности

# Сглаживание Калмана

## Обозначения



# Сглаживание Калмана

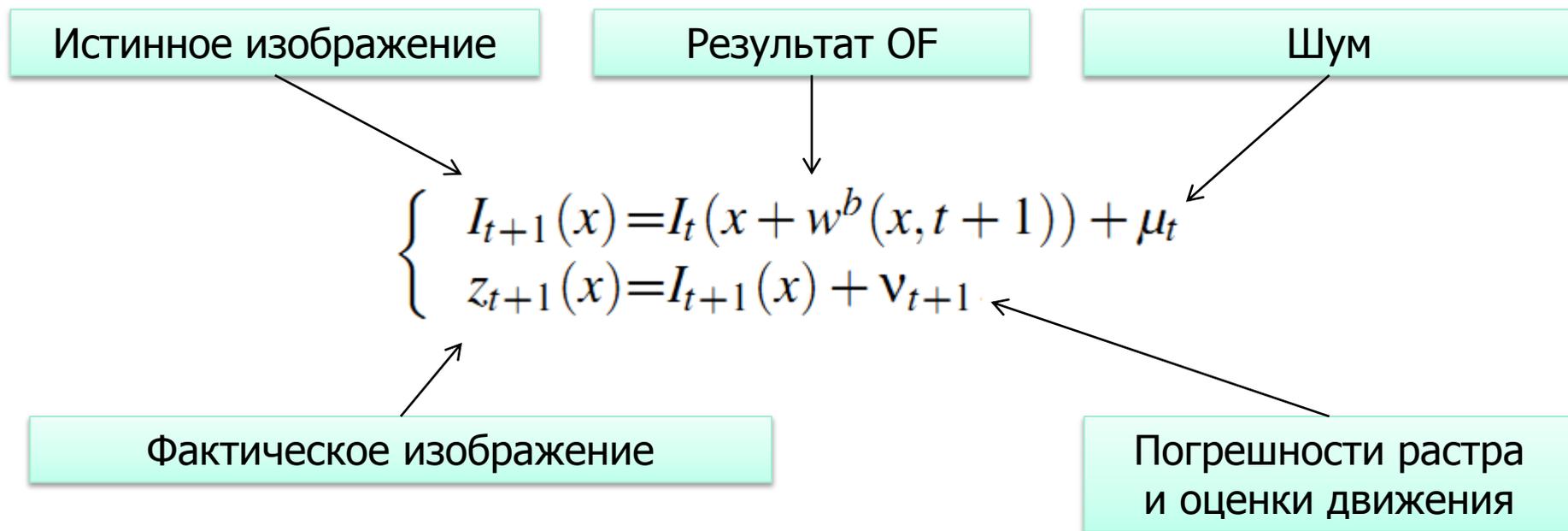
## Свойства



- Позволяет работать с неполными и шумными данными
- Гарантированно завершается за конечное время
- Позволяет оценить внутреннее состояние системы

# Сглаживание Калмана

## Применение в решении поставленной задачи



Применение ко всему изображению слишком затратно, поэтому каждая точка обрабатывается отдельно

# Допущение

- **Состояние**

Состоянием системы является цвет  $I$  точки, движущейся по траектории  $p(t)$

- **Динамика**

Цвет точки меняется только из-за шума (матрица преобразования – единичная)

- **Наблюдения**

Рассматривать только одну точку недостаточно. Используются данные о соседних точках

# Модификация сглаживания для множественных наблюдений

$$\begin{cases} x_{t+1} &= Fx_t + \mu_t \\ z_t^i &= Hx_t + v_t^i, \forall i = 1 \dots M \end{cases}$$

