

# Цифровая стабилизация видеопоследовательностей с использованием кластерного анализа

Карпов Р.О., Копылов А.В.,

Тульский Государственный Университет,

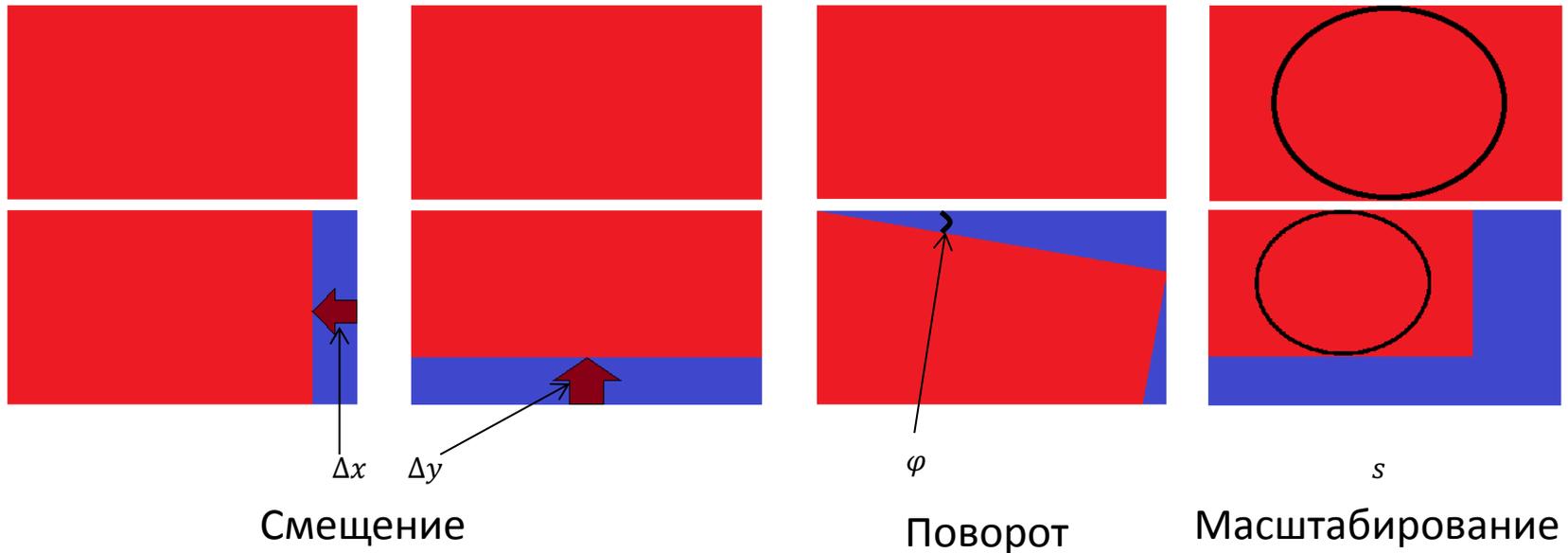
Российская федерация, г. Тула, проспект  
Ленина 92, 300600

[karpovro@gmail.com](mailto:karpovro@gmail.com), [And.Kopylov@gmail.com](mailto:And.Kopylov@gmail.com)

# Задача стабилизации видео

Стабилизация видео – это один из важных этапов работы практически каждой системы видеонаблюдения или трекинга объектов. Задача стабилизации видео заключается в компенсации нежелательного межкадрового смещения, которое может присутствовать из-за вибрации при съемке с рук или из транспортного средства, а также из-за особенностей крепления камеры.

# Базовые межкадровые преобразования



Возможные реальные межкадровые преобразования являются комбинацией базовых межкадровых преобразований.

# Модель межкадровых преобразований

$$T'_i = T_i + \eta_i$$

- $T_i = \{\Delta x_i, \Delta y_i, s_i, \varphi_i\}$  – желаемое движение камеры (без шума)  $i$ -го кадра;
- $\eta_i = \{\Delta x_i, \Delta y_i, s_i, \varphi_i\}$  – случайное движение  $i$ -го кадра; тряска;
- $T'_i = \{\Delta x_i, \Delta y_i, s_i, \varphi_i\}$  – реальное движение  $i$ -го кадра.

