

Цифровая стабилизация видеопоследовательностей с использованием кластерного анализа

Карпов Р.О., Копылов А.В.,

Тульский Государственный Университет,

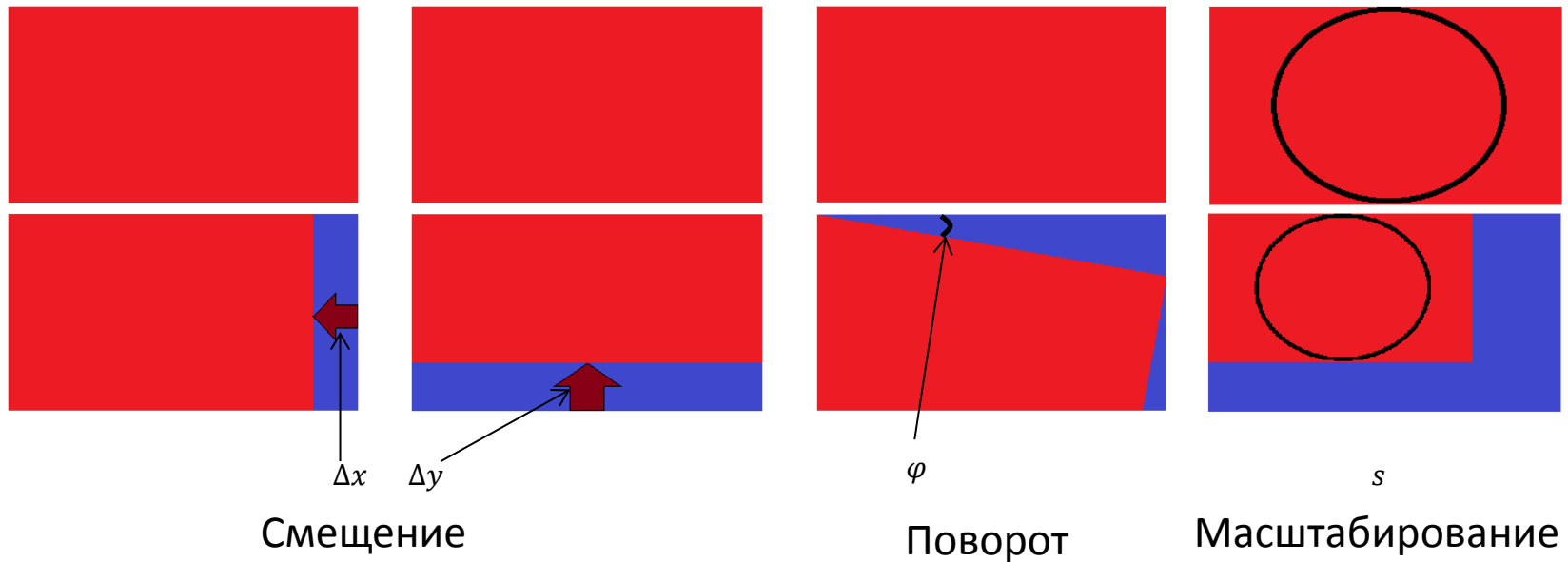
Российская федерация, г. Тула, проспект
Ленина 92, 300600