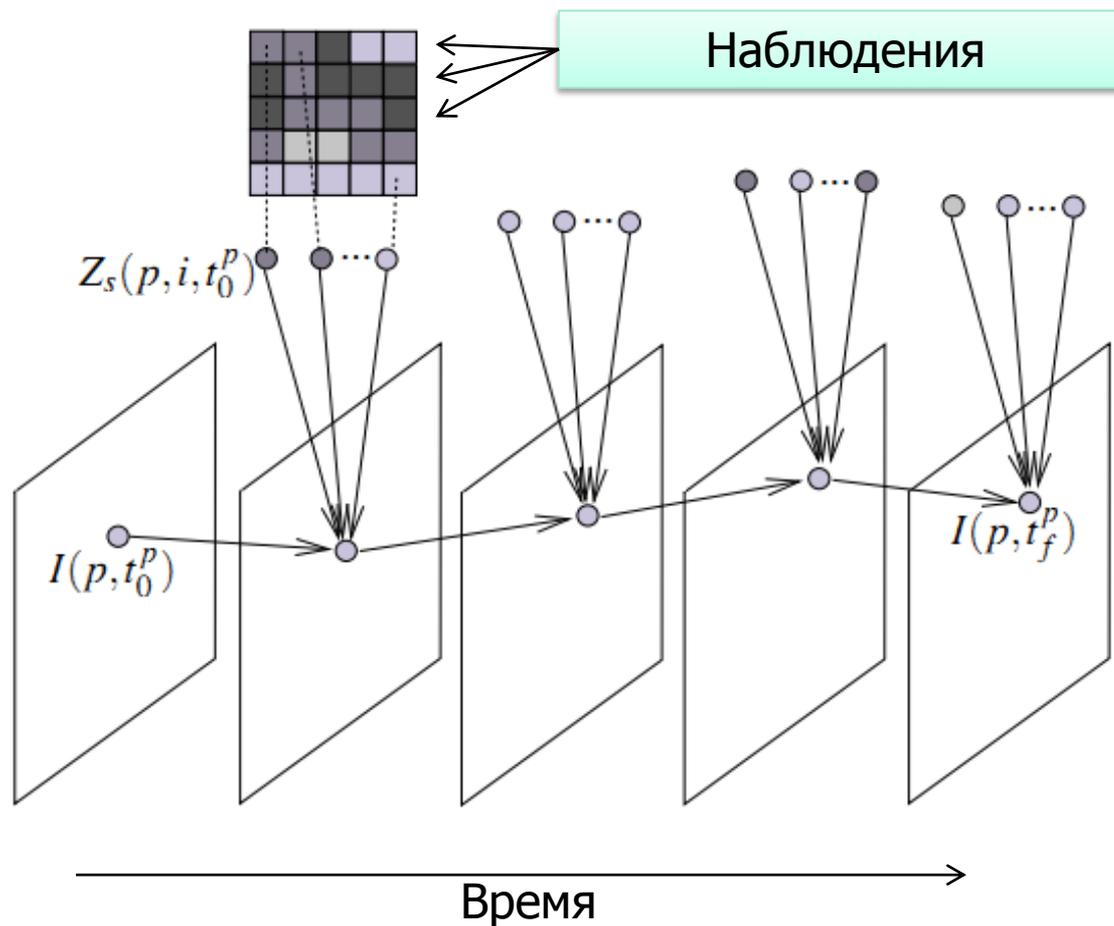
$$\tilde{z}_t = \left( \sum_{j=1}^M (R_t^j)^{-1} \right)^{-1} \sum_{i=1}^M (R_t^i)^{-1} z_t^i$$

Итоговое наблюдение

Матрица ковариации

Выражение эквивалентно взвешенной сумме наблюдений с весами, зависящими от доверия наблюдениям

# Марковская цепь



# Восстановление изображения



- Основа – любой из статических методов восстановления
- Итоговый цвет пикселя – медиана цветов соответствующих точек всех траекторий, проходящих через его окрестность
- Хотя бы одна такая точка гарантированно найдётся