# Существующие методы стабилизации видео

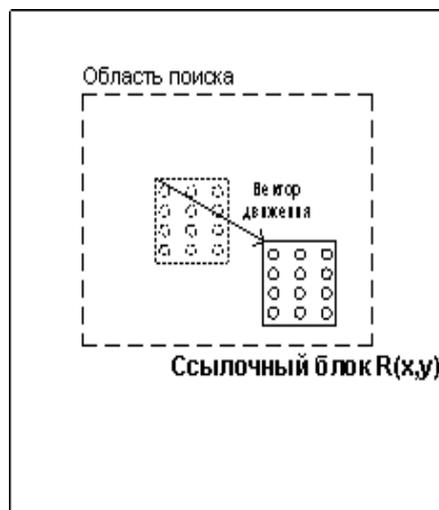


# Метод сопоставления блоков

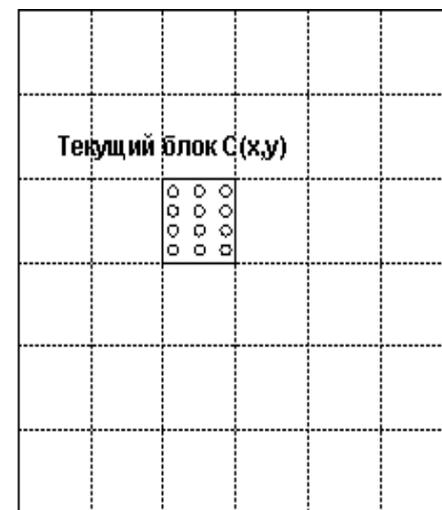
Алгоритм поиска смещения:

1. Кадр разбивается на множество непересекающихся блоков
2. Для каждого блока текущего кадра ищется соответствующий, наиболее похожий ему блок предыдущего кадра (ссылочный блок), т.е. ищется такое смещение  $(\Delta x, \Delta y)$ , что

$$\sum_x \sum_y (I_i(x, y) - I_{i-1}(x + \Delta x, y + \Delta y))^2 \rightarrow \min$$



Ссылочный кадр

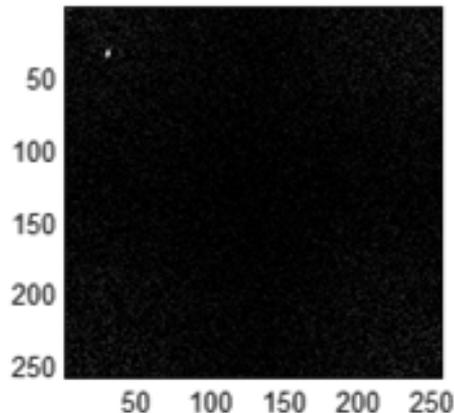
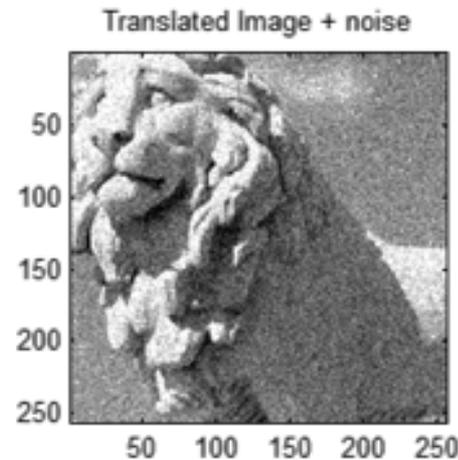
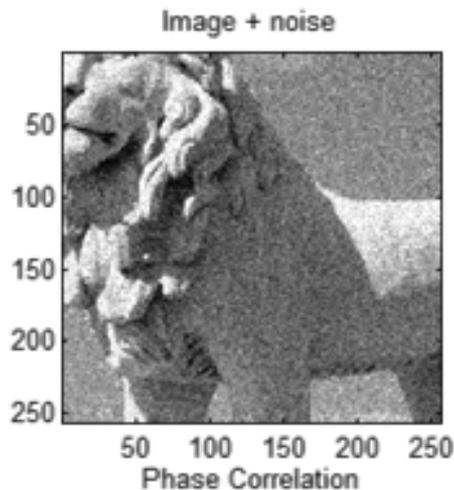


Текущий кадр

# Метод фазовой корреляции

Алгоритм метода:

1. Вычислить двумерное преобразование Фурье для изображений
2. Рассчитать спектр взаимной мощности по формуле  $R = \frac{G_i \circ G_j^*}{|G_i G_j^*|}$
3. Вычислить обратное преобразование Фурье  $r = \hat{f}^{-1}\{R\}$
4. Смещение кадров:  
 $(\Delta x, \Delta y) = \arg \max_{(x,y)} \{r\}$



