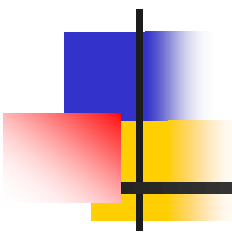


Обзор методов сравнения фильмов



Алексей Шалпегин

Video Group
CS MSU Graphics & Media Lab

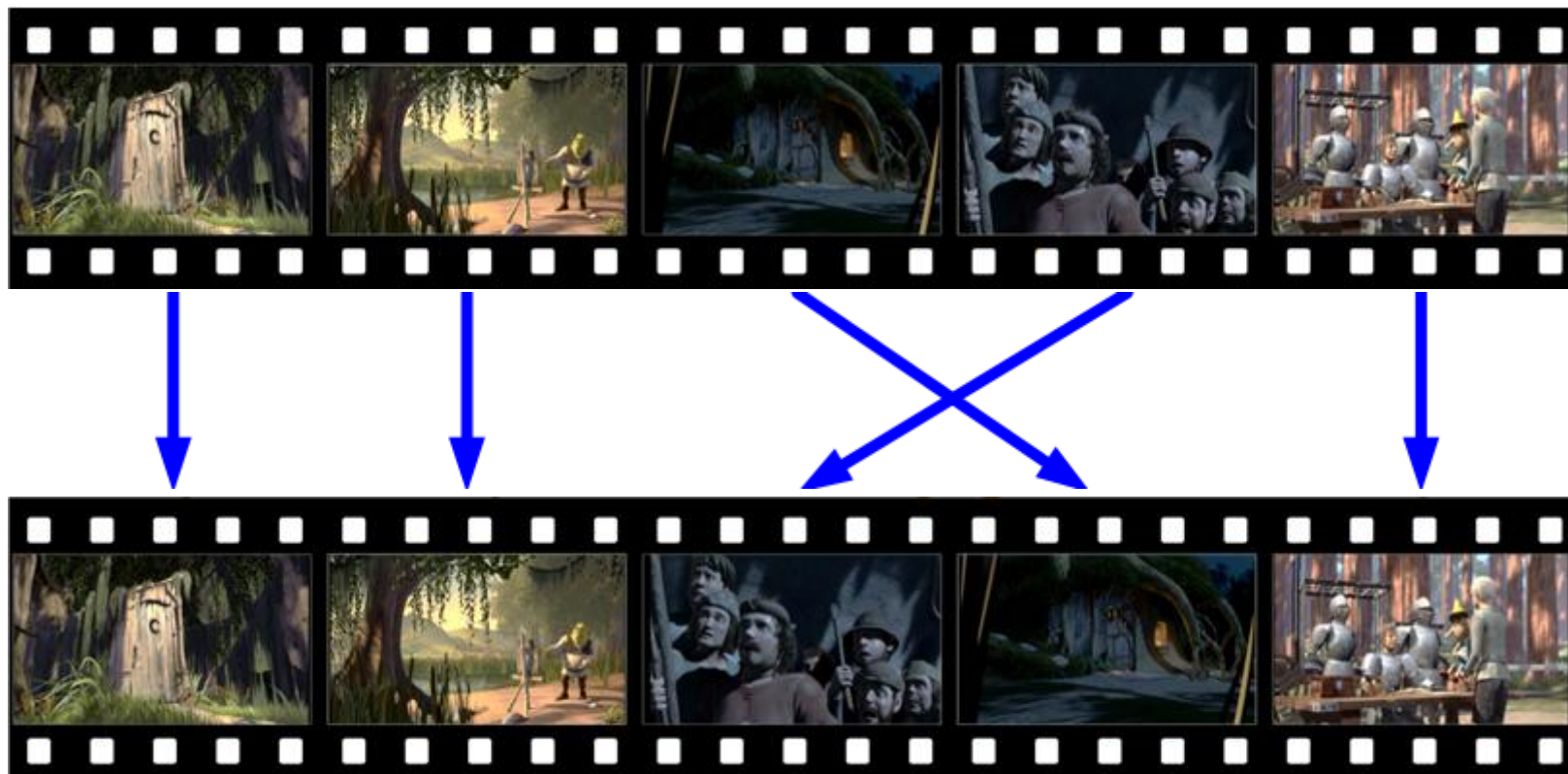


Содержание

- Введение
 - **Различия в версиях фильмов**
 - Сравнение фильмов
- Fast Sequence Matching
- Поиск по сценам
- Иерархический метод
- Предложенный метод
- Детальное сравнение