# Определение траекторий точек



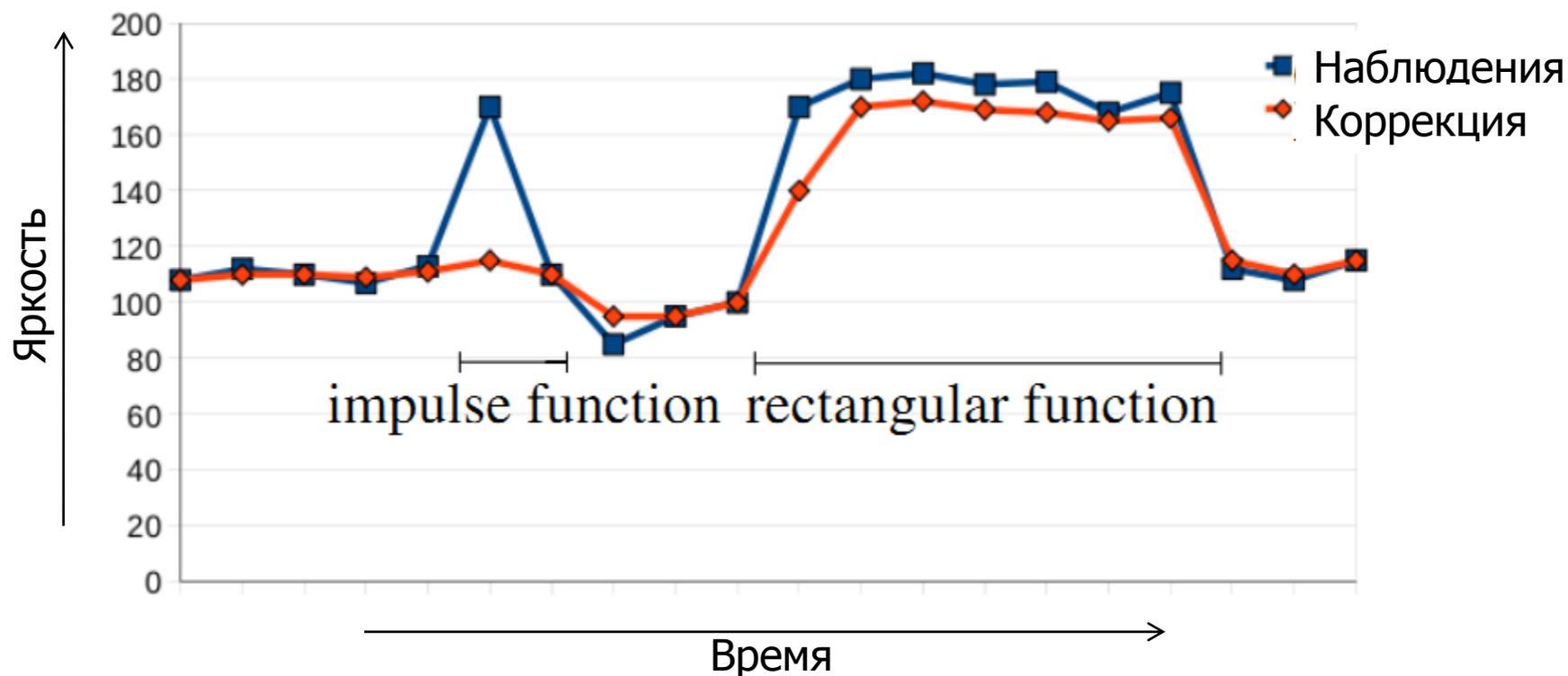
- Метод основан на Convexified Multi-Label Approach (Papadakis, 2010)
- Маска объекта расширяется для гарантированного включения областей закрытия и «плохих» векторов
- Для заполнения поля движения в неизвестных областях используется Patch-Based метод
- Делается 2 прохода: вперед и назад

# Обработка изменений яркости и текстуры



- Классический фильтр Калмана вызывает размытие изображения
- Для борьбы со сглаживанием приоритет отдается пикселям, близким по цвету к значениям линейной интерполяции между цветами крайних точек траектории
- Для отслеживания резких изменений яркости рассматривается окно размера 5 кадров

