

# Использование областей перекрытия в задаче сегментации видео

---

Александр Новиков

*Video Group*  
*CS MSU Graphics & Media Lab*



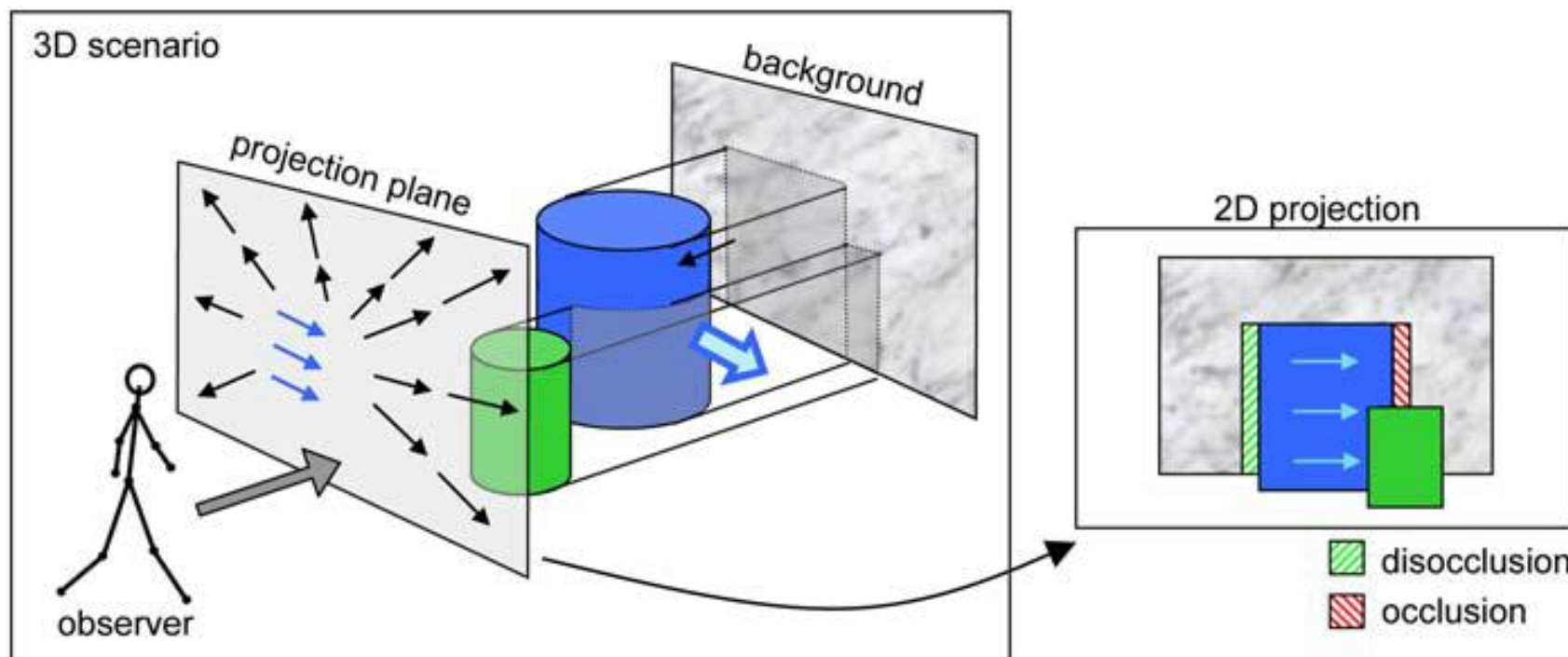
# Содержание

---

- **Введение**
- Классификация движущихся объектов
- Трекинг границ
- Детектор областей перекрытия GST
- Дальнейшие планы

# Введение

## Области перекрытия

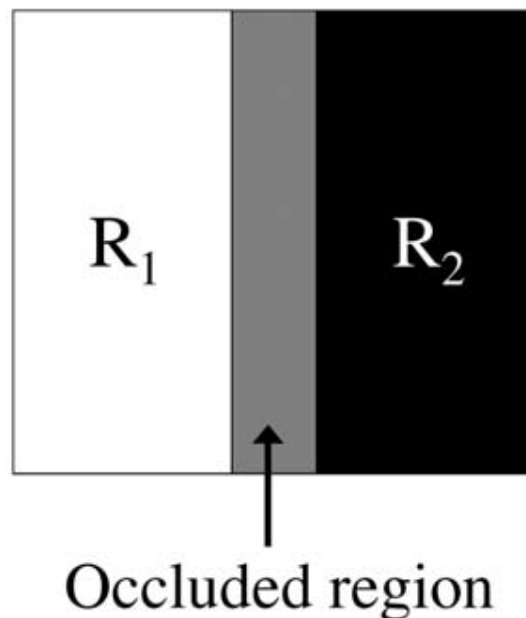


C. Beck, T. Ognibeni, H. Neumann, "Object Segmentation from Motion Discontinuities and Temporal Occlusions – A Biologically Inspired Model," PLoS ONE, 2008

# Введение

## Упорядочивание по глубине (1)

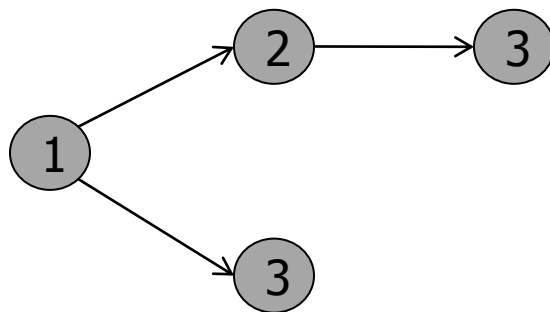
Область закрытия относится к объекту  $R_1$  – он расположен дальше от наблюдателя, чем  $R_2$



# Введение

## Упорядочивание по глубине (2)

При построенном графе отношений «объект А ближе В», можно произвести упорядочивание методом топологической сортировки