Различия в версиях фильмов

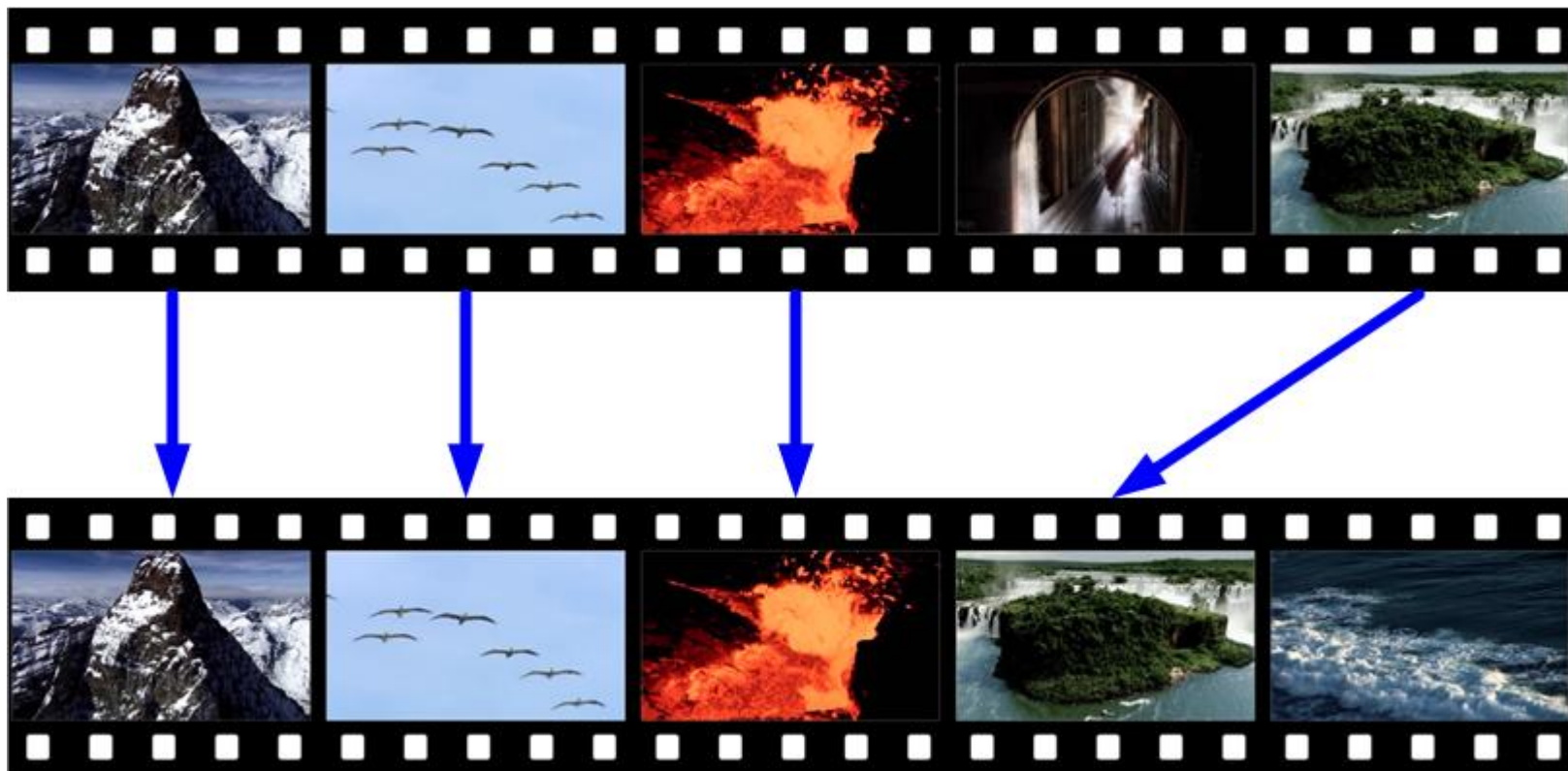
Смена порядка сцен



Перестановка сцен без изменения содержания

Различия в версиях фильмов

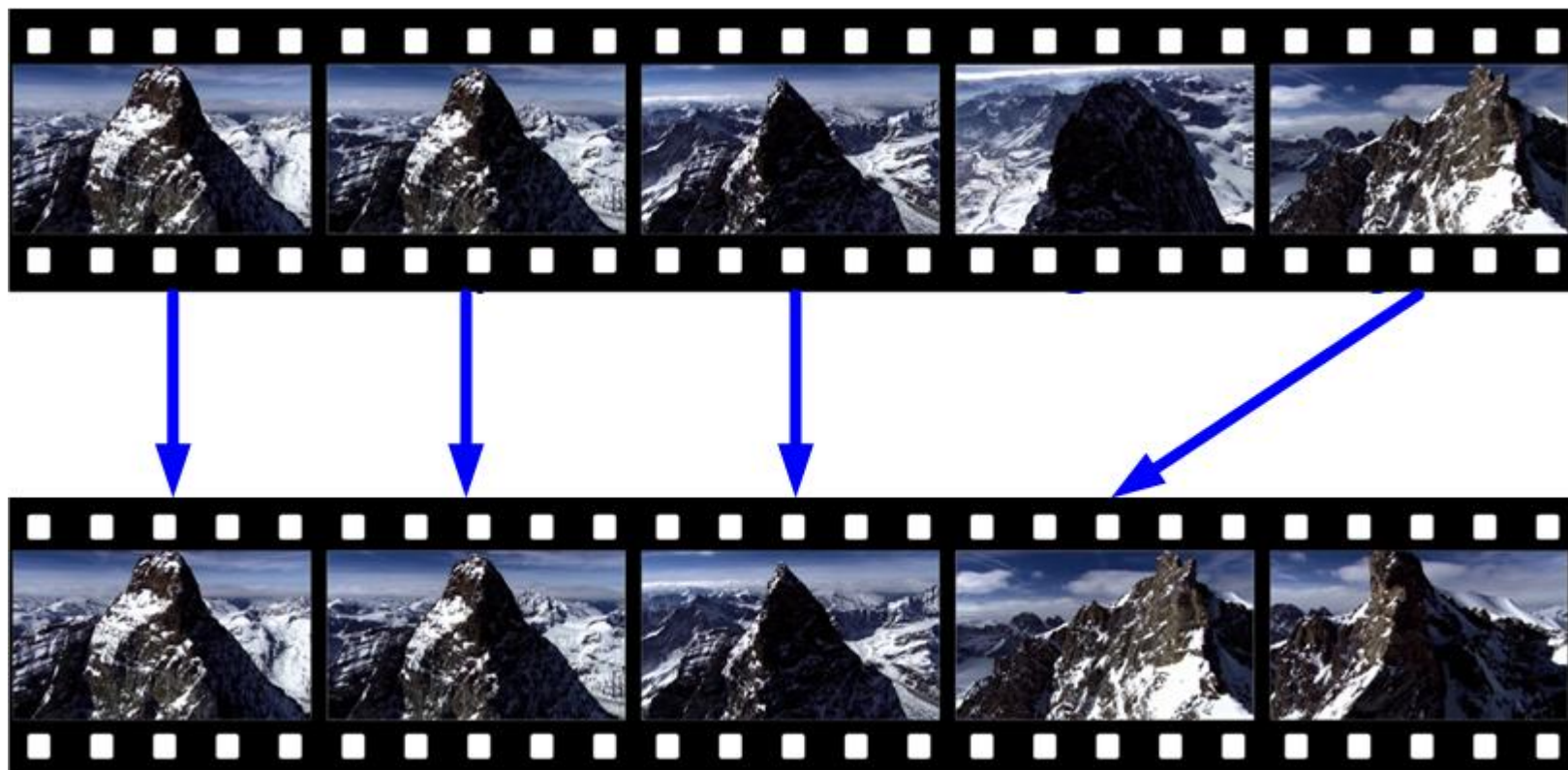
Удаление/вставка сцен



Вставка новых сцен и удаление старых

Различия в версиях фильмов

Изменение длины сцены



Удлинение или укорачивание сцены

Различия в версиях фильмов

Кадрирование



До цензурирования



После цензурирования

Различия в версиях фильмов

Отражение



До редактирования



После редактирования

Различия в версиях фильмов

Замена кадров



До редактирования



После редактирования

Различия в версиях фильмов

Искажения конвертации



2D версия

Различия в версиях фильмов

Искажения конвертации



3D версия (левый ракурс)

Различия в версиях фильмов

Искажения конвертации



3D версия (правый ракурс)

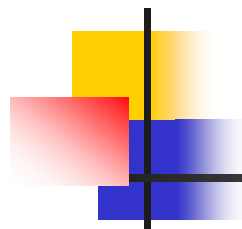


Содержание

- Введение
 - Различия в версиях фильмов
 - **Сравнение фильмов**
- Fast Sequence Matching
- Поиск по сценам
- Иерархический метод
- Предложенный метод
- Детальное сравнение

Сравнение фильмов

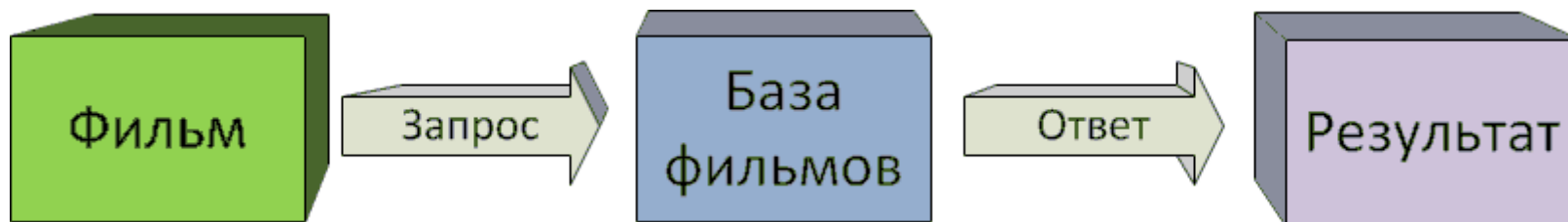
Классификация



	Поиск дубликатов	Поиск различий
Что нужно?	База фильмов	Фильм-образец
Где используется?	YouTube	Конвертация

Сравнение фильмов

Поиск дубликатов



Аналог
«Угадай фильм
по кадру»



?

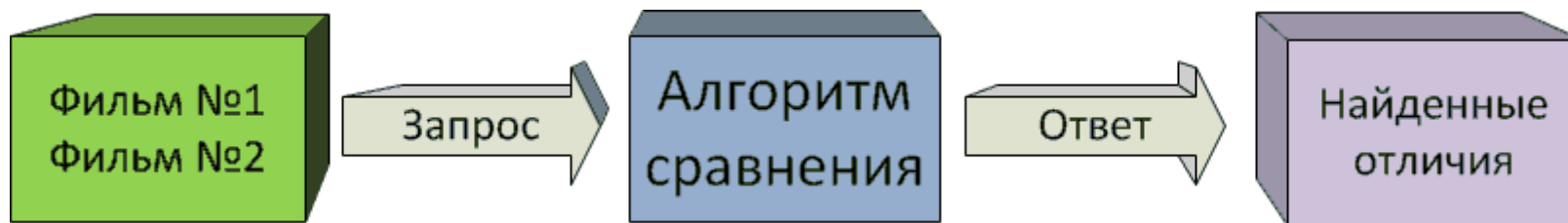


Кадр из к/ф «Эффект бабочки»

http://www.monstersandcritics.de/downloads/downloads/articles2/70516/article_images/image4_1206735148.jpg

Сравнение фильмов

Поиск различий



Аналог
«Найди 10
отличий»



Сравнение фильмов

Дескрипторы

- Дескриптор кадра – характеристика, однозначно описывающая кадр
- Сравнить дескрипторы проще, чем кадры целиком, поэтому перед сравнением, вычисляются дескрипторы

Пример – гистограммы по яркости



Сравнение фильмов

Некоторые виды дескрипторов

- Гистограммы по:
 - Яркости
 - Цвету
 - Направлению градиентов
 - Направлению векторов движения
- Местоположение самого темного участка
- Продолжительность сцены



Содержание

- Введение
- **Fast Sequence Matching**
- Поиск по сценам
- Иерархический метод
- Предложенный метод
- Детальное сравнение



Fast Sequence Matching

Метод предназначен для поиска дубликатов

1. Вычисление дескрипторов

- 1) Разделение кадра на части
- 2) Построение гистограмм

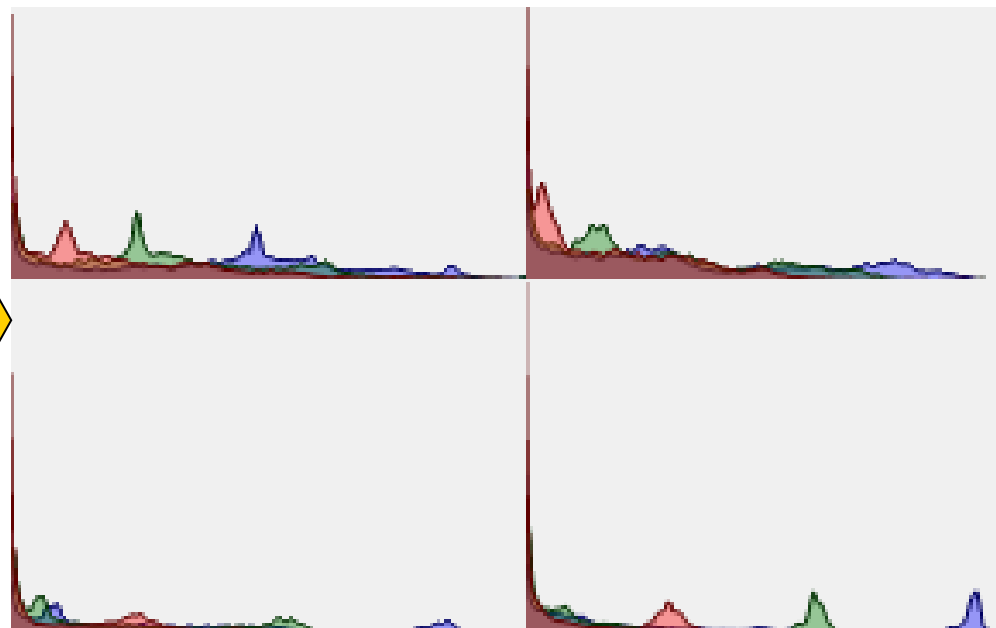
2. Сравнение видео

- 1) Построение таблицы
- 2) Поиск совпадений
- 3) Выбор наибольшей общей подпоследовательности