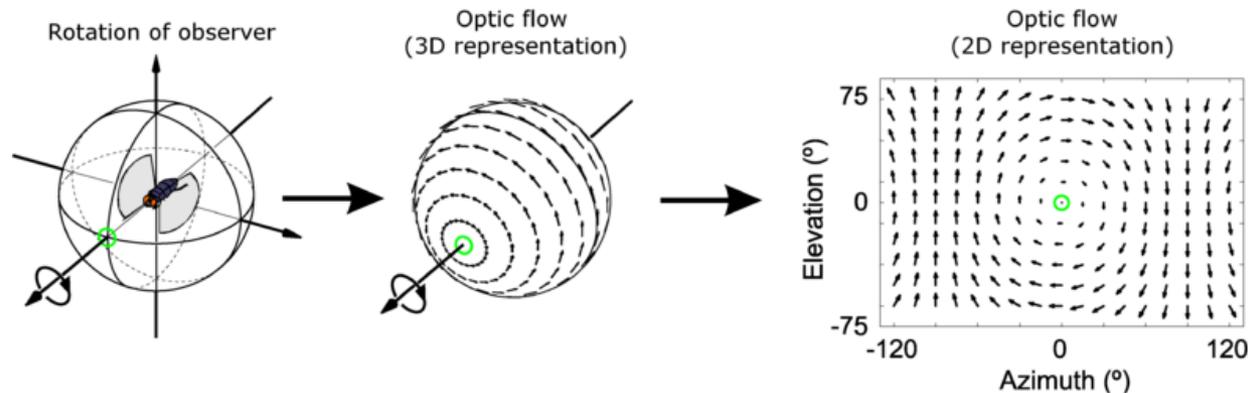
# Метод оптического потока

Метод оптического потока старается рассчитать движение между двумя изображениями, полученными с разницей времени  $\Delta t$ , в каждом вокселе. Эти методы являются дифференциальными, так как они основаны на локальном ряде Тейлора для изображения, представленном в виде сигнала, то есть они используют частные производные по пространственным и временной координатам.

Уравнение, по которому считается оптический поток:

$$\frac{\partial I}{\partial x} V_x + \frac{\partial I}{\partial y} V_y = - \frac{\partial I}{\partial t}$$

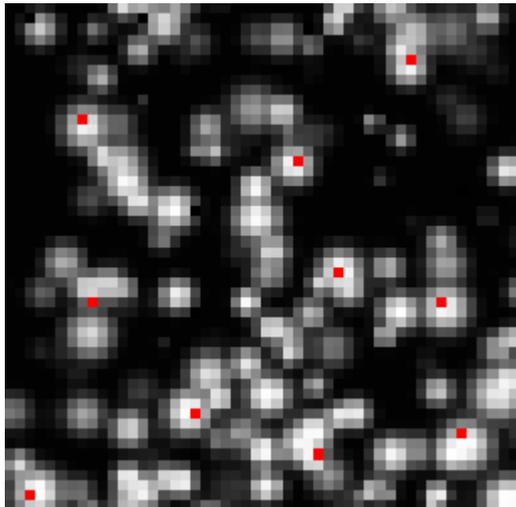
Полученное уравнение содержит две неизвестных и не может быть однозначно разрешено. Данное обстоятельство известно как проблема апертюры. Задачу решают с наложением дополнительных ограничений