karpovro@gmail.com, 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



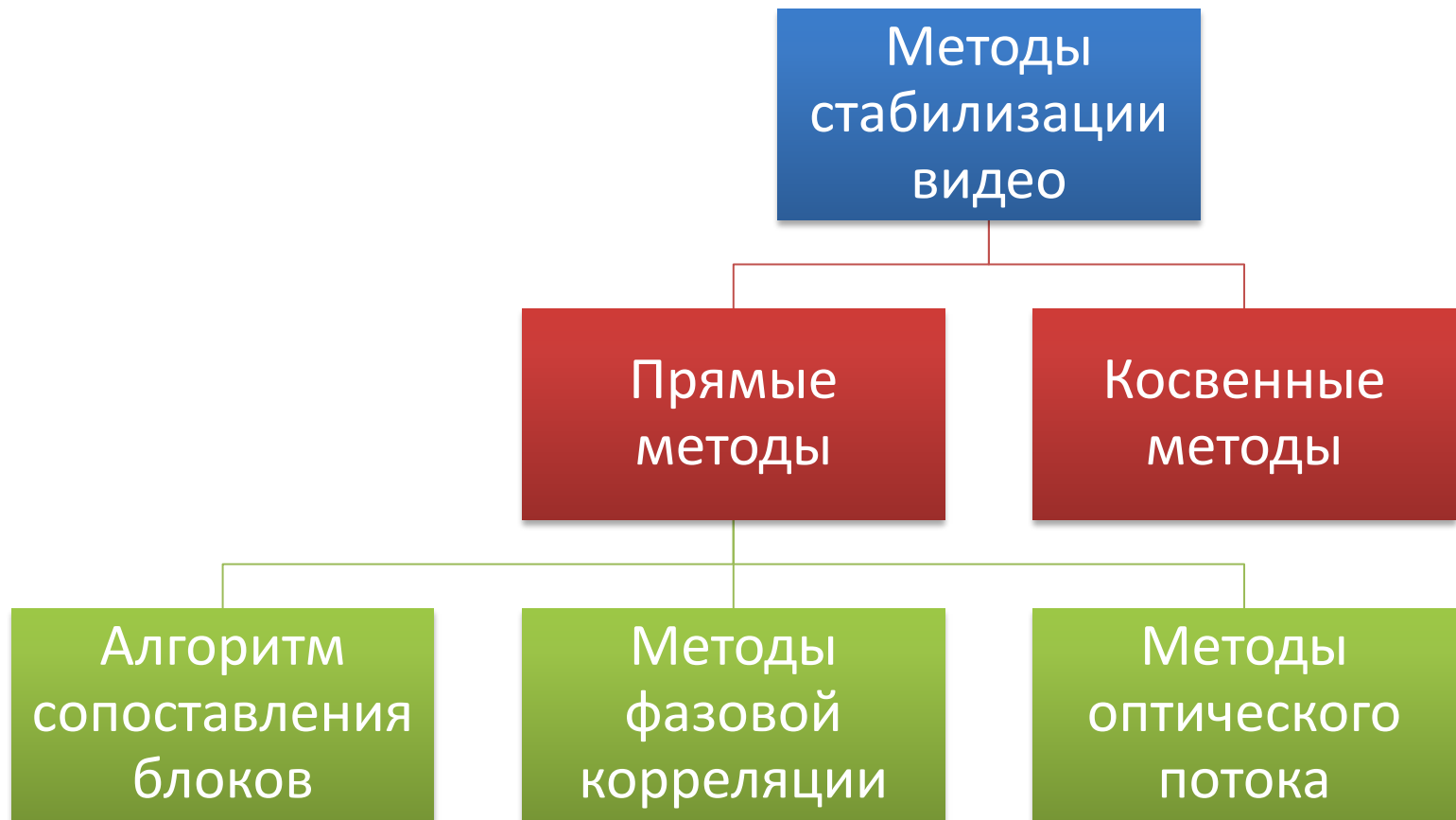
Возможные реальные межкадровые преобразования являются комбинацией базовых межкадровых преобразований.

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

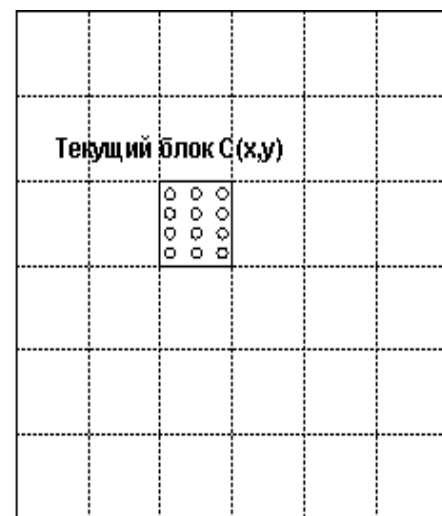
Алгоритм поиска смещения:

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

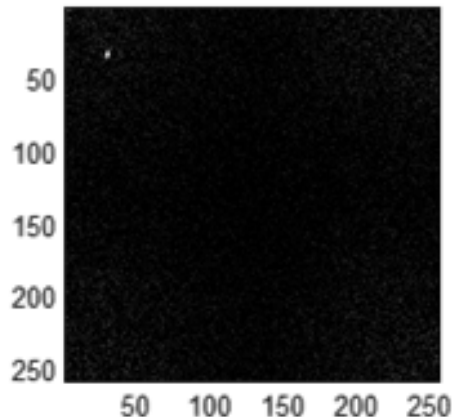
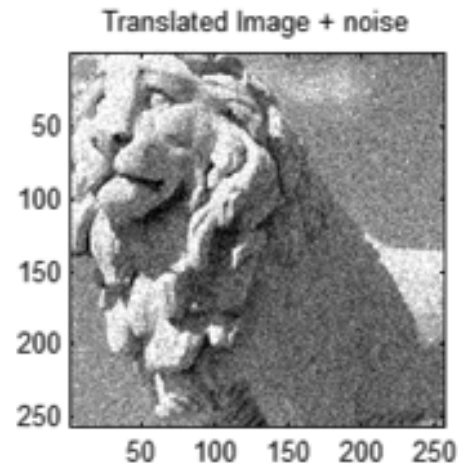
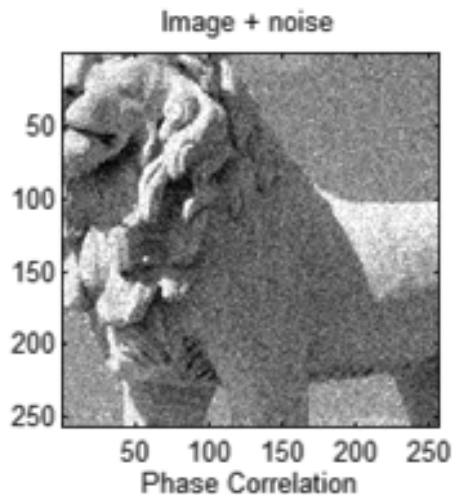


Текущий кадр

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:
 $(\Delta x, \Delta y) = \arg \max_{(x,y)} \{r\}$



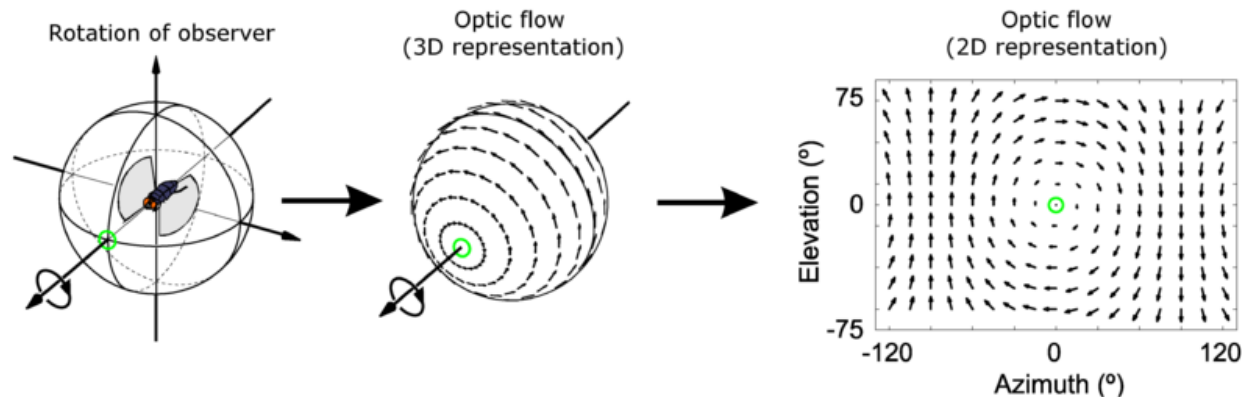
Метод оптического потока

Метод оптического потока старается рассчитать движение между двумя изображениями, полученными с разницей времени Δt , 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:

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

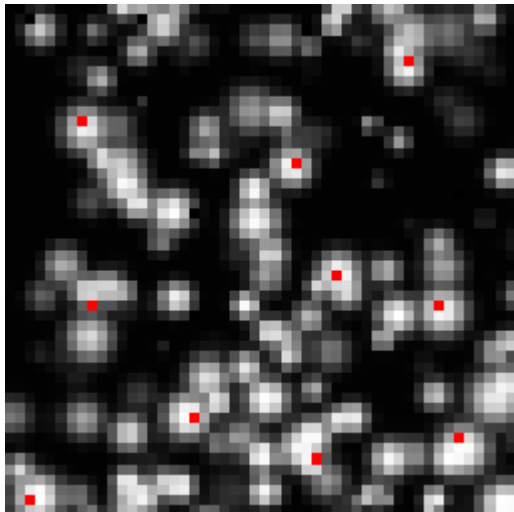
Полученное уравнение содержит две неизвестных и не может быть однозначно разрешено. Данное обстоятельство известно как проблема апертюры. Задачу решают с наложением дополнительных ограничений



Косвенные методы стабилизации видео

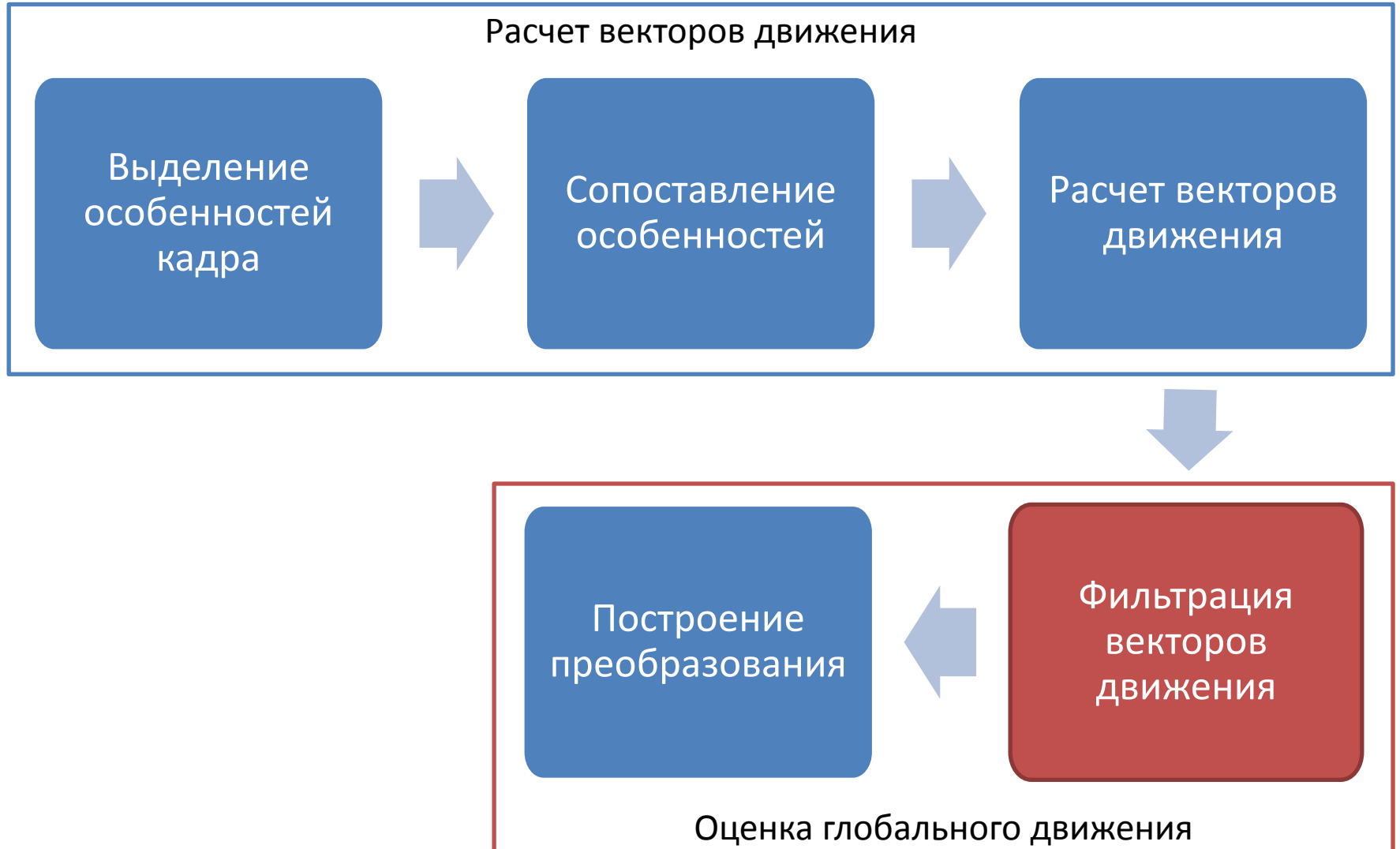
Алгоритм обнаружения движения:

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

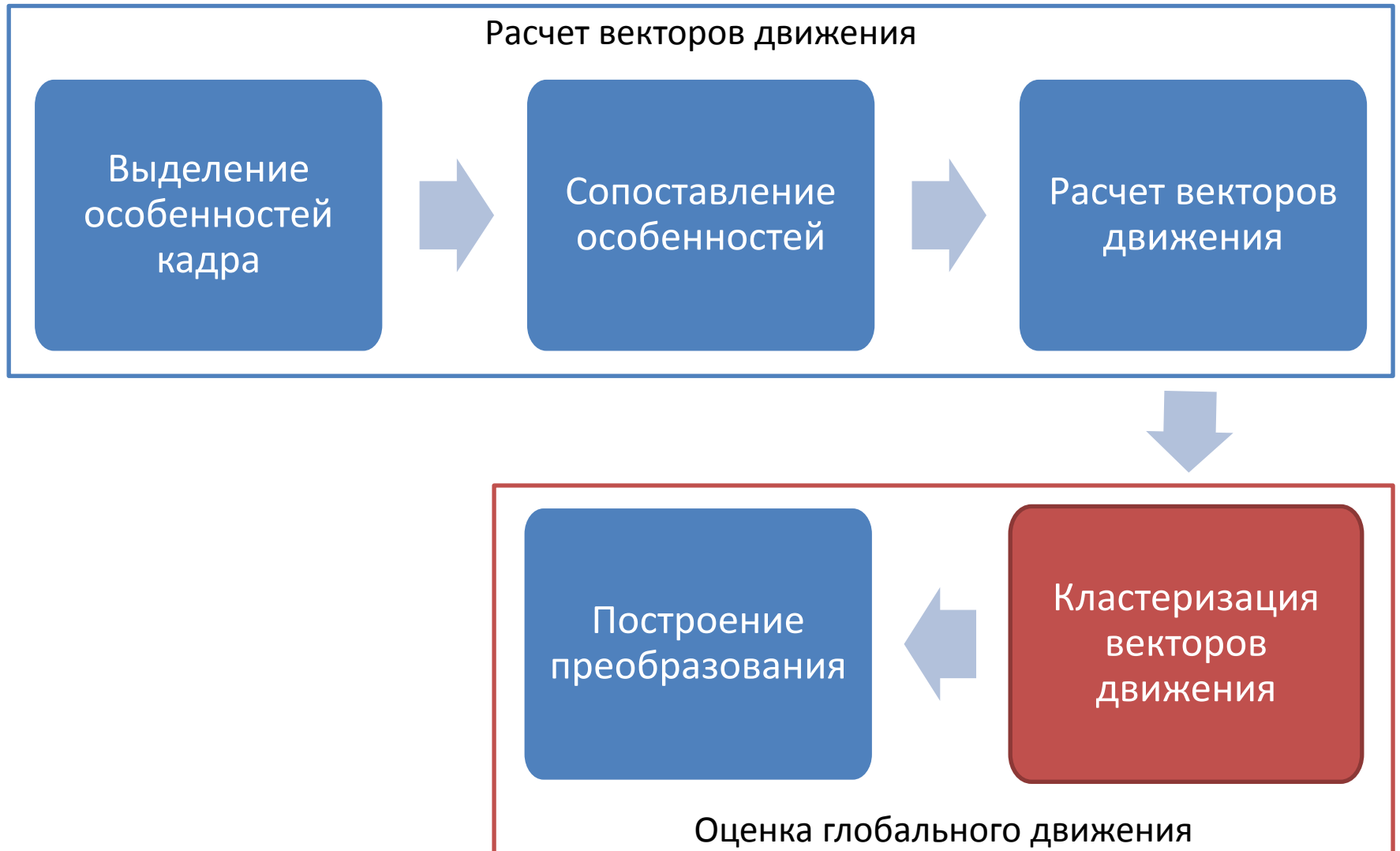


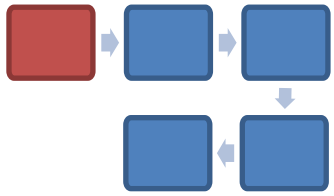
Плюсом методов этой группы является возможность расчета полной модели движения.