# Пример сглаживания



# Пример работы (1/2)



Время



Original images

Observations

Filtered results

# Пример работы (2/2)



Mask

Original images

Observations

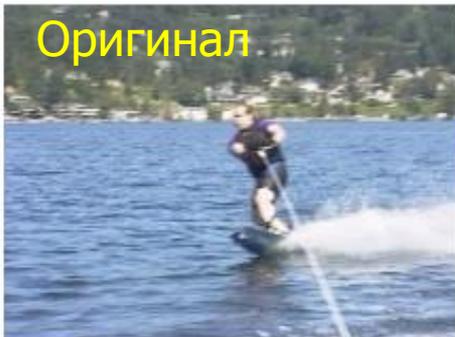
Filtered results

# Сравнение с конкурентом

Space-time video completion, CVPR 2004



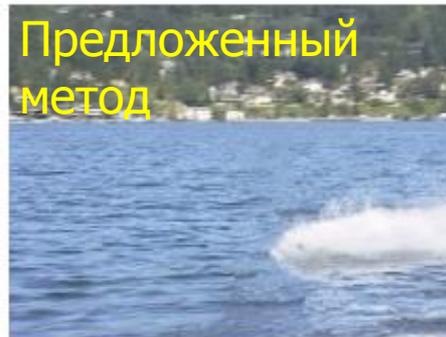
Оригинал



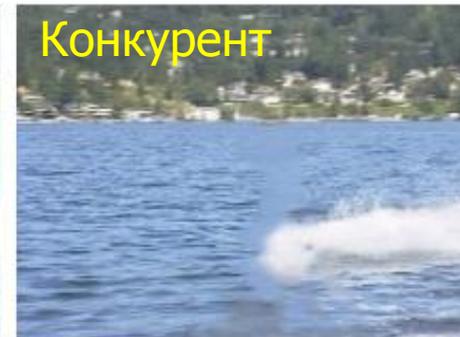
Маска



Предложенный  
метод



Конкурент



# Стабильность во времени (1/5)



Предложенный алгоритм



Конкурент



# Стабильность во времени (2/5)

Предложенный алгоритм



Конкурент



# Стабильность во времени (3/5)

Предложенный алгоритм



Конкурент



# Стабильность во времени (4/5)

Предложенный алгоритм

Конкурент



# Стабильность во времени (5/5)

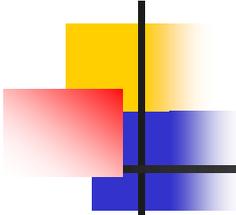


Предложенный алгоритм



Конкурент

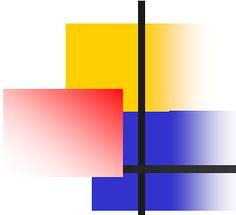




# Анализ

---

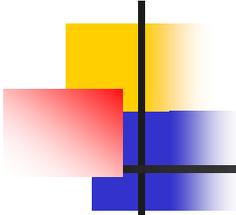
- Достоинства
  - (?) Стабилен во времени
  - Приемлемая вычислительная сложность
  - Позволяет работать с любым алгоритмом восстановления изображений
- Недостатки
  - Требуется данных OF
  - Использует patch-based метод для восстановления движения в неизвестных областях



# Содержание

---

- Введение
- Coherent video inpainting
- **Fast image inpainting**
- Заключение



# Краткое введение

---

- Проблемы алгоритмов восстановления изображений
  - Неприемлемо медленная (для видео) работа
  - Быстрый рост вычислительной сложности с ростом размеров изображения
- Возможные пути решения
  - Снижение количества итераций
  - Снижение сложности одной итерации