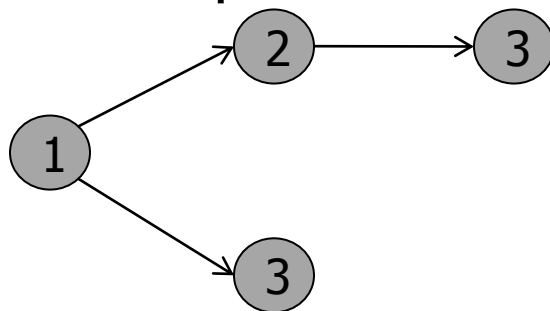
Число – номер слоя по удаленности от наблюдателя

# Введение

## Топологическая сортировка (1)

Пока в графе есть вершины:

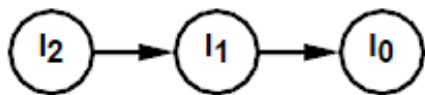
- Удаляются вершины, из которых не выходят ребра вместе со всеми входящими ребрами
- Номер итерации, на которой удалена вершина характеризует номер слоя по глубине



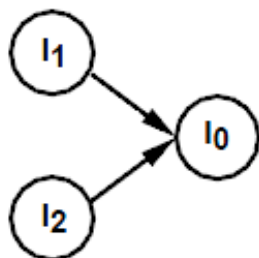
Число – номер слоя по удаленности от наблюдателя

# Введение

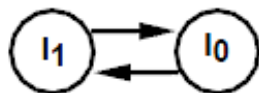
## Топологическая сортировка (2)



Однозначное упорядочивание



Неоднозначность – между  $I_1$  и  $I_2$  нет отношения

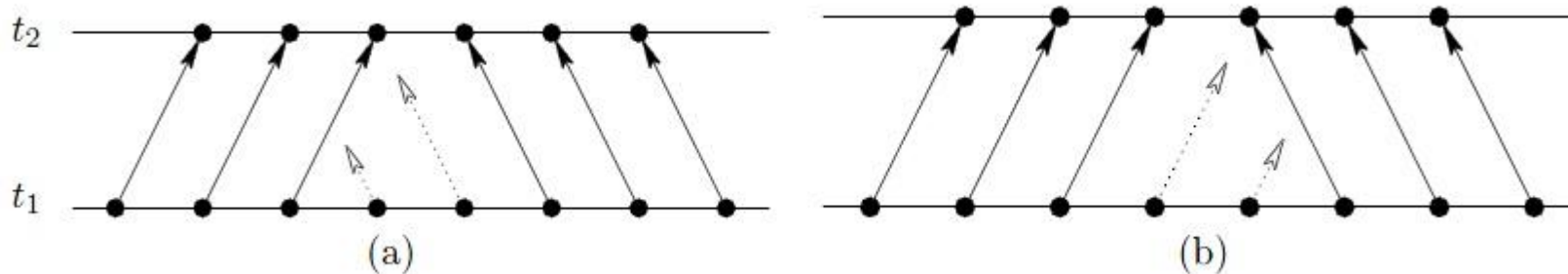


Упорядочивание невозможно

# Введение

## Движение в областях закрытия

Верные векторы сдвига для областей закрытия не могут быть определены при помощи ME либо Optical Flow



Неизвестно, к какому из двух объектов относятся 2 пикселя, так как для них нет соответствия на последующем кадре





# Содержание

---

- Введение
- **Классификация движущихся объектов**
- Трекинг границ
- Детектор областей перекрытия GST
- Дальнейшие планы



# Идеи метода

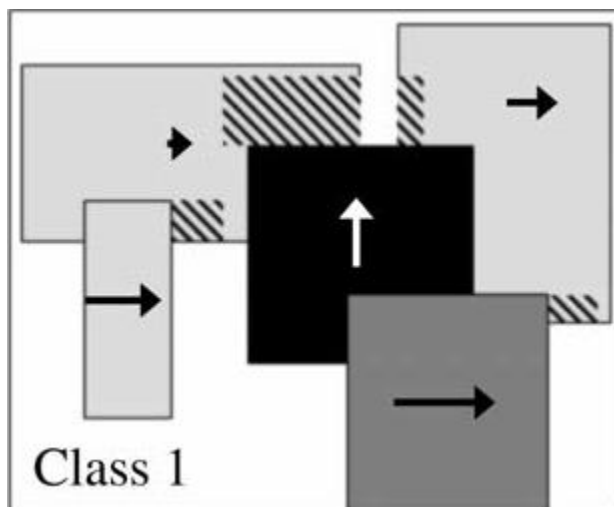
---

- Независимо движущиеся объекты разделяются на три класса
- Объекты разных классов выделяются различными способами

# Классы объектов

## Объекты первого класса (1)

Движущиеся в направлении, значительно отличающемся от основного (движения камеры)



Стрелки – векторы движения, штриховка – области перекрытия

# Классы объектов

## Объекты первого класса (2)

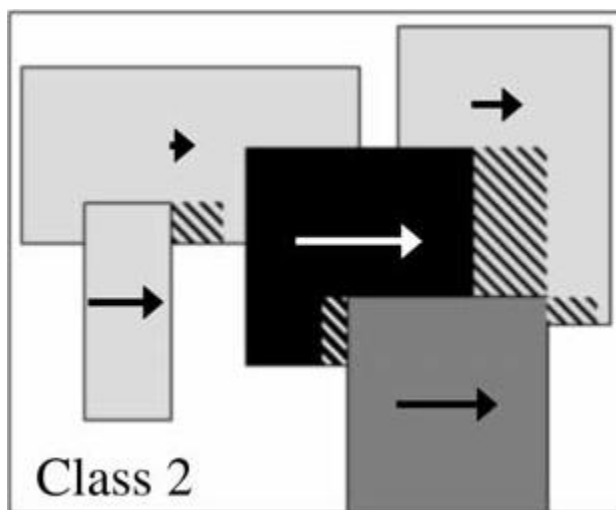
Выделение объектов первого класса:

1. Построение 4х-параметрового преобразования между кадрами методом фазовой корреляции
2. По векторам Optical Flow, направление которых отличается не более чем на 45 градусов от предполагаемого преобразованием, строится 3D-преобразование
3. Выделение точек с векторами движения отличающимися от предположенных 3D-преобразованием более, чем на 45 градусов

# Классы объектов

## Объекты второго класса (1)

Движущиеся в направлении движения камеры, но противореча структура сцены

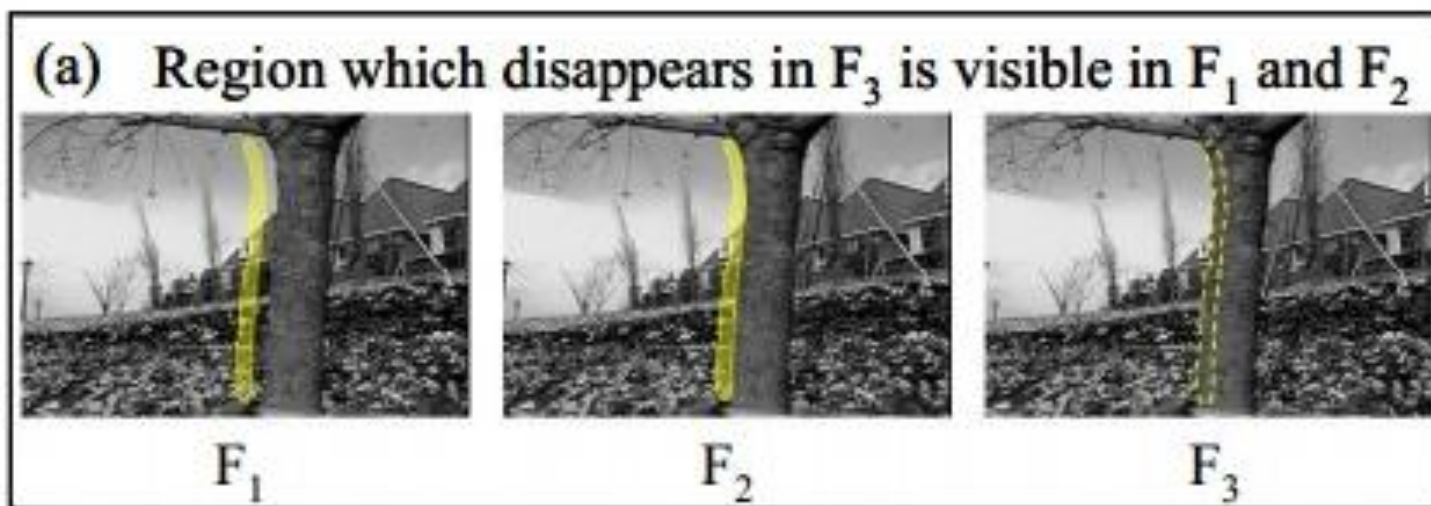


Стрелки – векторы движения, штриховка – области перекрытия

# Классы объектов

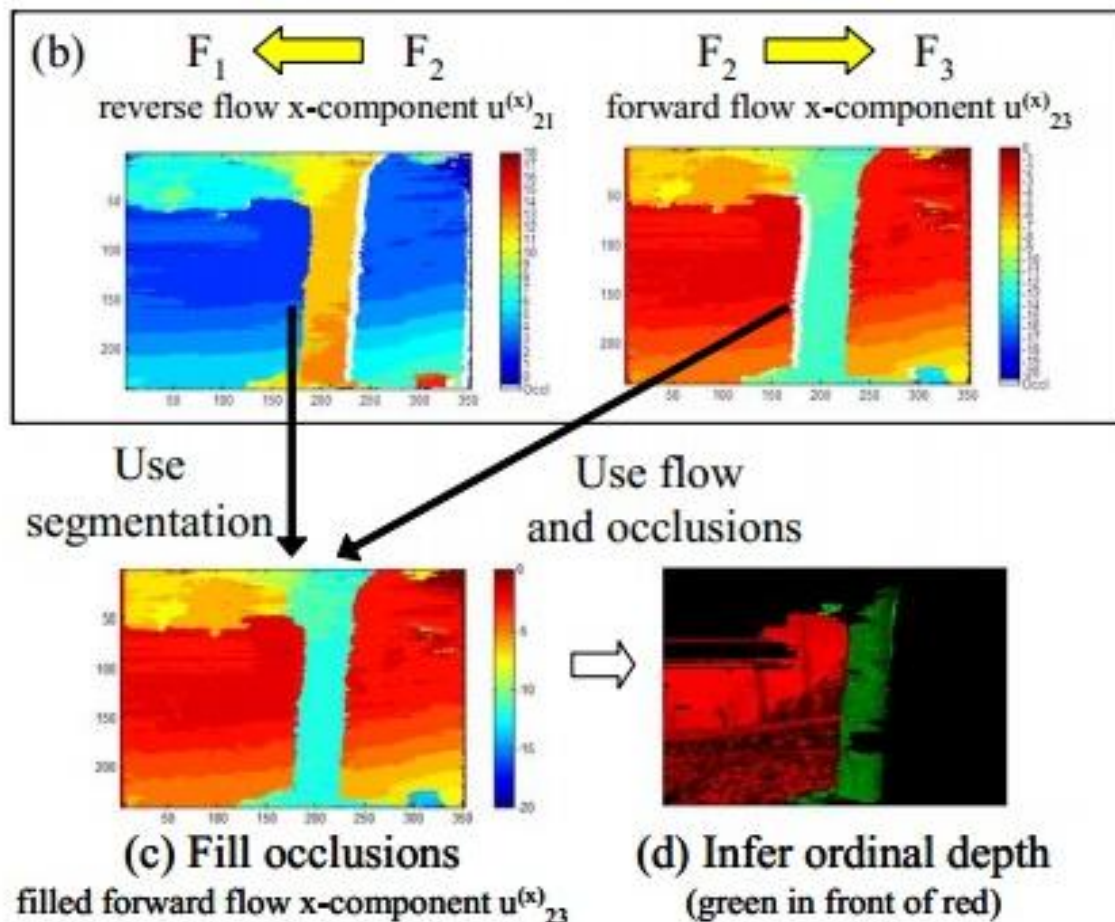
## Объекты второго класса (2)