Стандартная схема стабилизации



Предлагаемая схема стабилизации





Выделение особенностей



SURF

Плюсы:

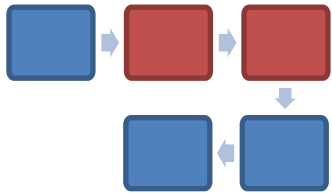
- Устойчивые к поворотам и масштабированию точки;
- Готовые реализации алгоритма.

Минусы:

- Высокая вычислительная сложность.

Сопоставление

особенностей и расчет векторов движения



Сопоставление

особенностей:

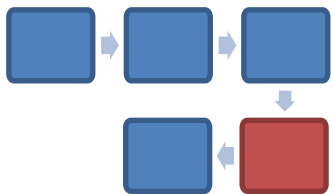
Переборный алгоритм,
ограниченный по радиусу
поиска



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

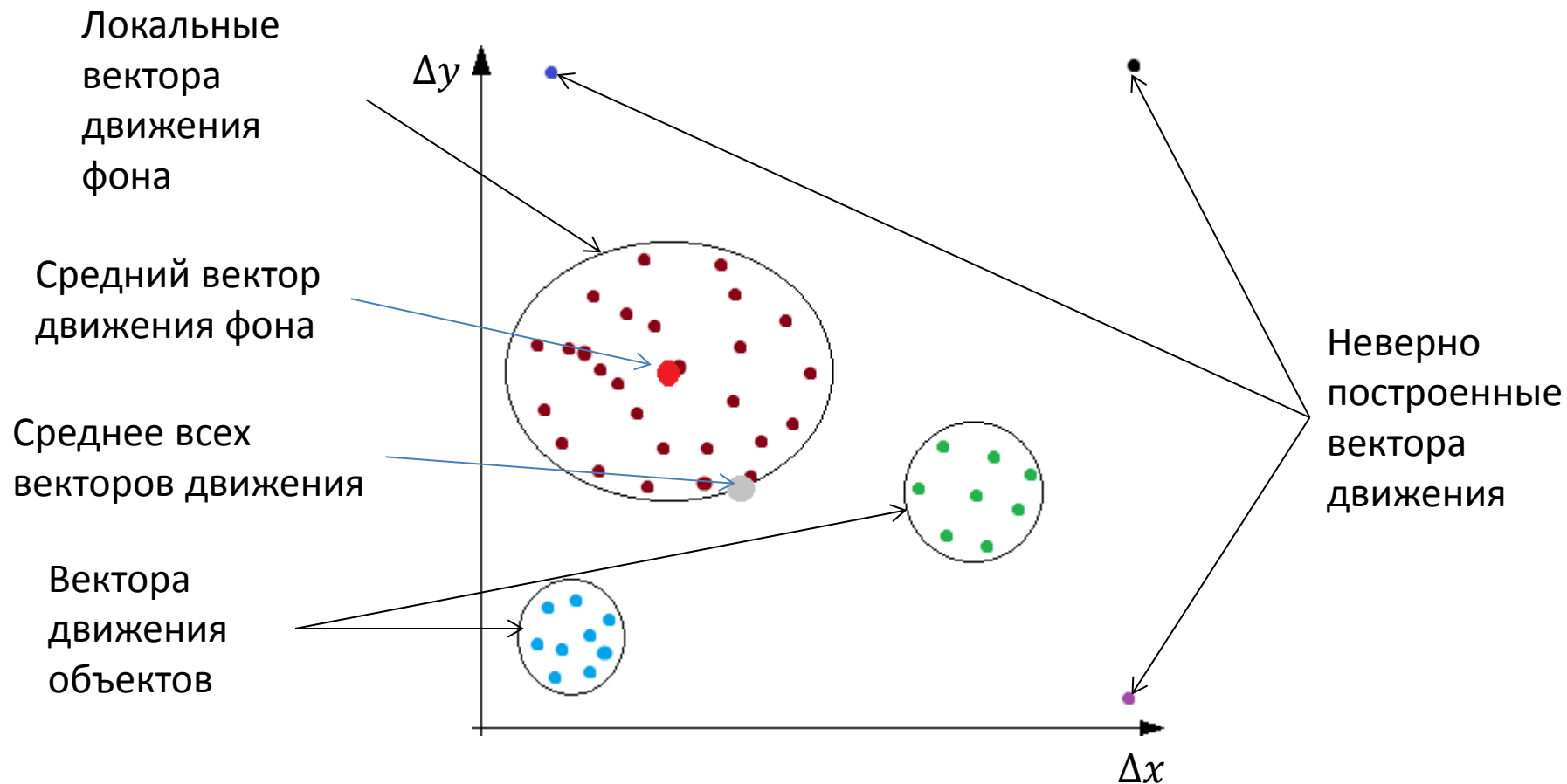
Расчет векторов движения:

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



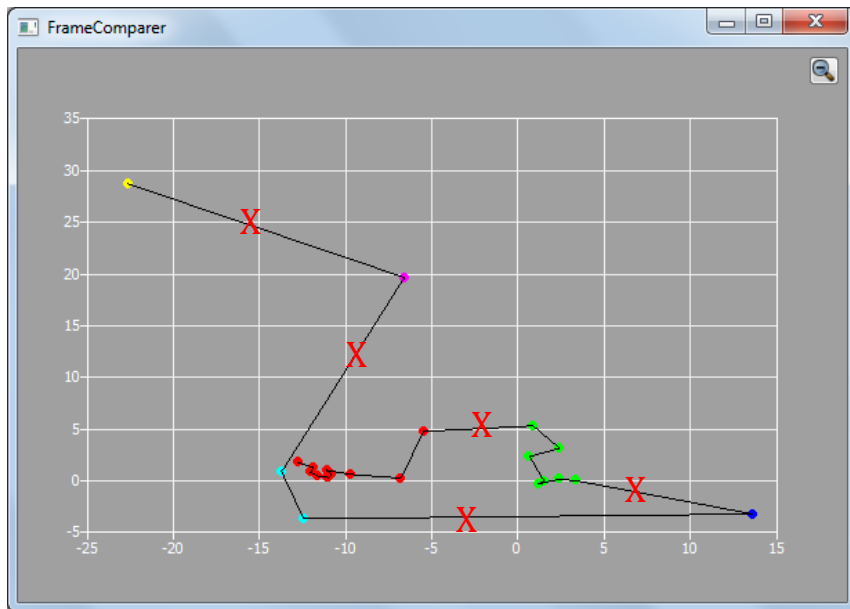
Кластеризация

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



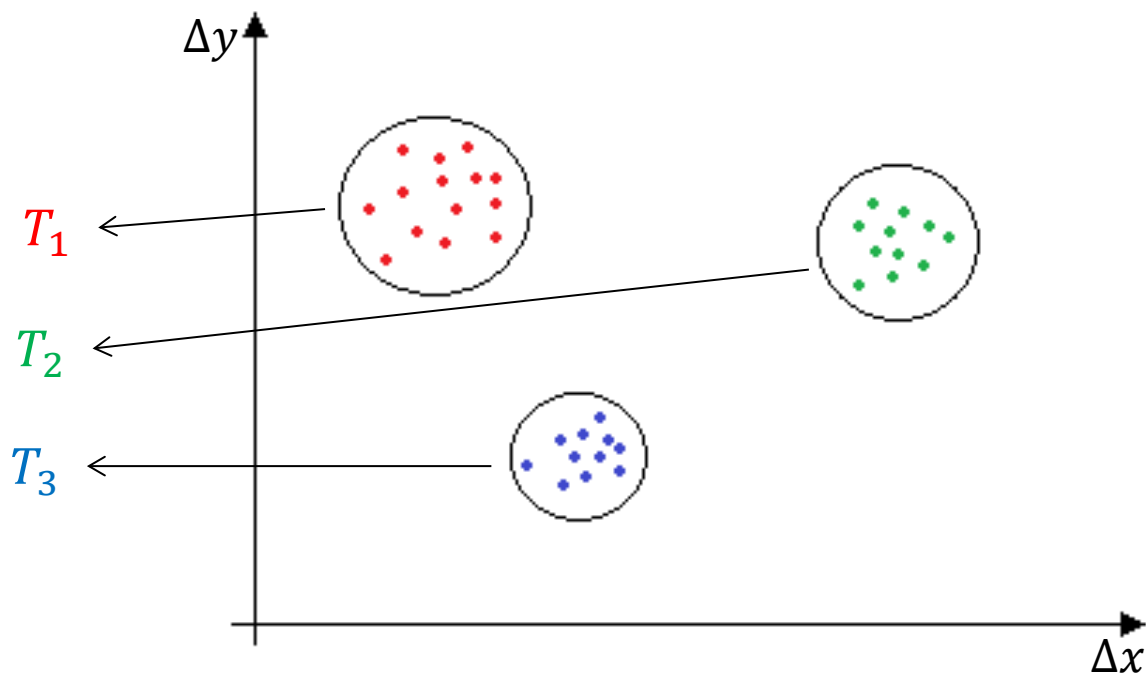
Bezier curves



Clustering