Fast Sequence Matching

Вычисление дескрипторов

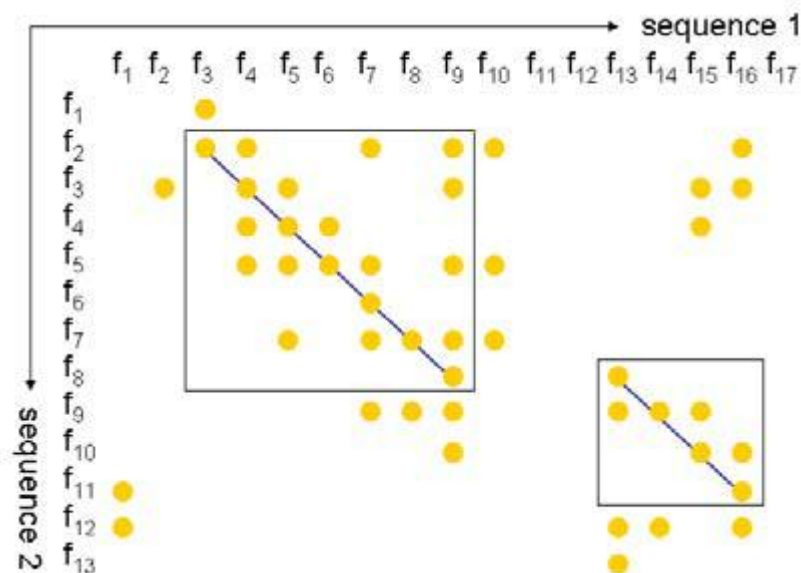
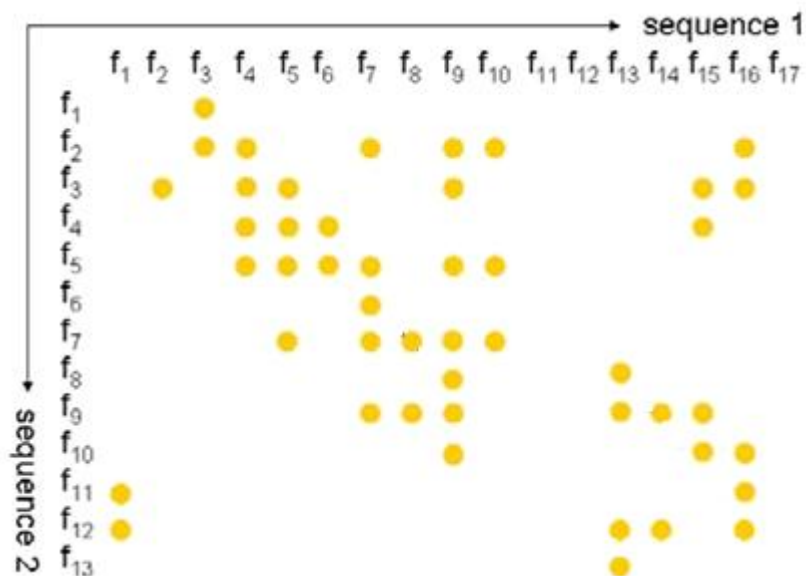
1. Делим на 4 части
2. Строим гистограммы по цвету
3. Вычисляем дескрипторы



Fast Sequence Matching

Таблица сравнений

- Сравниваем дескрипторы
- Создаем таблицу
- Выделяем диагонали

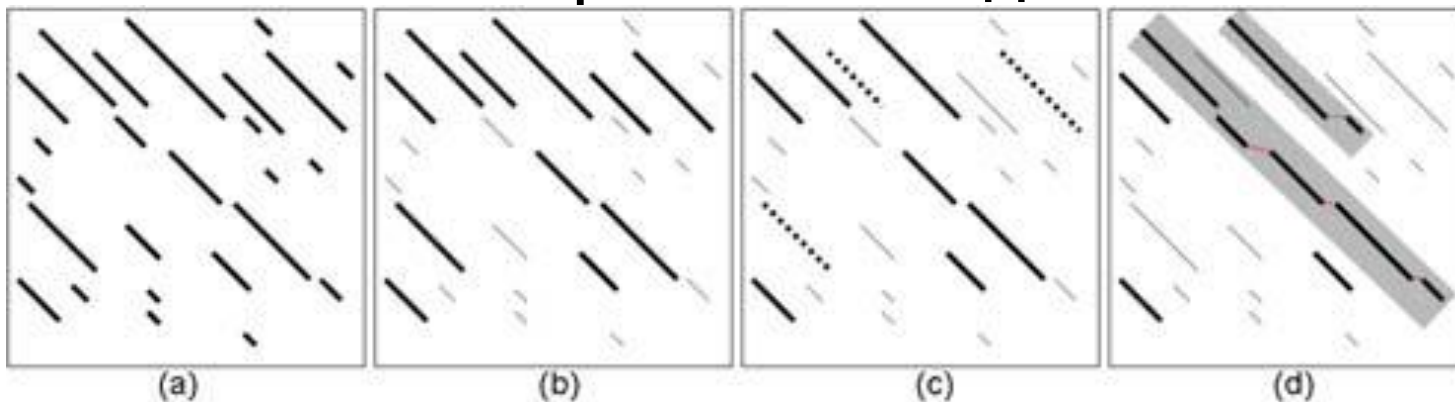


Fast Sequence Matching

Выделение диагоналей

Используется метод сравнения ДНК

- Выделяем все диагонали
- Наиболее короткие выбрасываем
- Выделяем регионы скопления диагоналей
- Близкие части в регионе соединяем



Fast Sequence Matching

Подведение итогов

- По суммарной длине найденных достаточно длинных диагоналей определяется схожесть источников
- Таким образом, находится наибольшая общая подпоследовательность кадров в видео

Fast Sequence Matching

Выводы

Достоинства:

- Независимость от дескрипторов
- Покадровая точность

Недостатки:

- Время работы зависит от произведения длин видео
- Ресурсоемкость (~6 ГБ на таблицу для 2ч видео)
- Неустойчивость при работе с фильмами с разными частотами кадров



Содержание

- Введение
- Fast Sequence Matching
- **Поиск по сценам**
- Иерархический метод
- Предложенный метод
- Детальное сравнение



Метод поиска сцен

Метод предназначен для поиска по базе

1. Вычисление дескрипторов
 - Разбиение видео на сцены
2. Сравнение видео
 - 1) Оценка разницы сцен
 - 2) Выбор наилучшего совпадения
 - 3) Обратный поиск

Метод поиска сцен

Дескриптор кадра

- Разбиваем кадр на блоки 32×32
- Для каждого блока строим гистограммы по яркости

$$H(x, y) = \{h_k(x, y), k = \overline{1, m}\},$$

где (x, y) – положение блока в кадре
 $m = 64$ – количество уровней яркости
в гистограмме

Метод поиска сцен

Обработка дескрипторов (1)

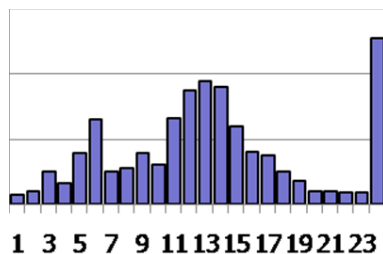
Вычисляем разность кадров

$$\Delta H(x, y, t + 1) = \{h_k(x, y, t + 1) - h_k(x, y, t), k = \overline{1, m}\},$$

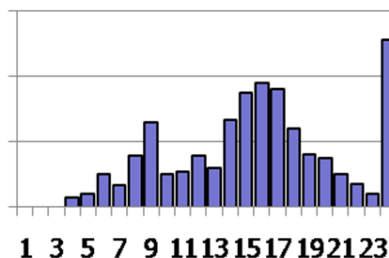
$$Diff(t + 1) = \sum_{x, y} S(\Delta H(t + 1)),$$

$$S(H) = \sum_{k=1}^m |h_k|$$

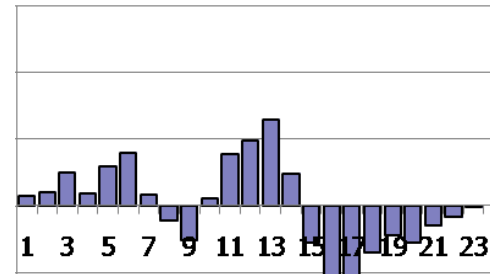
$H(t)$:



$H(t + 1)$:



$\Delta H(t + 1)$:



Метод поиска сцен

Обработка дескрипторов (2)

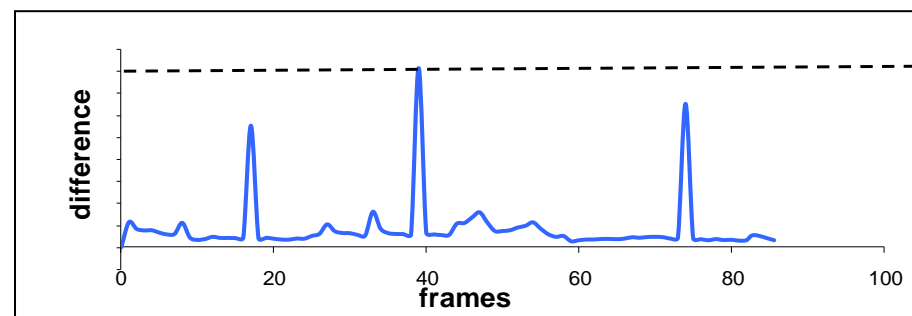
- Обрабатываем массив разностей высокочастотным фильтром
- Строим дерево сцен путем поиска максимумов разности в массиве
- Строим массив средних яркостей блоков для локального сравнения

Метод GMLabVideoGroup

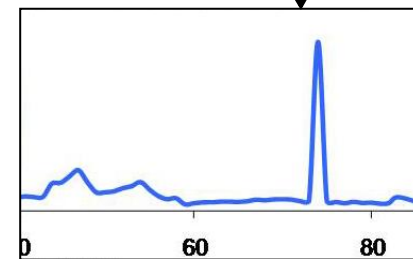
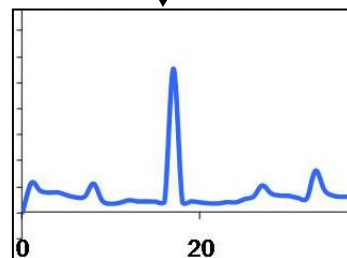
Построение дерева сцен



1. Находим максимум разности
2. Строим вершину дерева
3. Правая и левая части становятся ветвями
4. Ветви аналогично делим дальше
5. Деление происходит до заданной глубины



pos = 38
diff = 1,12



Метод поиска сцен

Терминология

- Сила смены сцен – мера разности соседних кадров в месте смены сцен
- Координата – местоположение смены сцен в фильме (номер кадра)

Метод поиска сцен

Сравнение фильмов

1. Выбирается начальная точка поиска – смена сцены с наибольшей силой
2. Находятся смены-кандидаты с похожей силой в втором фильме
3. Координаты сопоставляются и выполняется оценка разницы сцен

Метод поиска сцен

Оценка разницы сцен

- Для всех смен сцен фильма-запроса подбираем наиболее схожую смену во втором фильме по оценке

$$Diff(D', D_i) = (D' - D_i)^2 + \alpha(t' - t_i)^2,$$

- $(D' - D_i)$ – локальная разница
- $(t' - t_i)$ – корреляция координат

Метод поиска сцен

Выбор наилучшего совпадения

- Суммируем полученные разницы сопоставленных сцен для каждого фильма базы $Diff(D, D_1) = \sum_k Diff(D'_k, D_{ik})$
- Выбираем наилучший (с минимальной разницей) результат из базы
- Выполняем обратный поиск (сопоставляем сцены наоборот), усредняем результаты
- Выдаем конечный результат

Метод поиска сцен

Дескрипторы

- Время индексации: $O(l)$, l – длина фильма
- Скорость поиска: $O(m \log(m))$, $m = \max(p, q)$
- p, q – количества сцен в сравниваемых фрагментах
- Ограничения: корректно работает только с достаточно большими видео, не справляется с перемонтированным видео

Метод поиска сцен

Результаты (1)

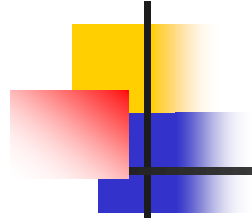
Алгоритм тестировался на базе из ~900 фильмов, разбитых на 5 групп.

Размер групп фильмов и их описаний

Номер группы	Размер группы (Mb)	Размер индекса (Mb)	Размер после сжатия (Mb)
1	7170	4,6	0,86
2	870	1,0	0,18
3	2690	0,9	0,18
4	3050	2,5	0,43
5	480	0,74	0,05
Объединенная группа	13900	9,74	1,7

Метод поиска сцен

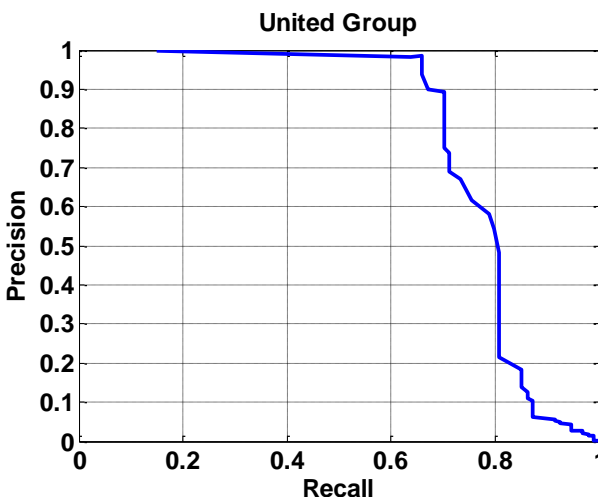
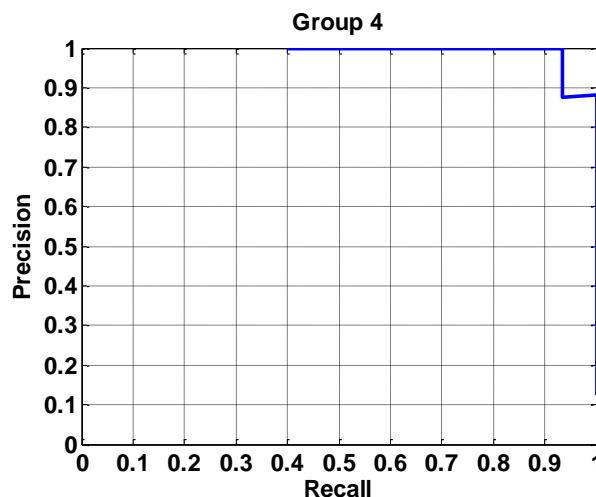
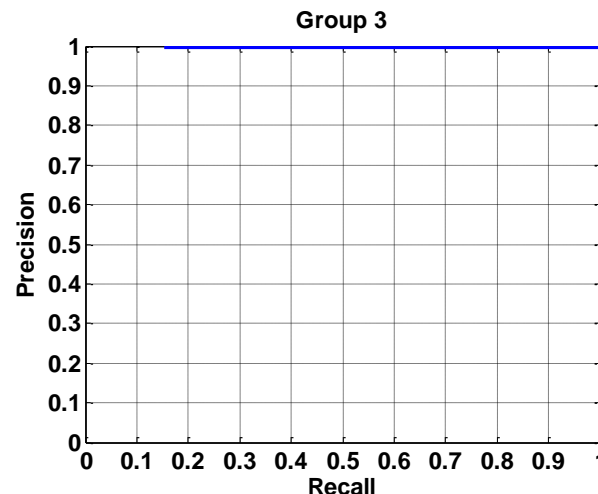
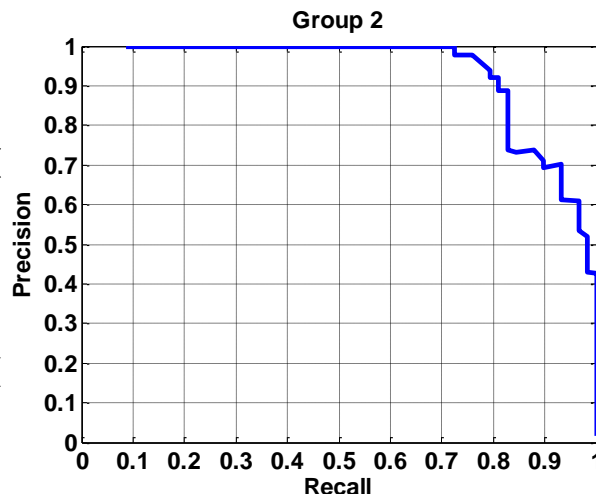
Результаты (2)



Precision – отношение
правильно обнаруженных
к числу обнаруженных

Recall – отношение
правильно обнаруженных
к числу правильных

Графики для групп
последовательностей
Чем выше и правее –
тем лучше



Метод поиска сцен

Выводы

Достоинства:

- Возможность поиска части фильма
- Малый размер дескрипторов (1 байт на кадр)

Недостатки:

- Не рассчитан на точное сравнение
- Хуже работает с короткими видео



Содержание

- Введение
- Fast Sequence Matching
- Поиск по сценам
- **Иерархический метод**
- Предложенный метод
- Детальное сравнение

Иерархический метод

Метод предназначен для поиска копий

1. Выделение ключевых кадров
2. Сравнение глобальных дескрипторов
3. Предварительная оценка
4. Сравнение локальных дескрипторов
(при необходимости)

Иерархический метод

Глобальные дескрипторы

Дескрипторы всех ключевых кадров суммируются в единый вектор

$$VS = (s_1, s_2, \dots, s_m), s_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n h_{ij}$$

h_{ij} – i -й дескриптор j -го ключевого кадра, n – количество ключевых кадров

s_i – i -й дескриптор итогового вектора

m – количество дескрипторов

Иерархический метод

Сравнение глобальных дескрипторов

Оценивается Евклидова разность полученных векторов источников

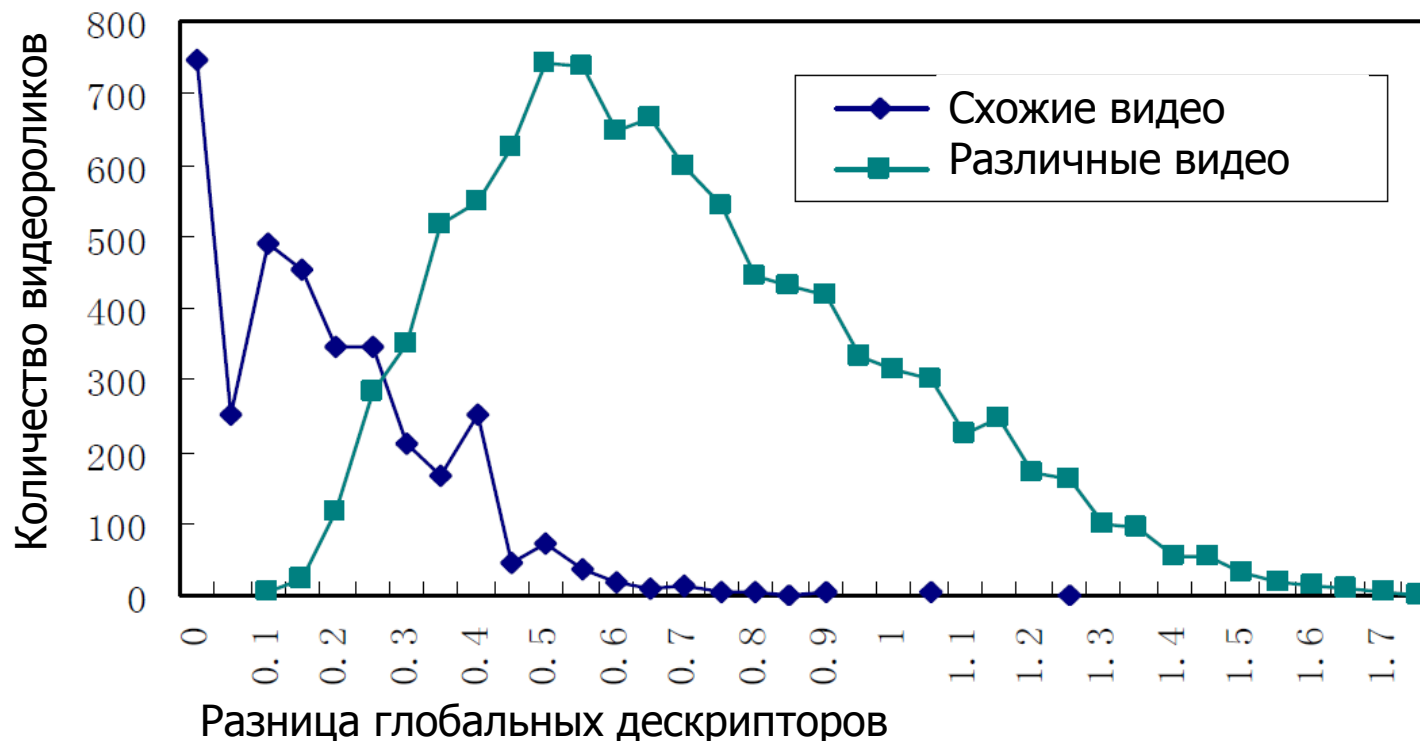
$$R(V_i | V_j) = d(VS_i, VS_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_k - y_k)^2}$$

Если она не превышает некоторого порога T_h ,
МОЖНО СЧИТАТЬ ВИДЕО СХОЖИМИ

Иерархический метод

Схожесть глобальных дескрипторов

На диаграмме показано количество видео с заданной разницей глобальных дескрипторов



Иерархический метод

Локальные дескрипторы

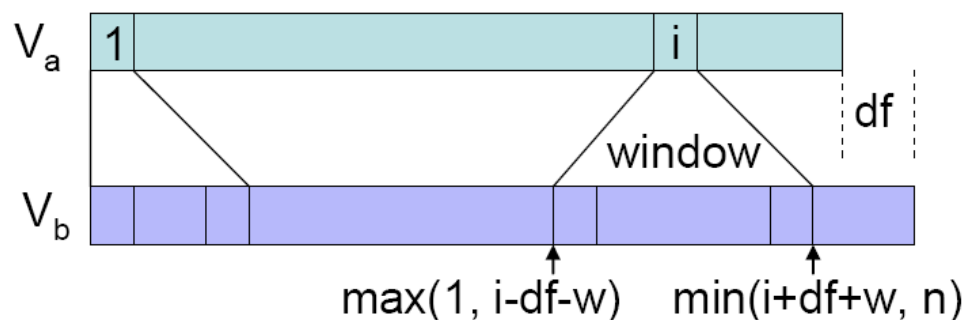
- Если требуется уточнение, ключевые кадры сравниваются попарно
- Сравнение происходит в фиксированном «окне»

w – размер окна

df – разность длин

i – сравниваемый кадр

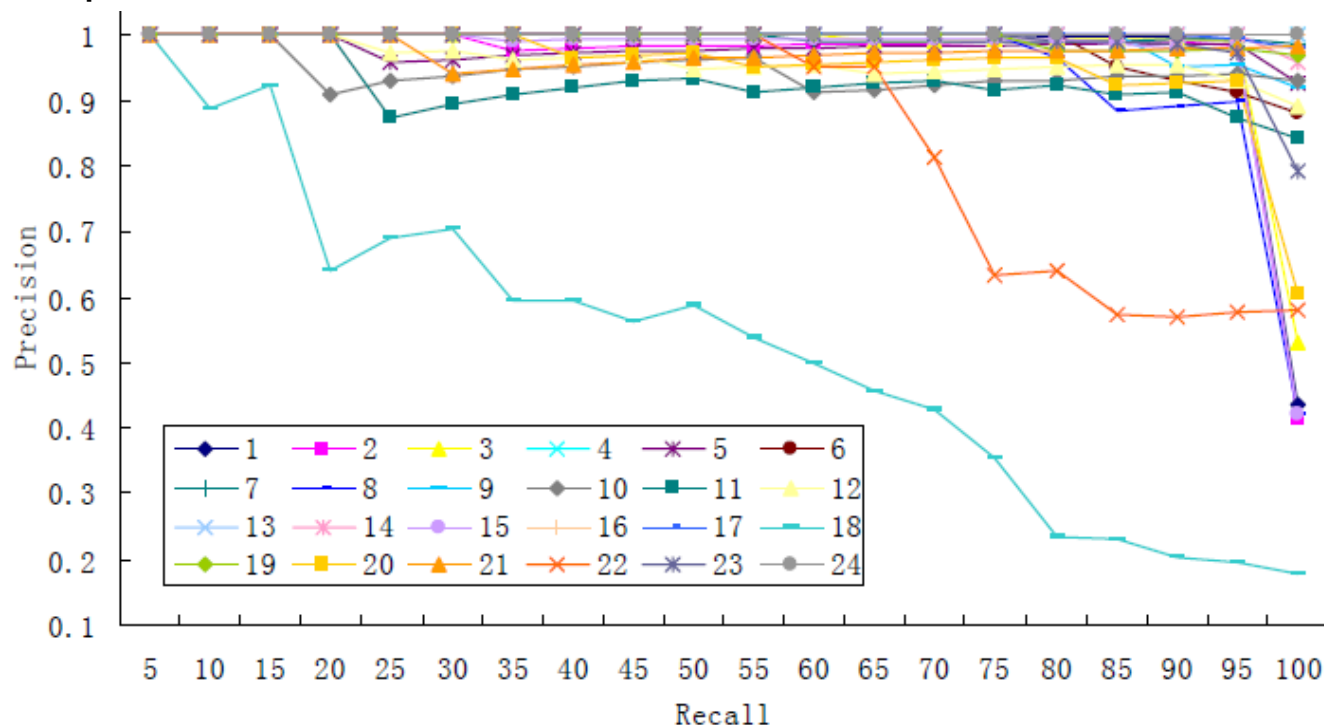
n – длина фильма в базе



Иерархический метод

Результаты

В тестах, для каждого из 24 видео, ищались дубликаты в большой базе.
 $\text{Recall} = \frac{\text{правильно найденные}}{\text{количество дубликатов}}$
 $\text{Precision} = \frac{\text{правильно найденные}}{\text{всего найденные}}$