Поле векторов движения в областях закрытия определяется с использованием дополнительного кадра



# Классы объектов

## Объекты второго класса (3)

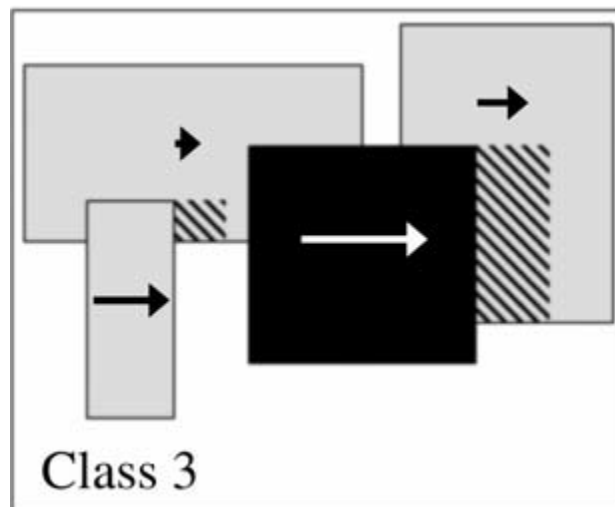


Белый цвет – области закрытия, остальные цвета – направления OF

# Классы объектов

## Объекты третьего класса

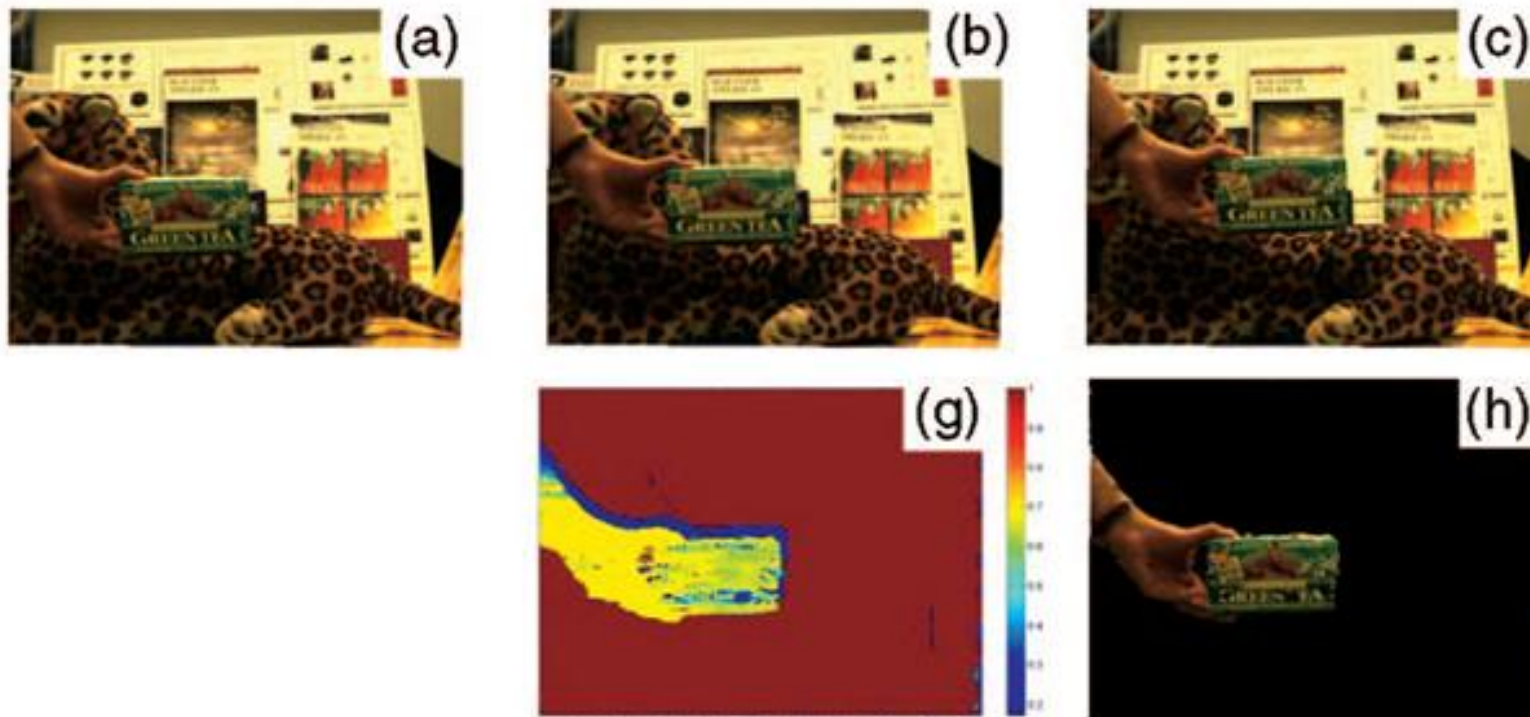
Объекты, которые выделить невозможно без знания карты глубины, полученной не по движению