Дополнительные возможности предлагаемого метода

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

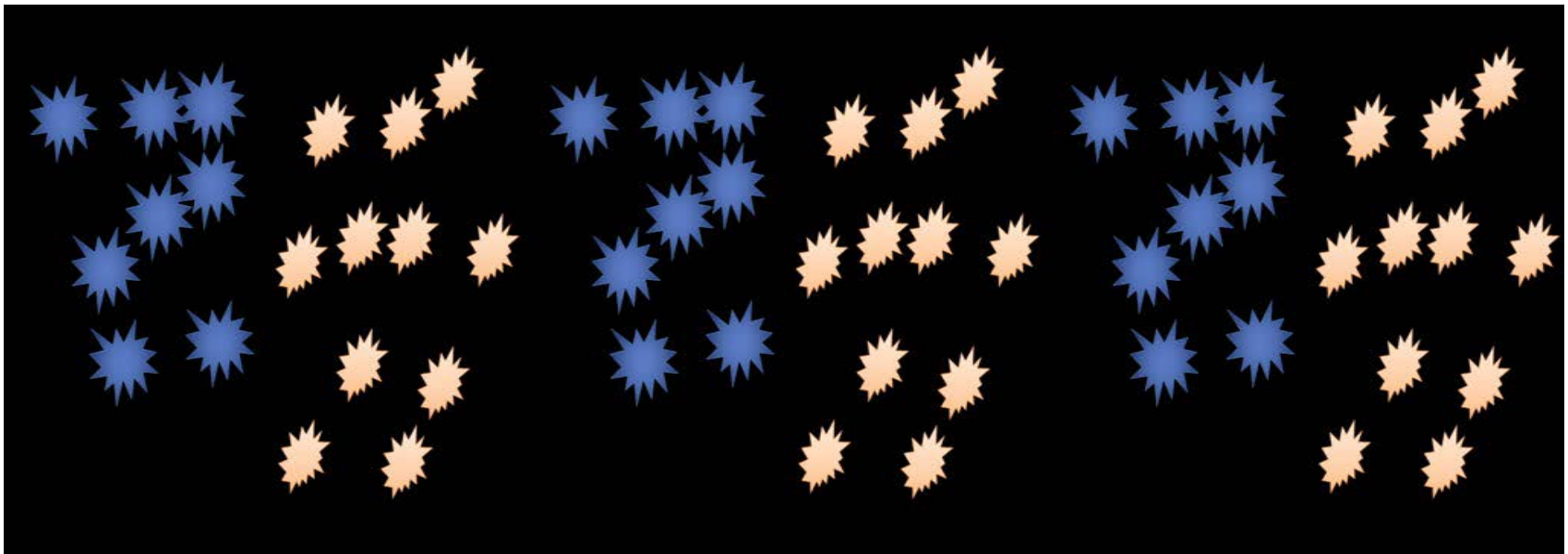


Результат экспериментов стабилизации по выбранному объекту

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