# Пример карт когерентности

Source frame

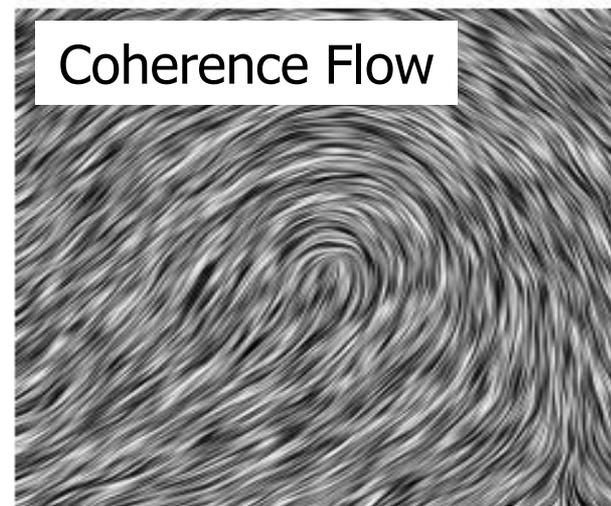
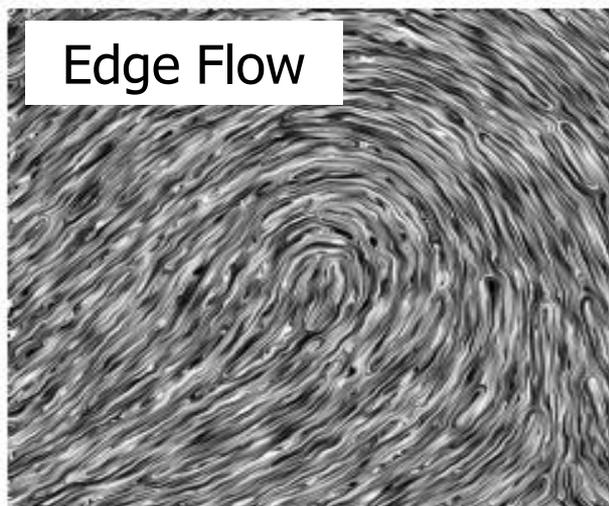
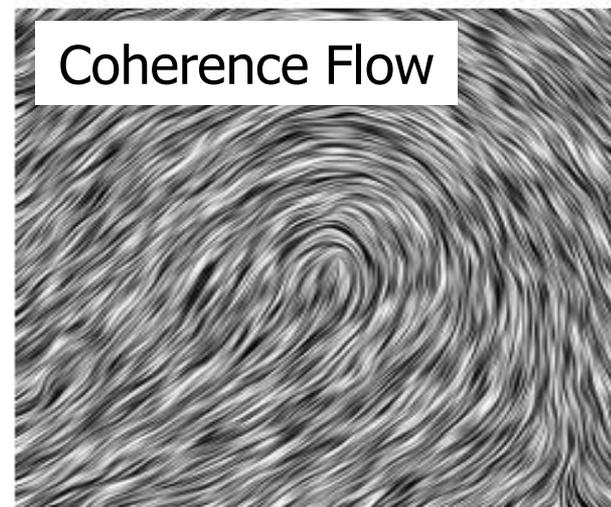
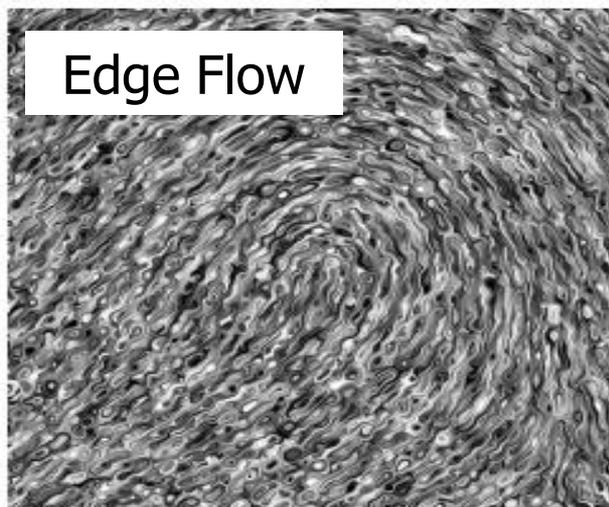
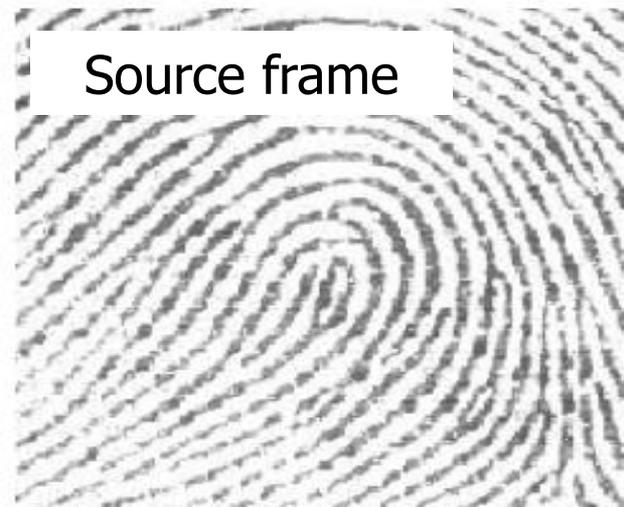
Edge Flow

Coherence Flow

Shock Filtering

Edge Flow

Coherence Flow



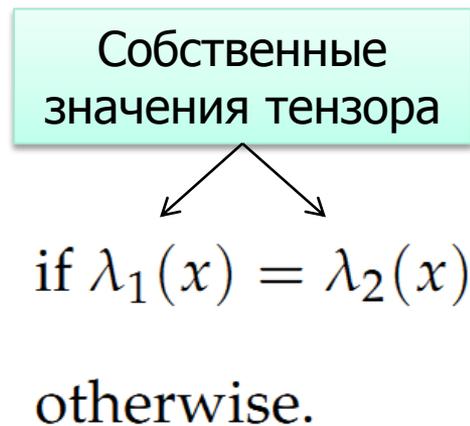
# Доработки метода 2003 года

- Вводится понятие силы когерентности (coherence strength)

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 \\ 1 + \kappa \exp\left(\frac{-\delta_{\text{quant}}^4}{(\lambda_2(x) - \lambda_1(x))^2}\right) \end{cases}$$