# Косвенные методы стабилизации видео

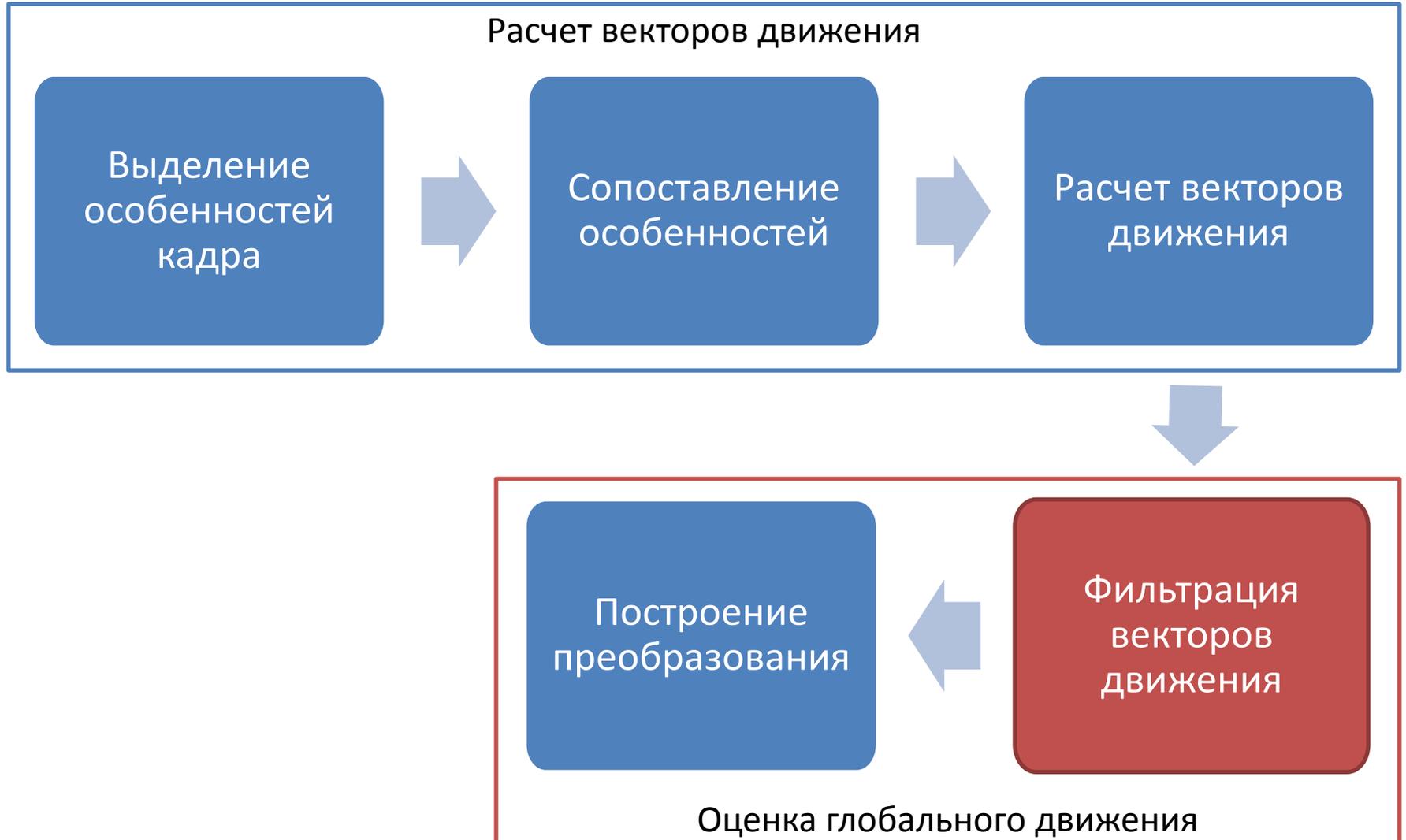
Алгоритм обнаружения движения:

1. Обнаружение особенностей;
2. Сопоставление особенностей;
3. Расчет локальных векторов движения по сопоставленным особенностям.
4. Расчет межкадрового преобразования