Стрелки – векторы движения, штриховка – области перекрытия

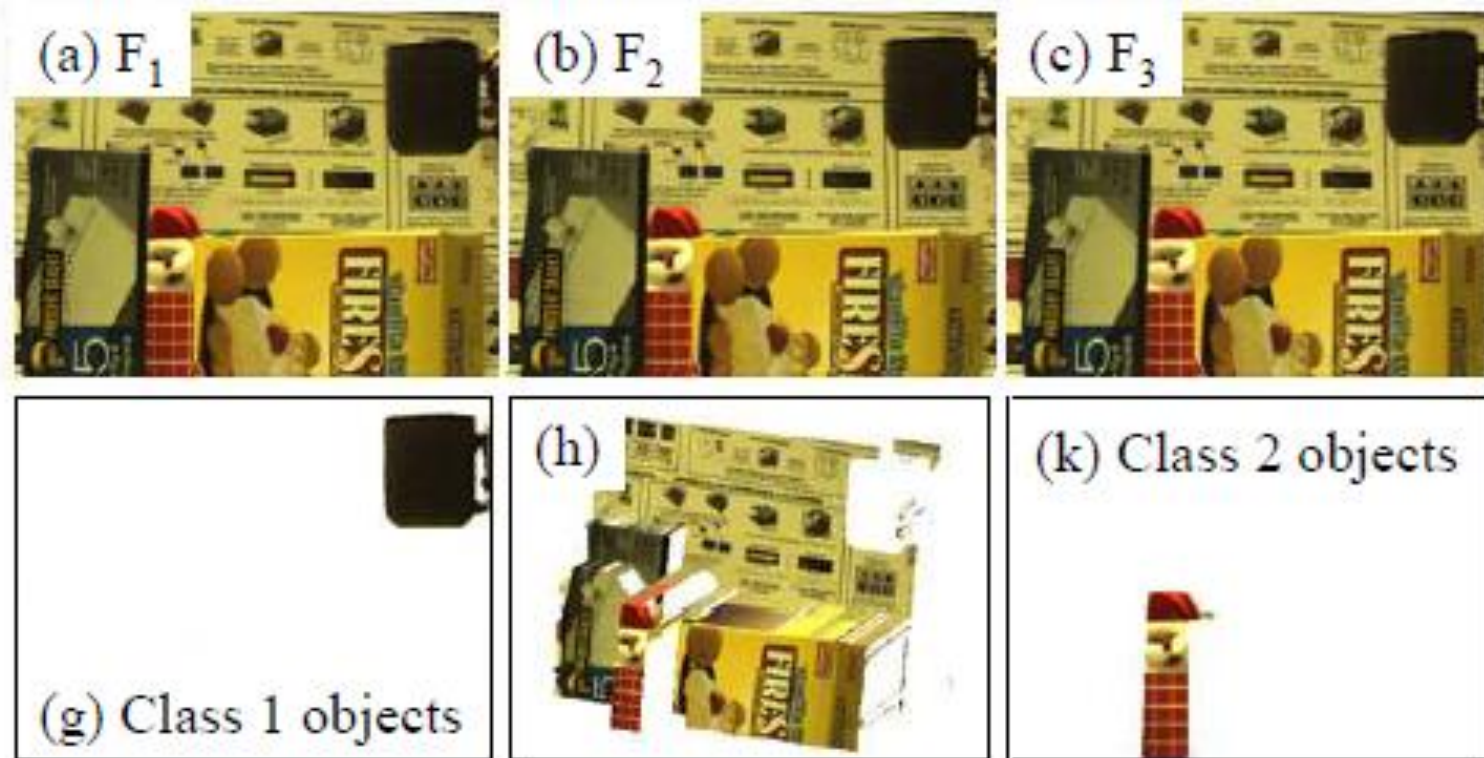


# Результаты (1)



Три последовательных кадра, карта разницы глобального и локального движения и выделенные объекты

# Результаты (2)



Три последовательных кадра,  
геометрия сцены и выделенные объекты



# Выводы

---

## Достоинства:

- Возможность хорошего заполнения областей закрытия
- Рассмотрены все возможные случаи

## Недостаток:

- Высокая вычислительная сложность метода



# Содержание

---

- Введение
- Классификация движущихся объектов
- **Трекинг границ**
- Детектор областей перекрытия GST
- Дальнейшие планы

# Идеи метода

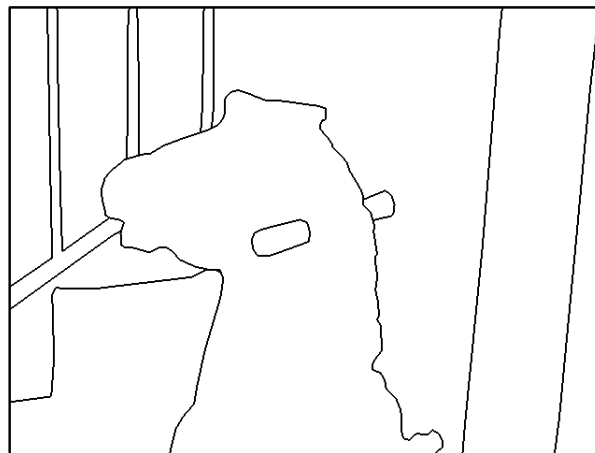
- На кадрах видео выделяются объекты и границы
- Движение границ и движение объектов определяется различными методами
- Устанавливается соответствие между границами и объектами

# Нахождение границ (1)

Для каждого кадра выполняется  
нахождение границ



Кадр последовательности



Ground truth



Выделенные границы

# Нахождение границ (2)

- Статические признаки
- Признак Motion Gradient

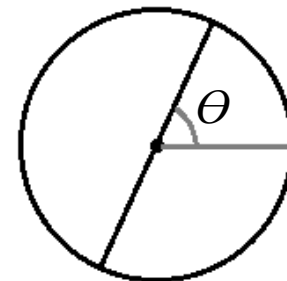
Оператор  $G_r(x, y, \theta)$  вычисляет  $\chi^2$ -разницу между гистограммами интенсивностей точек в двух половинках круга радиуса  $r$  с центром в точке  $(x, y)$ , разбитого под углом  $\theta$