Иерархический метод

Выводы

Достоинства:

- Высокая скорость работы (без учета индексации)
- Малая ресурсоемкость (дескрипторы + «окно»)

Недостатки:

- Низкая точность сравнения
- Не работает с любым перемонтажом



Содержание

- Введение
- Fast Sequence Matching
- Поиск по сценам
- Иерархический метод
- **Предложенный метод**
- Детальное сравнение



Метод сдвигов

1. Вычислить дескрипторы
2. Проредить дескрипторы
3. Составить таблицу предобработки
4. Найти совпадения
5. Уточнить совпадения
6. Составить карту перемонтажа

Метод сдвигов

Дескрипторы видео

Требования к дескрипторам видео:

- Устойчивость к трансформациям
- Адекватность оценки кадров
- Высокая скорость подсчета
- Малый размер дескрипторов

На данный момент, используются 64-разрядные гистограммы по яркости

Метод сдвигов

Таблица предобработки (1)

- Для каждого ключевого кадра источника 1, находим наилучшее совпадение в источнике 2
- Составляем «таблицу», отмечая точки
- Меняем источники местами, повторяем



Метод сдвигов

Таблица предобработки (2)

- Строим конечную таблицу предобработки по двум предварительным путем логического сложения
 $T(a,b) = X(a,b) \& Y(a,b)$
- Как результат, получается набор точек наилучшего совпадения фильмов
- Запоминаем каждый возможный сдвиг фильмов друг относительно друга



Метод сдвигов

Определение совпадений

1. В окрестности каждого сдвига находим точку минимума разности гистограмм
2. Запоминаем набор лучших сдвигов для ключевого кадра и, отдельно, оптимальный

Метод сдвигов

Уточнение совпадений

1. Каждому кадру сопоставляется оптимальный сдвиг ближайшего ключевого кадра
2. В окрестности данного сдвига, ищется новый лучший сдвиг для конкретного кадра
3. В случае, если разница кадров превышает заданный порог, производится подбор нового оптимального сдвига
4. Производится медианная фильтрация массива сдвигов
5. Повторно выполняются пункты 2 – 3, отмечаются участки превышения порога

Метод сдвигов

Обработка остатка

1. Составляем полную таблицу сравнений из остатка и ищем диагонали
2. В случае нахождения достаточно длинной диагонали (длина больше 10), отмечаем совпадение
3. Помечаем оставшееся как нераспознанное

Метод сдвигов

Результаты

Построение таблицы
для фильма за минуту

Визуализация смещений
сцен

Частичная пост-обработка
(пока без визуализации)

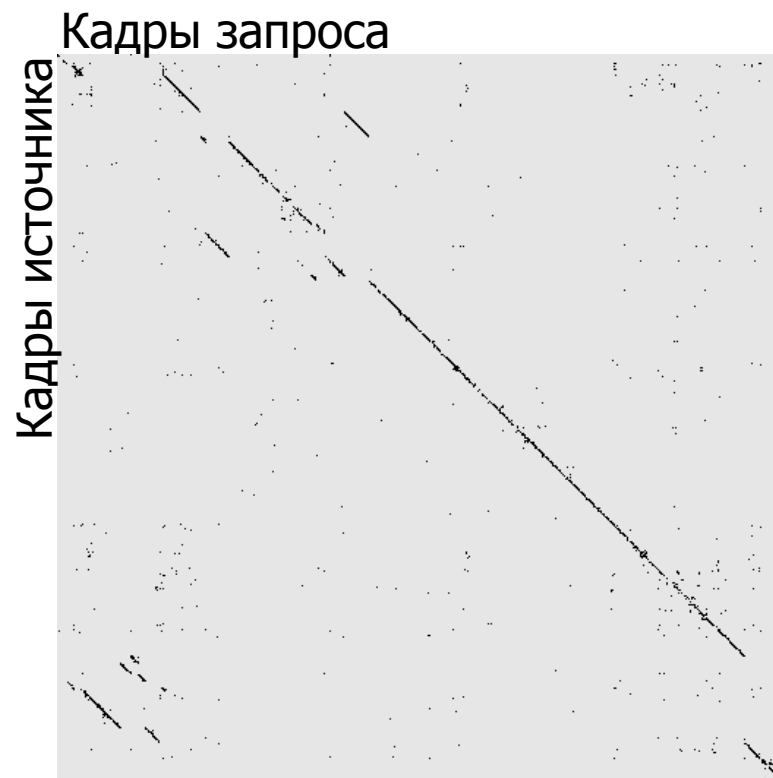


Таблица для фильма
"Mulholland Drive"

Метод сдвигов

Пример сильного перемонтажа

- Ролик взят с YouTube
- Содержит сильный перемонтаж
- Состоит из ускоренной нарезки четырех серий известного мультфильма

Попробуем найти перемонтаж

Метод сдвигов

Проблема при сильном перемонтаже (1)

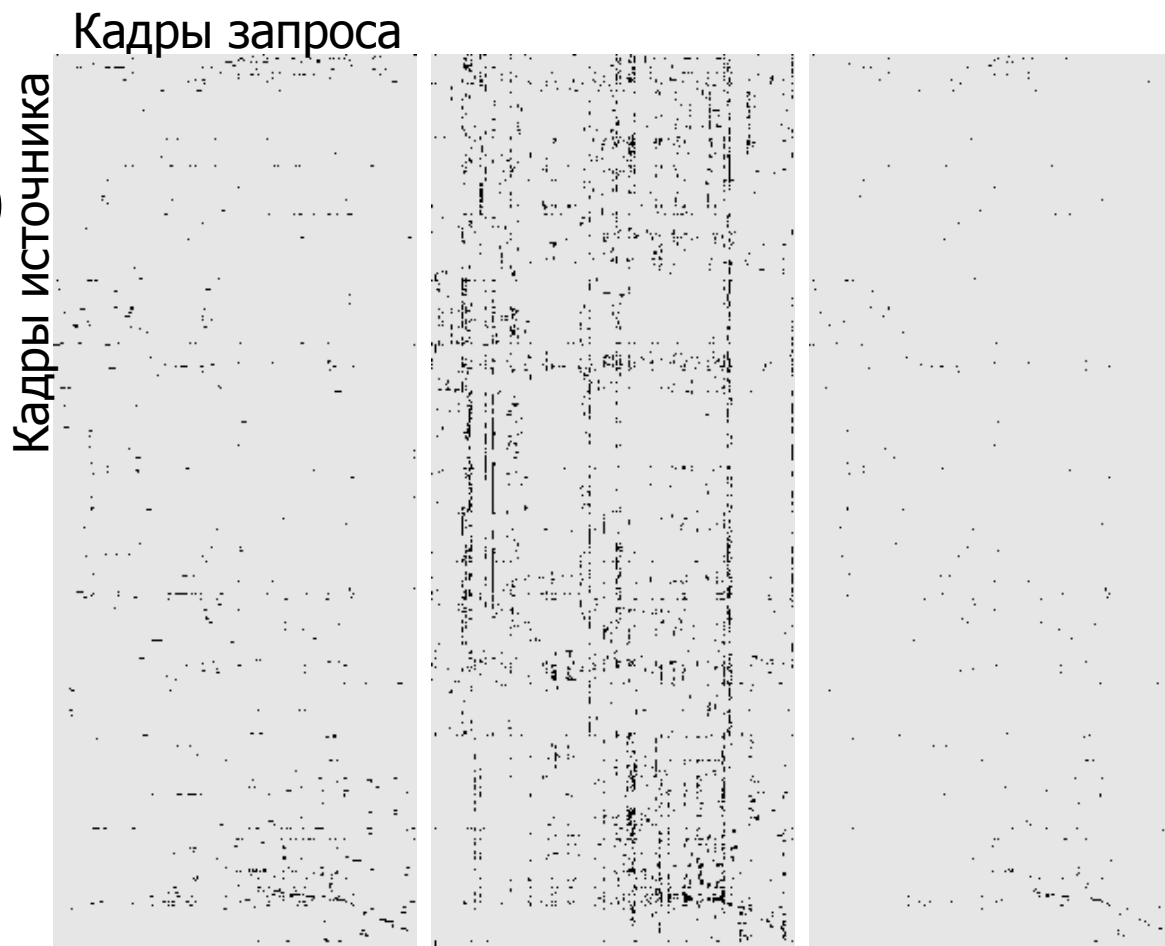
Таблицы сравнения:

ролика с сериями (P-C)
серий с роликом (C-P)
итоговая (&)