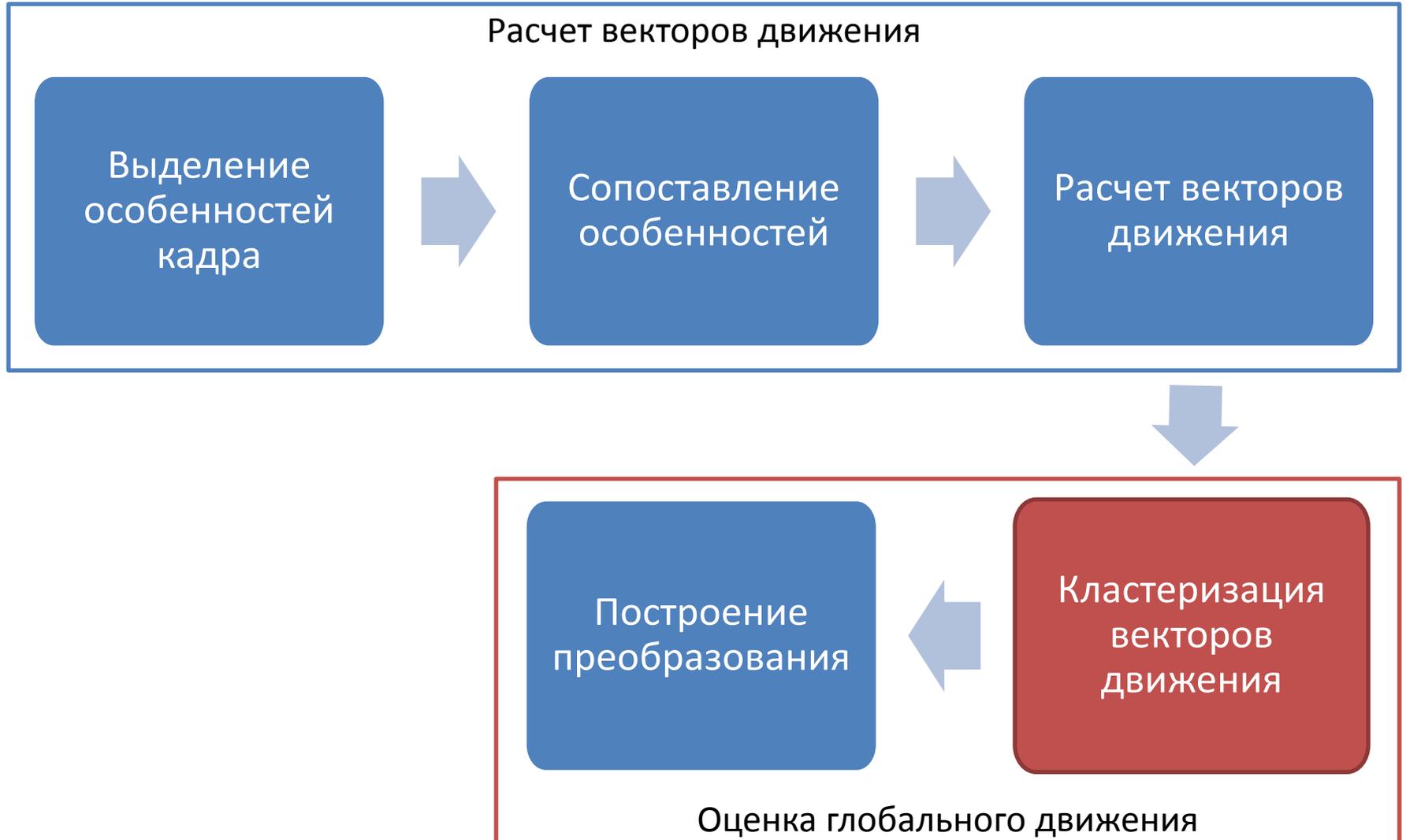


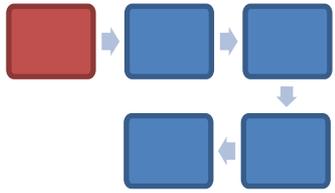
Плюсом методов этой группы является возможность расчета полной модели движения.

# Стандартная схема стабилизации



# Предлагаемая схема стабилизации





# Выделение особенностей



SURF

Плюсы:

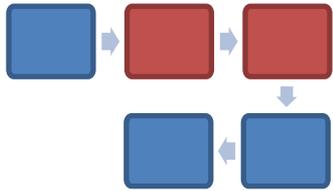
- Устойчивые к поворотам и масштабированию точки;
- Готовые реализации алгоритма.

Минусы:

- Высокая вычислительная сложность.

# Сопоставление

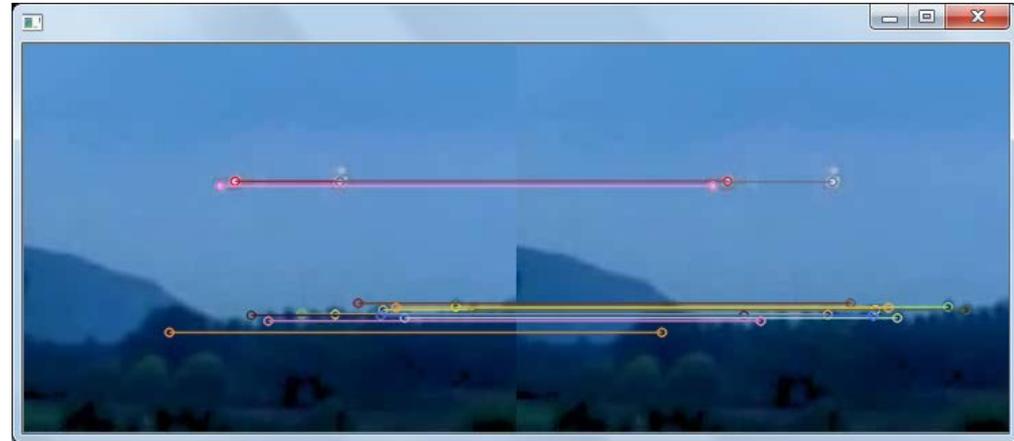
# особенностей и расчет векторов движения