$MG^-(x, y, \theta)$  и  $MG^+(x, y, \theta)$  – этот оператор, примененный к временным производным

$$D^- = I_t - I_{t-l} \quad D^+ = I_t - I_{t+l}$$

$$\chi^2(g, h) = \frac{1}{2} \sum \frac{(g_i - h_i)^2}{g_i + h_i}$$

$$MG(x, y, \theta) = \sqrt{MG^-(x, y, \theta) \cdot MG^+(x, y, \theta)} \quad \text{– используемый признак}$$



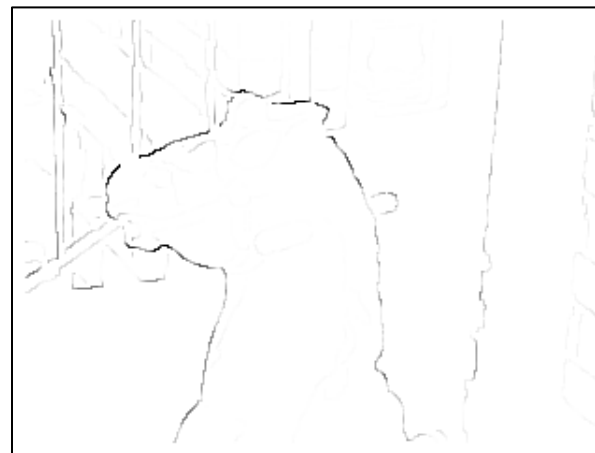


# Классификация границ (1)

Для каждой границы определяется вероятность того, что она является границей области перекрытия (сила границы)



Кадр последовательности



Границы областей  
открытия и закрытия,  
ярче – сильнее

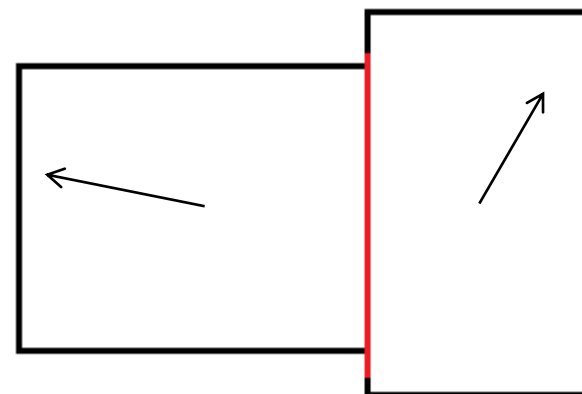
P. Sundberg, T. Brox, M. Maire, P. Arbelaez, J. Malik, "Occlusion Boundary Detection and Figure/Ground Assignment from Optical Flow," in CVPR, 2011



## Классификация границ (2)

Для выделения границ областей перекрытия используется классификатор SVN, обученный по признакам:

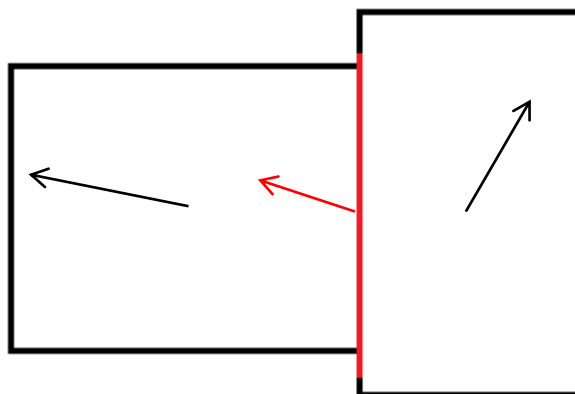
1. Модуль разности векторов движения прилежащих областей
2. Сила границы



Красным выделена граница  
Стрелки – векторы движения

# Классификация границ (3)

Находится движение самой границы  
и определяется, к какому из прилежащих  
регионов она относится



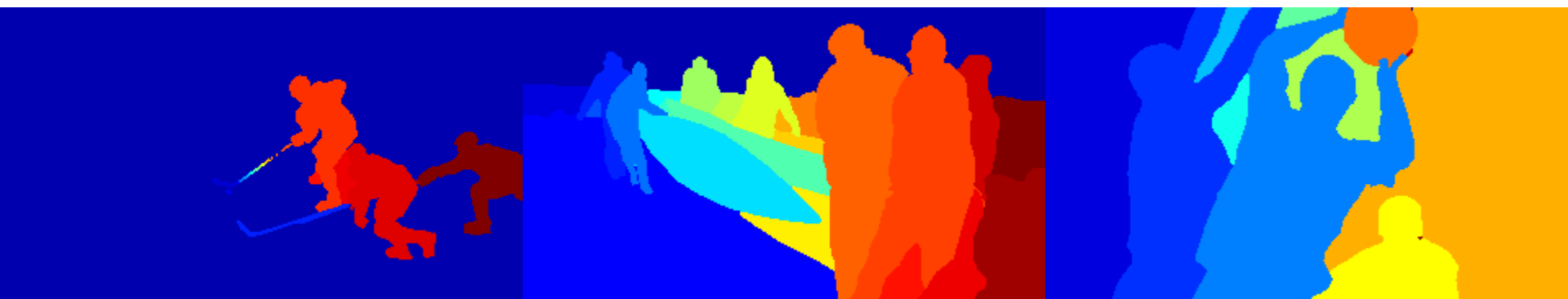
Красным выделена граница  
Стрелки – векторы движения

P. Sundberg, T. Brox, M. Maire, P. Arbelaez, J. Malik, "Occlusion  
Boundary Detection and Figure/Ground Assignment from Optical  
Flow," in CVPR, 2011

# Результаты



Кадры последовательностей



Результаты сегментации

P. Sundberg, T. Brox, M. Maire, P. Arbelaez, J. Malik, "Occlusion Boundary Detection and Figure/Ground Assignment from Optical Flow," in CVPR, 2011



# Выводы

---

## Достоинства:

- Заявленная точность выделения объектов – 72%
- Работает и в случае отсутствия видимых границ

## Недостаток:

- Тестировался только на HD, вероятно не устойчив к шуму



# Содержание

---

- Введение
- Классификация движущихся объектов
- Трекинг границ
- **Детектор областей перекрытия GST**
- Дальнейшие планы