P-C

C-P

&



Метод сдвигов

Проблема при сильном перемонтаже (2)

- Проблема:

Участки слишком короткие, в результате, артефакты неотличимы от реально найденных фрагментов

- Решение:

Применять более точную метрику сравнения кадров для устранения артефактов



Содержание

- Введение
- Fast Sequence Matching
- Поиск по сценам
- Иерархический метод
- Предложенный метод
- Детальное сравнение
 - **Поблочное**
 - С сегментацией

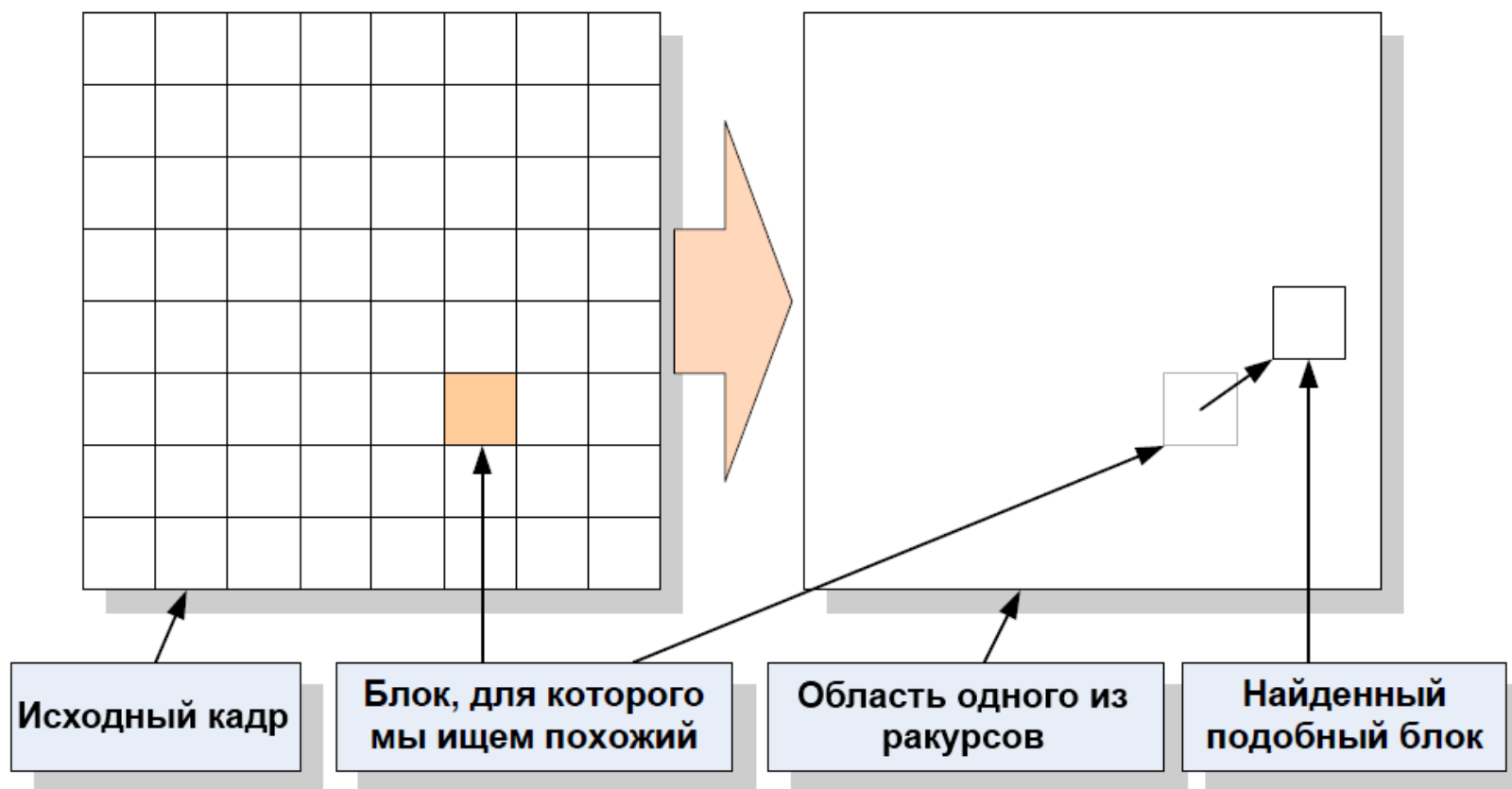
Детальное сравнение

Основные идеи

- Кадр источника делится на блоки, например, 8x8 пикселей
- Для каждого такого блока находится такой блок в изучаемом кадре, что их разница минимальна
- Выделяются блоки с относительно большой разницей

Поблочное сравнение

Процесс поиска

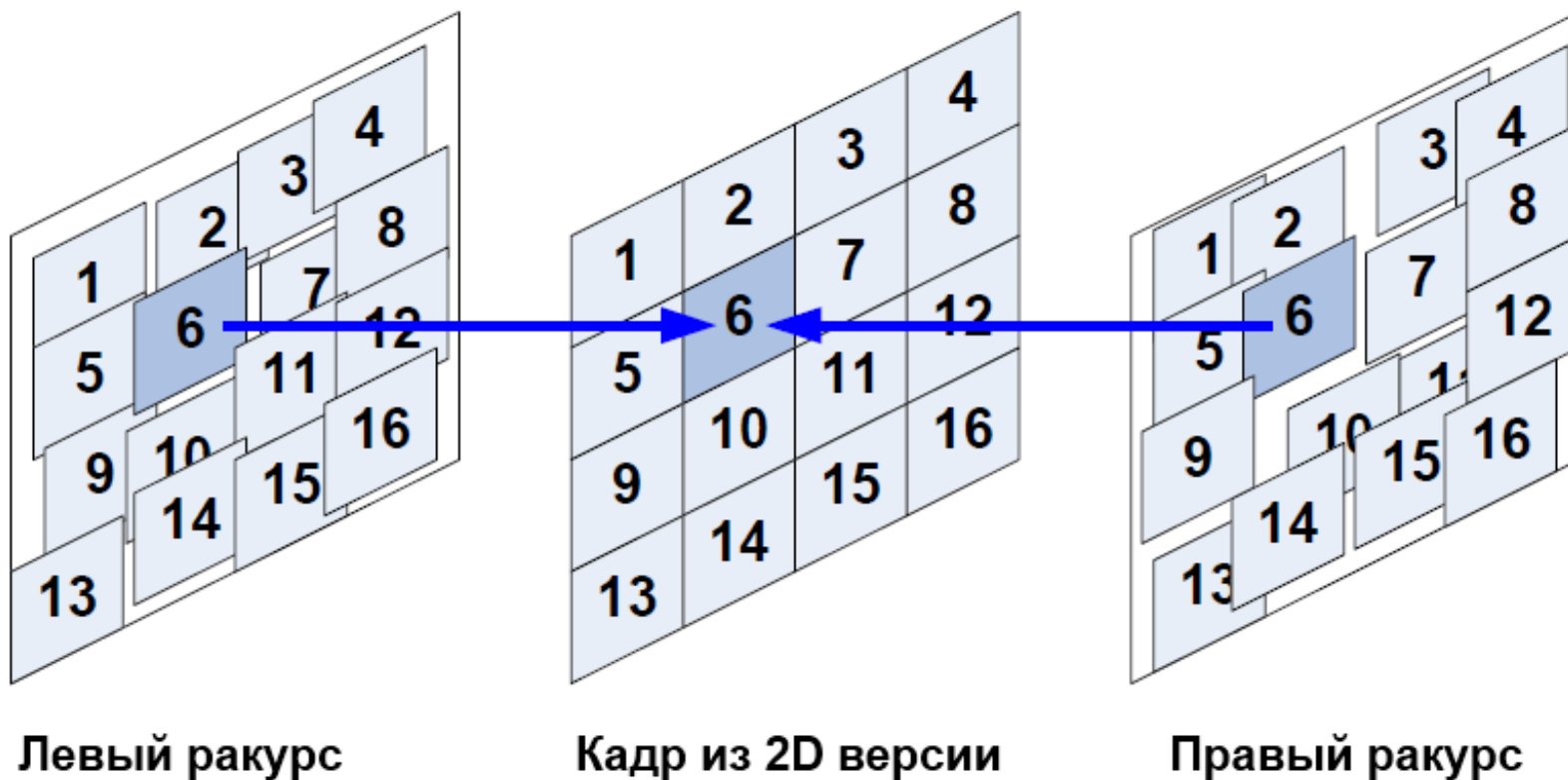


Лекции по сжатию видео

http://compression.ru/video/course/slides/video_compression_introduction.pdf

Поблочное сравнение

Сопоставление с ракурсами



Поблочное сравнение

Выводы

Достоинство:

- Простота реализации

Недостаток:

- Проблема выбора размера окна



Содержание

- Введение
 - Различия в версиях фильмов
 - Сравнение фильмов
- Поиск перемонтажа
 - Методы поиска
 - Предложенный метод
- Детальное сравнение
 - Поблочное
 - **С сегментацией**