Сопоставление

особенностей:

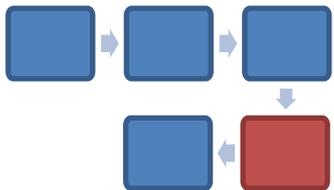
Переборный алгоритм,  
ограниченный по радиусу  
поиска



$$(n, m) = \arg \min(dd_{i,i+1}(n, m))$$

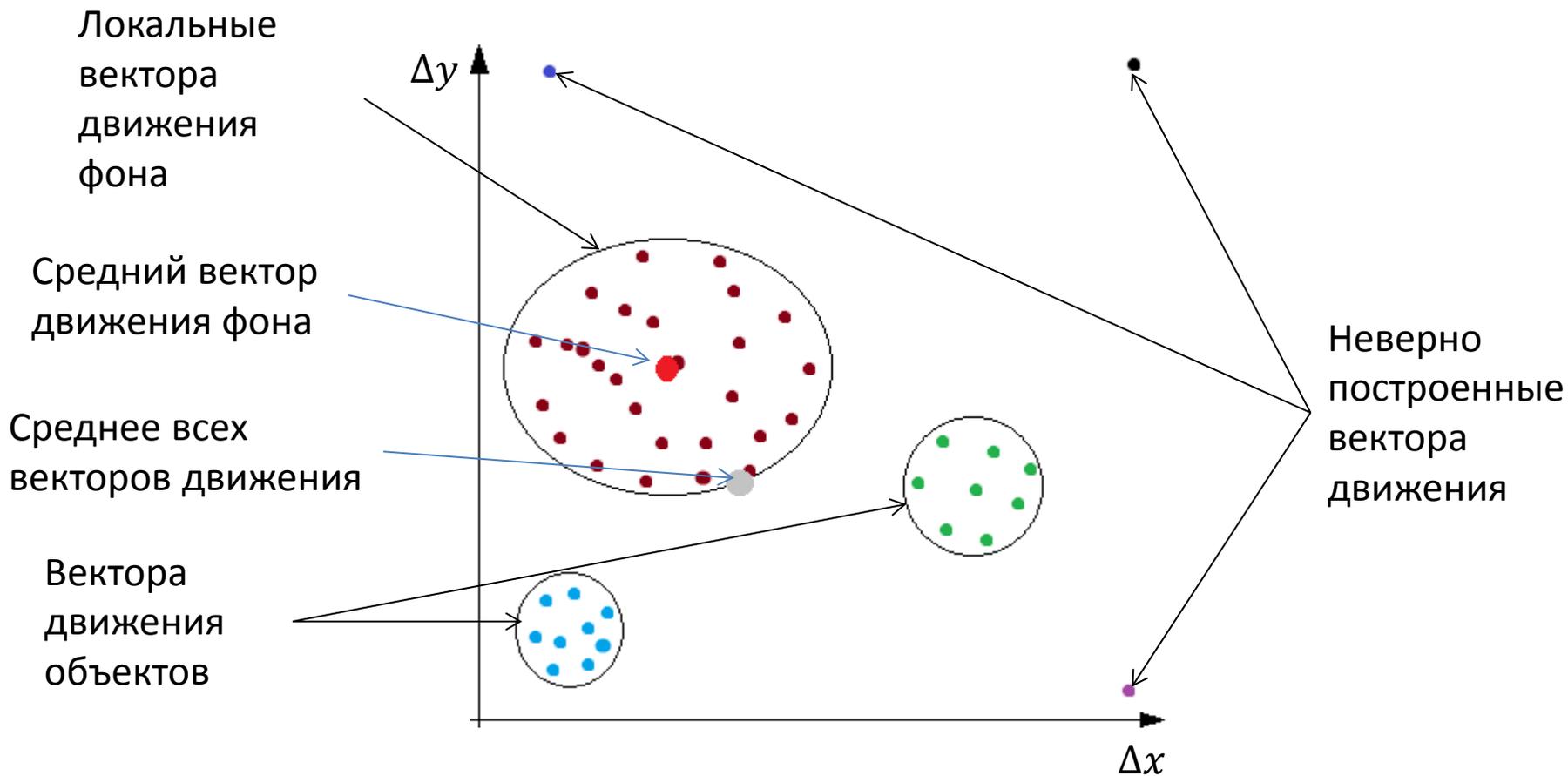
Расчет векторов движения:

Расстояние между соответствующими  
особенностями  $m$  и  $n$  на  $i$ -ом и  $i+1$ -ом  
кадрах



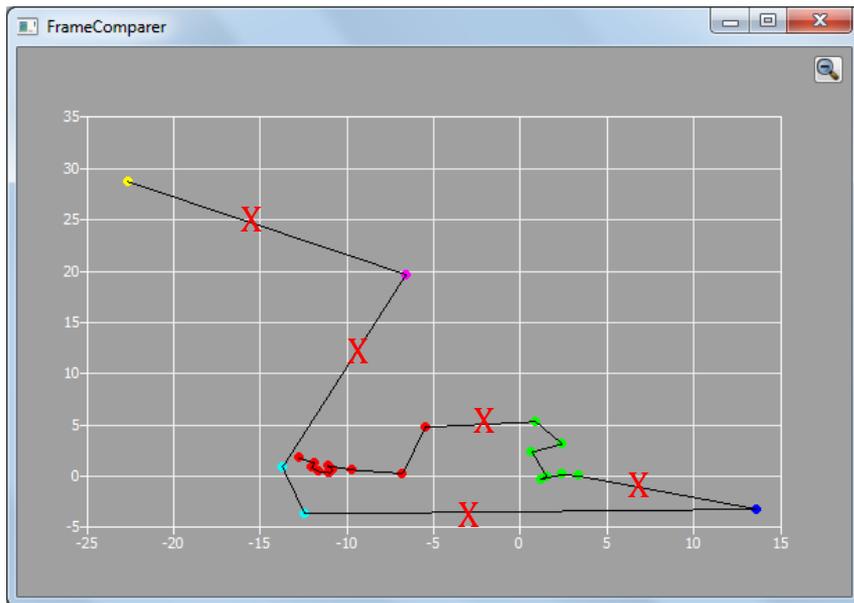
# Кластеризация

Использование кластерного анализа позволяет определить кластеры, которые соответствуют локальным векторам движения фона и объектов. Также использование кластерного анализа позволяет отсеять неверно полученные вектора движения. Как результат, стабилизация становится точнее.



# Используемый метод кластеризации

Для кластеризации локальных векторов движения был использован жадный алгоритм поиска кратчайшего незамкнутого пути



# Оценки времени работы

Среднее время работы методов оценки межкадровой трансформации на одном видео с расширением 1280 на 720.

RANSAC	Предложенный метод
0.160 сек.	0.155 сек.

# Оценки качества работы (ITF)

	Исходное видео	RANSAC	Кластеризация
Видео 1	18.8506	21.862	22.1997
Видео 2	15.6109	19.8697	20.0787
Видео 3	19.5377	23.8939	24.5256

Используемые меры:

$$ITF = \frac{1}{N_{frames} - 1} \sum_i^{N_{frames}-1} PSNR_i$$
$$PSNR_i = 10 \log_{10} \frac{I_{max}}{MSE_i}$$