# Gradient Structure Tensor (1)

Для выделения границ областей закрытия и открытия производится анализ собственных значений Gradient Structure Tensor (GST)

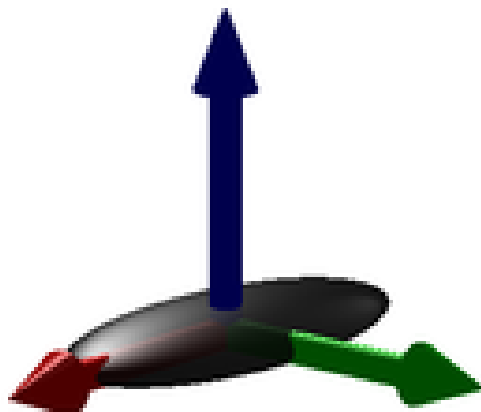
$$G(x, y, t) = \sum_{\omega} \nabla I (\nabla I)^T = \sum_{\omega} \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y & I_x I_t \\ I_x I_y & I_y^2 & I_y I_t \\ I_x I_t & I_y I_t & I_t^2 \end{bmatrix}$$

$\omega$  – окно некоторого радиуса

$I_x, I_y, I_t$  – производные видео по направлениям  $x, y$  и  $t$

# Gradient Structure Tensor (2)

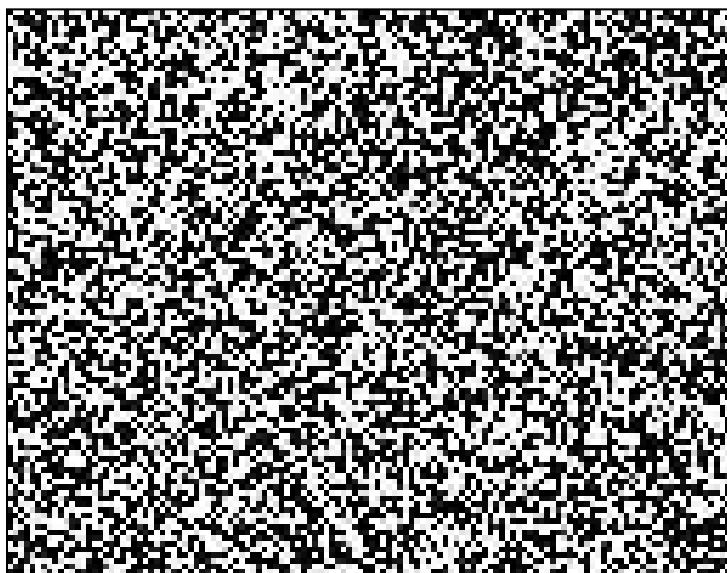
Собственные значения и собственные векторы GST определяют распределение направлений градиентов около точки



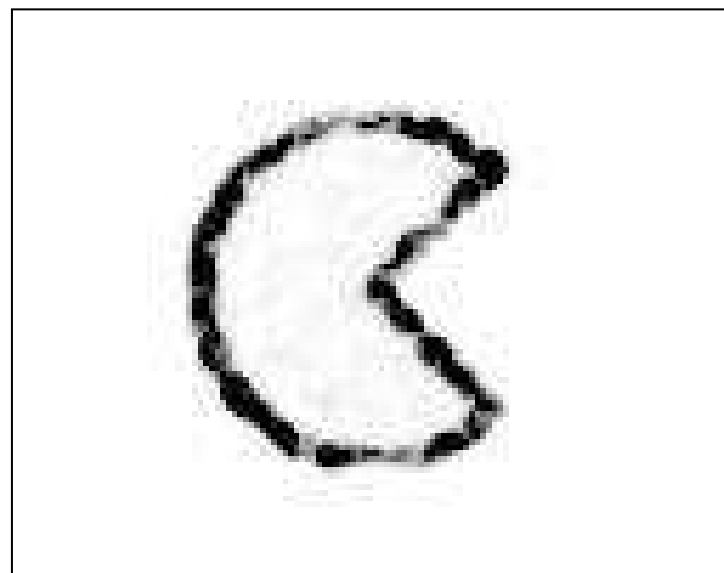
Стрелки – собственные векторы  
Полуоси эллипсоида пропорциональны соответствующим собственным значениям и, как следствие, величине градиентов вдоль векторов