Константы

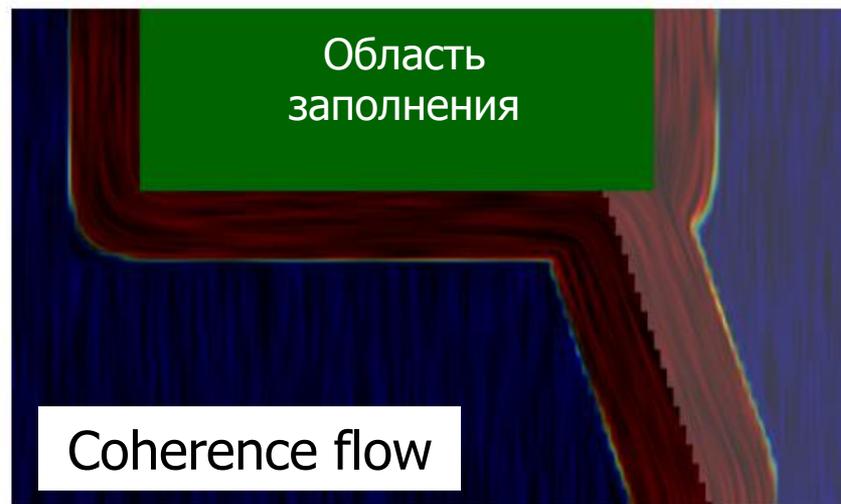
Diagram description: A light green box labeled 'Константы' has two arrows pointing to the constant 'κ' in the numerator of the exponential term and the constant '1' in the first case of the piecewise function.



- Принимаются дополнительные меры для обработки краевых эффектов

# Обработка неизвестных зон

Простой путь – принять значения изображения равными нулю в неизвестных зонах. Этот метод даёт некорректный результат:



# Модификация тензора

Тензор изменяется так, чтобы радиус гауссиан менялся в зависимости от расстояния до края:

$$\hat{J}_{\sigma, \rho}(x) = \frac{\left( K_{\rho} \star \left( \mathbb{1}_{\Omega(x)} \nabla v_{\sigma} \otimes \nabla v_{\sigma} \right) \right) (x)}{\left( K_{\rho} \star \mathbb{1}_{\Omega(x)} \right) (x)}, \quad v_{\sigma} = \frac{K_{\sigma} \star \left( \mathbb{1}_{\Omega(x)} u \right)}{K_{\sigma} \star \mathbb{1}_{\Omega(x)}}$$

Область  
заполнения

Исходный кадр

Область  
заполнения

Coherence flow

Область  
заполнения

Modified flow

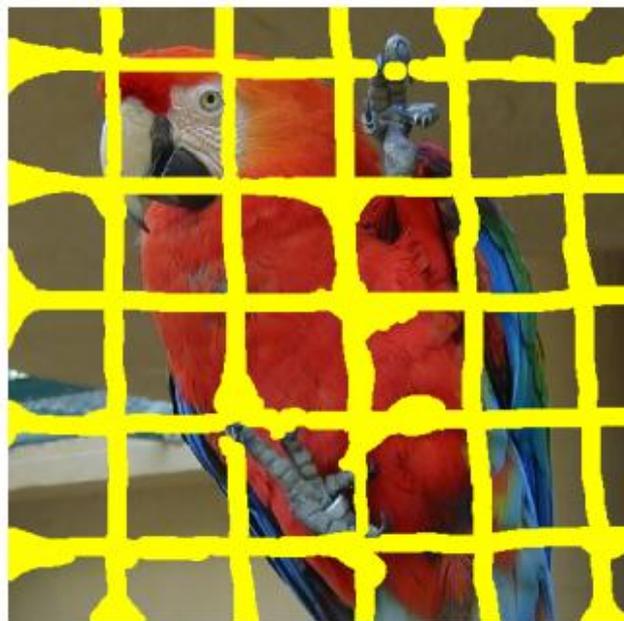
# Особенности реализации

- Гауссианы предвычислены, радиус =  $4\sigma$
- Используется только частичный пересчет тензора по мере заполнения изображения
- Для 3 цветов используется общий тензор, вычисляемый по яркости (пространство YIQ)
- Реализация на Matlab и C
- Бинарник доступен для скачивания