# Сравнение методов стабилизации

Исходное видео



Full-space

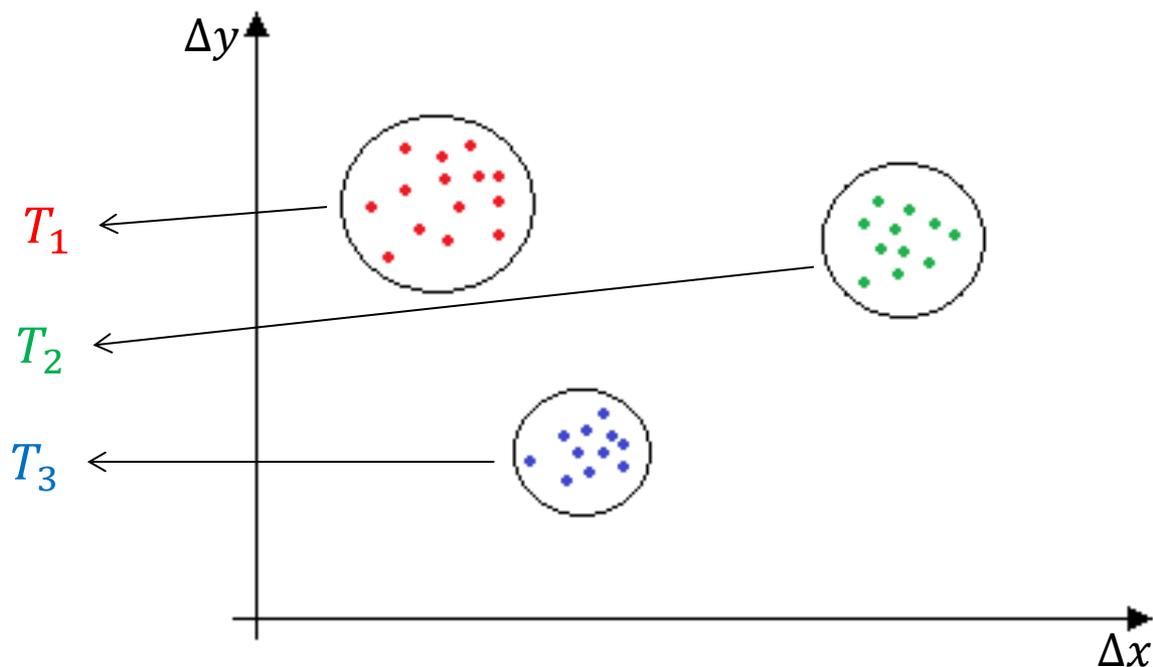


Bezier curves

Clustering

# Дополнительные возможности предлагаемого метода

Стабилизация кадра возможна не только по фону, но и по любому объекту, представленному своим кластером локальных векторов движения.

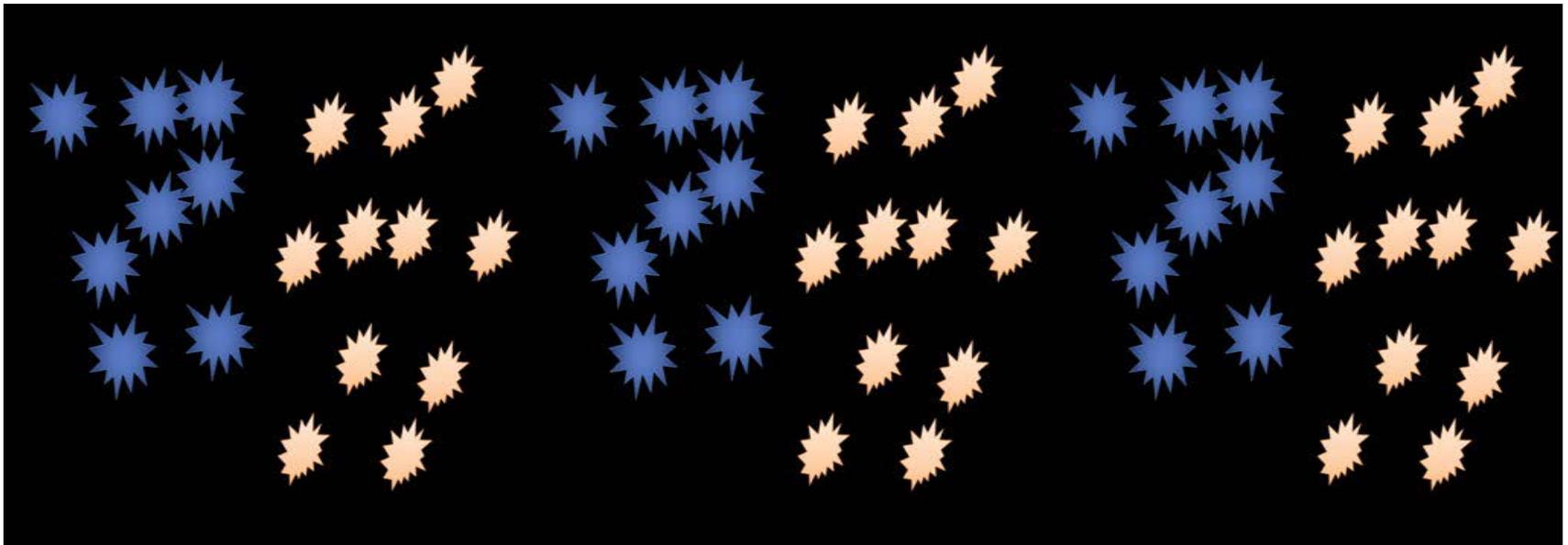


# Результат экспериментов стабилизации по выбранному объекту

Стабилизация по  
синим объектам

Исходное видео

Стабилизация по  
оранжевым объектам



Данное видео является результатом обработки с помощью ПО, реализующего демонстрируемый метод.

# Выбор объекта стабилизации на реальном видео