# Occlusion detector (1)

Наименьшее собственное значение GST – индикатор областей открытия и закрытия



Кадр последовательности

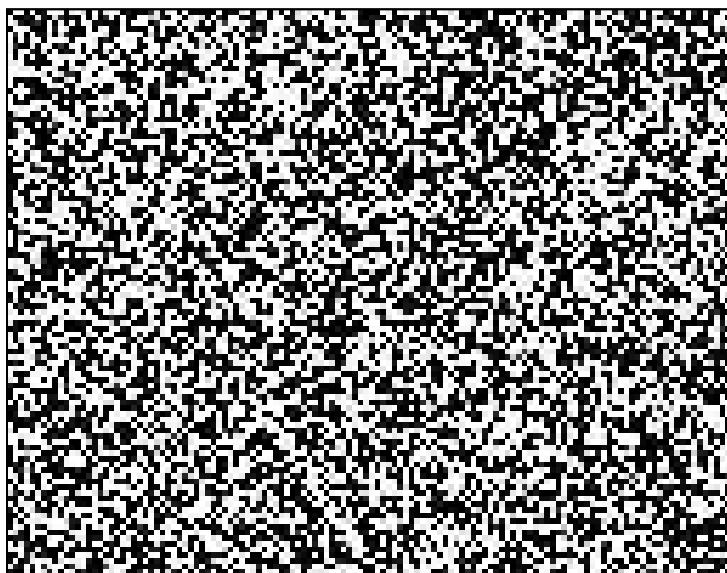


Выделенный контур,  
темнее – сильнее

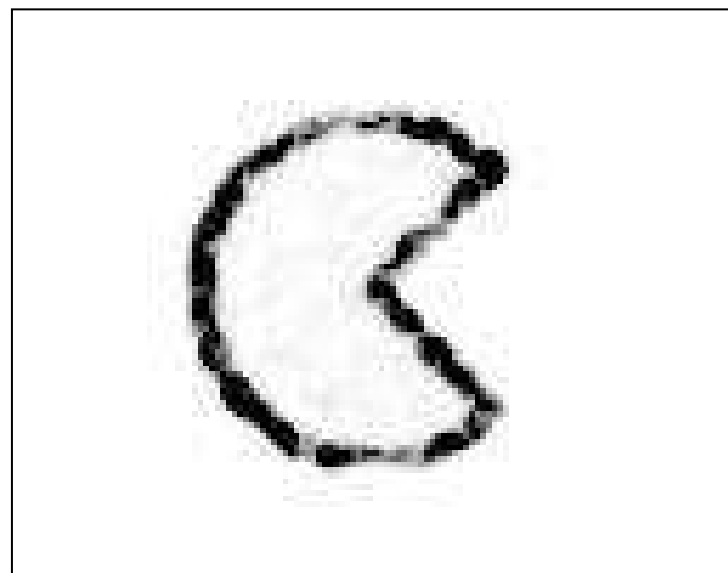


# Occlusion detector (1)

Наименьшее собственное значение GST – индикатор областей открытия и закрытия



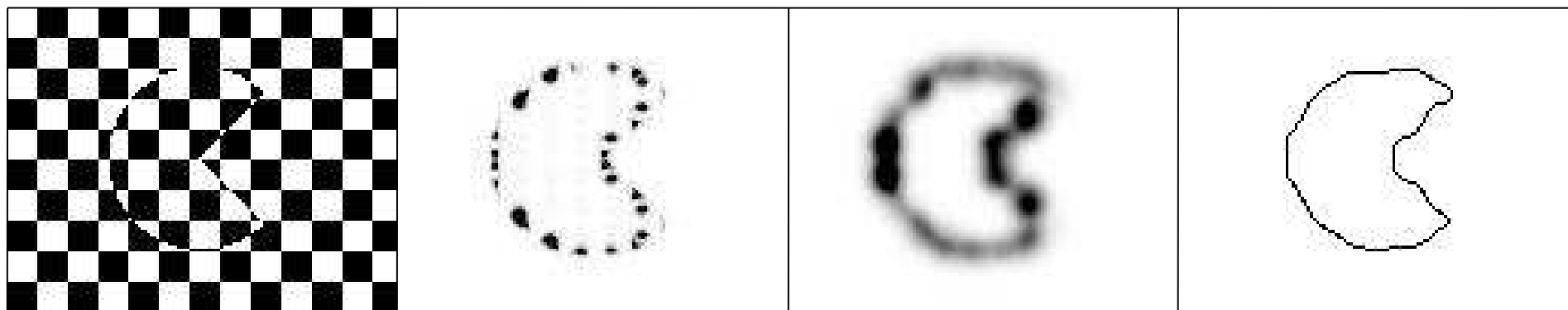
Кадр последовательности



Выделенный контур,  
темнее – сильнее

# Occlusion detector (2)

Для более точного выделения границ предлагается объединять результаты для разных радиусов окна при вычислении GST



Кадр  
последовательности

Значения детектора для разных радиусов

Выделенный контур

# Depth ordering

Утверждается, что градиент детектора областей закрытия направлен в сторону закрывающей области

Алгоритмом выделяются маски объектов  $\alpha$  и на основании суммы  $D$  определяется порядок объектов

$$D = \sum_{s=s_1}^{s_2} \sum_{x \in \partial \alpha} \nabla \lambda^{(s)} \cdot \nabla \hat{\alpha}$$

Суммирование градиентов по какой-либо границе при различных радиусах детектора  $s_1 - s_2$

Знак суммы позволяет определить, какая сторона границы принадлежит закрывающему объекту

# Результаты (1)



Кадры последовательности



Результат сегментации  
и упорядочивания  
светлее – ближе

# Результаты (2)



Кадры последовательности

Результат сегментации  
и упорядочивания  
светлее – ближе

# Результаты (3)



Кадры последовательности

Результат сегментации  
и упорядочивания  
светлее – ближе



# Выводы

---

## Достоинства:

- Нет необходимости применять OF и ME
- Алгоритм не требует наличия текстуры на закрывающем объекте
- Хорошо работает и при небольшом различии скоростей движущихся объектов

## Недостаток:

- Сложен для реализации



# Содержание

---

- Введение
- Классификация движущихся объектов
- Трекинг границ
- Детектор областей перекрытия GST
- **Дальнейшие планы**



# Дальнейшие планы

- Автоматический подбор параметра mean-shift и силы объединения сегментов
- Встраивание текущей сегментации в depth from motion
- Использование сегментации по областям перекрытия для анализа стереопар (детектирование перепутанных ракурсов)
- Реализация алгоритма сегментации по областям перекрытия

# Литература

1. P. Sundberg, T. Brox, M. Maire, P. Arbelaez and J. Malik, "Occlusion Boundary Detection and Figure/Ground Assignment from Optical Flow," *CVPR*, 2011, pp. 2233–2240.
2. D. Feldman, D. Weinshall, "Motion Segmentation and Depth Ordering Using an Occlusion Detector," *IEEE Trans. on PAMI(30) No.7*, 2008, pp. 1171–1185.
3. A. S. Ogale, C. Fermüller, Y. Aloimonos, "Motion Segmentation Using Occlusions," *IEEE Trans. on PAMI(27) No.6*, 2005, pp. 988–992.
4. C. Beck, T. Ognibeni, H. Neumann, "Object Segmentation from Motion Discontinuities and Temporal Occlusions – A Biologically Inspired Model," *PLoS ONE vol. 3*, 2008, pp. 1–14.

# 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