# Примеры работы (1/2)



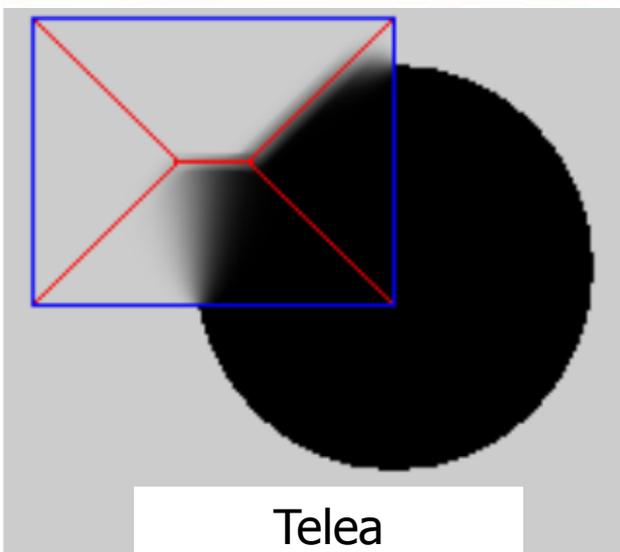
# Примеры работы (2/2)



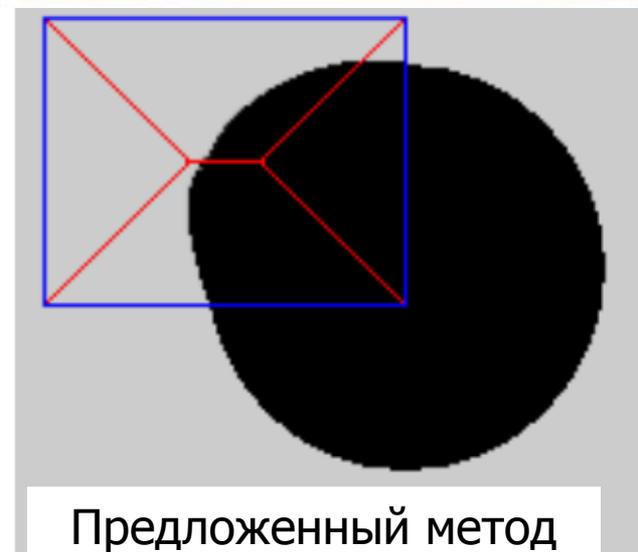
# Сравнение с конкурентами (1/2)



Исходный кадр

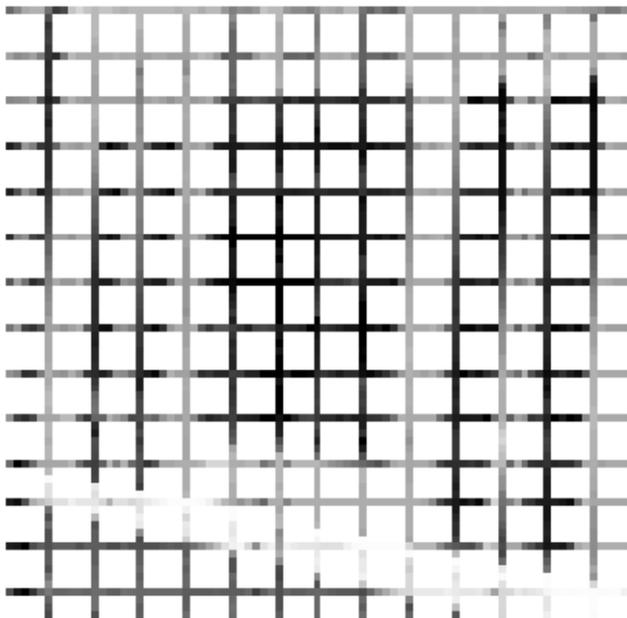


Telea

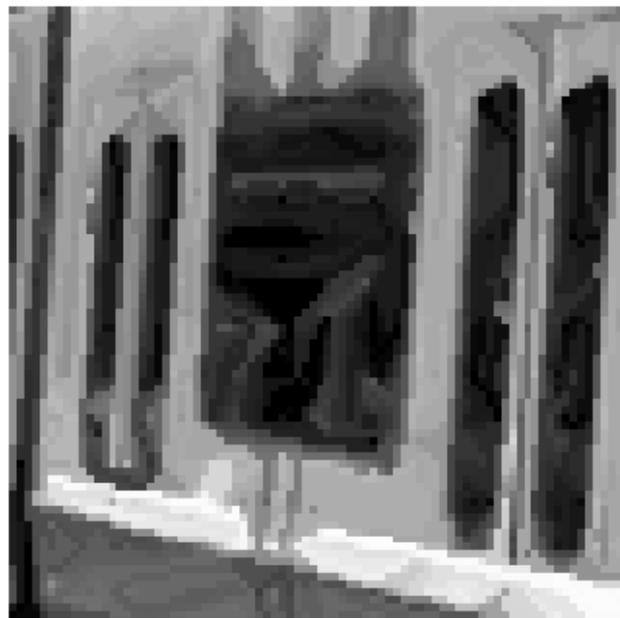


Предложенный метод

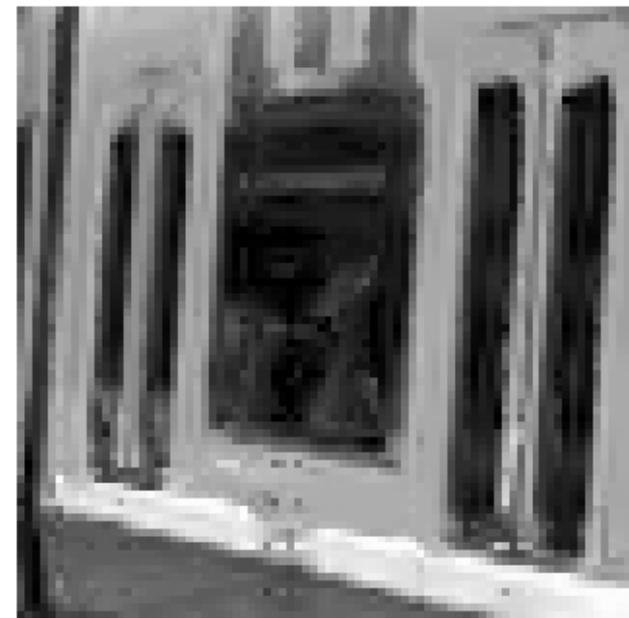
# Сравнение с конкурентами (2/2)



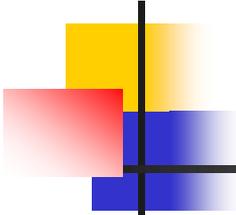
Исходный кадр



Manisou



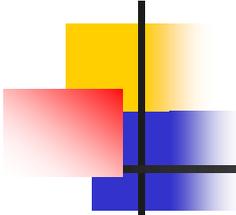
Предложенный метод



# Анализ

---

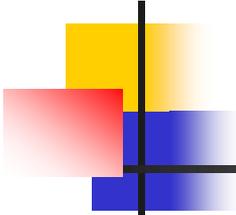
- Достоинства
  - Алгоритм относительно быстрый
  - Результат визуально хорошо смотрится
  - Авторы не стесняются давать бинарник
- Недостатки
  - Стабильность во времени неизвестна
  - Неизвестно качество работы на FullHD



# Содержание

---

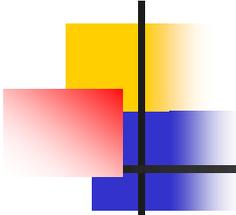
- Введение
- Coherent video inpainting
- Fast image inpainting
- **Заключение**



# Планы

---

- Реализовать фильтр Калмана для видео
- Протестировать его с имеющимися алгоритмами восстановления изображений
- Применить его для стабилизации ME до субпиксельного уровня



# Литература

---

1. Aurélie Bugeau, Pau Gargallo, Olivier D'Hondt, Alexandre Hervieu, Nicolas Papadakis, and Vicent Caselles, "Coherent Background Video Inpainting through Kalman Smoothing along Trajectories", Vision, Modeling, and Visualization Workshop 2010, 123-130
2. Folkmar Bornemann, Tom März, "Fast Image Inpainting Based on Coherence Transport", Journal of Mathematical Imaging and Vision archive ,Volume 28 Issue 3, July 2007

# Лаборатория компьютерной графики и мультимедиа



Видеогруппа — это:

- Выпускники в аспирантурах Англии, Франции, Швейцарии (в России в МГУ и ИПМ им. Келдыша)
- Выпускниками защищены 5 диссертаций
- Наиболее популярные в мире сравнения видеокодеков
- Более 3 миллионов скачанных фильтров обработки видео