Сравнение с сегментацией

1. Разбить изображение на сегменты
2. Итеративно составить карту разниц
3. Завершить поиском квадратной области
4. Очистить от артефактов

Сравнение с сегментацией

Сегментация изображения



Делим изображение на области по цвету



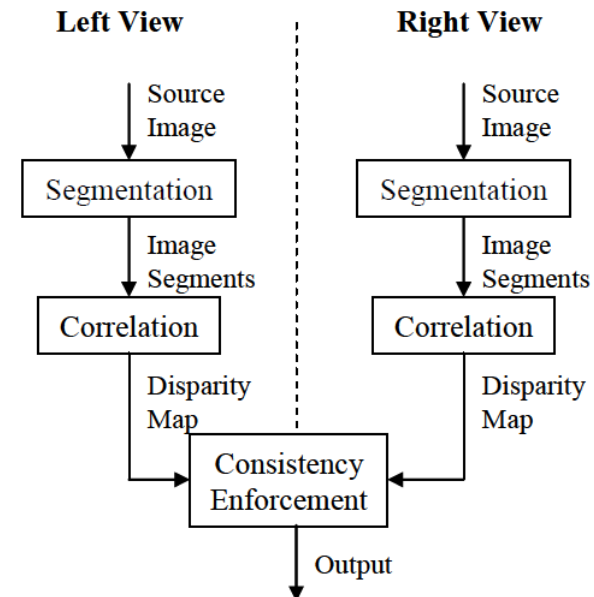
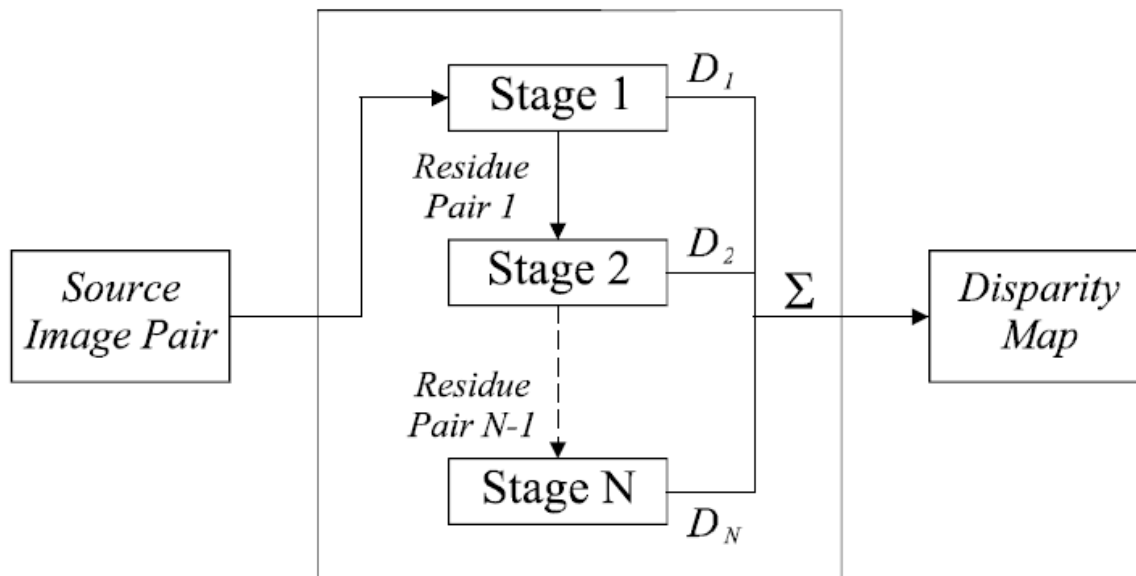
L. Jia, M. Mandal, T. Sikora, "Efficient Disparity Estimation Using Region based Segmentation and Multistage Feedback" in *World Scientific and Engineering Academy and Society Transactions on Communications*, 2006

Сравнение с сегментацией

Итеративный поиск



- На каждом шаге, находим сдвиг наибольших сегментов. За 2 – 3 шага, обрабатывается 30 – 70%
- Из двух конечных карт, составляем итоговую



L. Jia, M. Mandal, T. Sikora, "Efficient Disparity Estimation Using Region based Segmentation and Multistage Feedback" in *World Scientific and Engineering Academy and Society Transactions on Communications*, 2006

Сравнение с сегментацией

Завершение

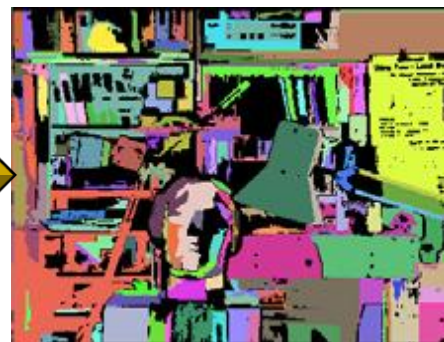


- Мелкие сегменты не обрабатываем, а используем стандартный поиск окном
- Из конечной карты выбрасываем сегменты с < 60 пикселями

L. Jia, M. Mandal, T. Sikora, "Efficient Disparity Estimation Using Region based Segmentation and Multistage Feedback" in *World Scientific and Engineering Academy and Society Transactions on Communications*, 2006

Сравнение с сегментацией

Результаты (1)



L. Jia, M. Mandal, T. Sikora, "Efficient Disparity Estimation Using Region based Segmentation and Multistage Feedback" in *World Scientific and Engineering Academy and Society Transactions on Communications*, 2006

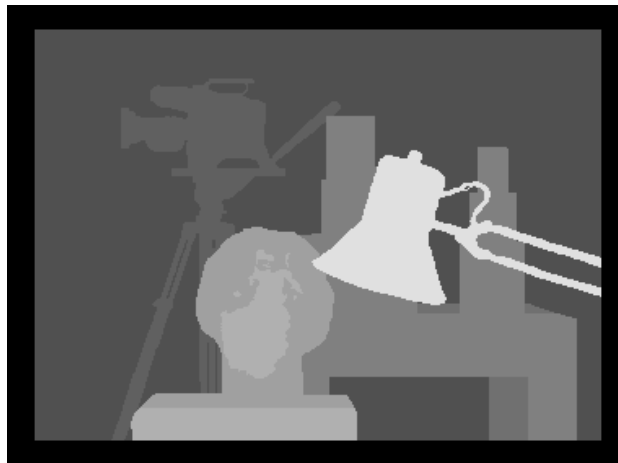
Сравнение с сегментацией

Результаты (2)

Сравнение с ground truth:



Оригинал



Ground truth



Результат

L. Jia, M. Mandal, T. Sikora, "Efficient Disparity Estimation Using Region based Segmentation and Multistage Feedback" in *World Scientific and Engineering Academy and Society Transactions on Communications*, 2006

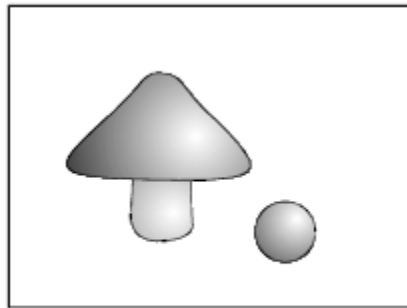
Сравнение с сегментацией

Выводы

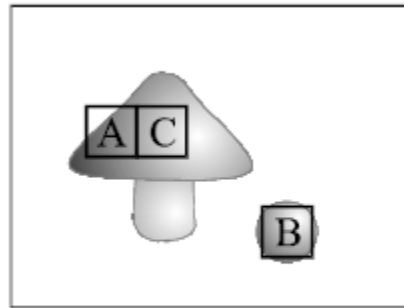


Достоинства:

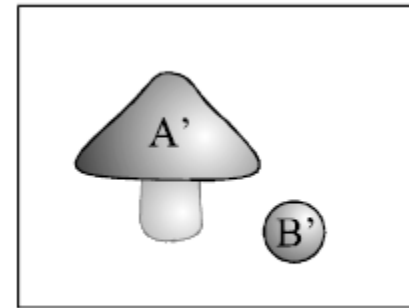
- Произвольная область сравнения
- Бóльшая точность



Original Image



Rectangular Window



Segment Contour

Недостаток:

- Больше время работы

Детальное сравнение

Выделение различий

Обнаружить кадр с различием можно по признакам:

- Вертикальный параллакс
- Большая ошибка блока при поиске сразу в двух ракурсах
- Относительный скачок ошибки блока

Дальнейшие планы

- Улучшить предложенный метод путем модификации дескрипторов
- Переписать код в виде отдельной программы
- Сделать вывод постобработки
- Добавить детальное сравнение

Литература

1. M. C. Yeh and K.T. Cheng, "Video Copy Detection by Fast Sequence Matching," in *Conference On Image And Video Retrieval*, 2009
2. Xiao Wu, Alexander G. Hauptmann and Chong-Wah Ngo "Practical Elimination of Near-Duplicates from Web Video Search," in *ACM International Conference on Multimedia*, Sep. 2007
3. L. Jia, M. Mandal and T. Sikora, "Efficient Disparity Estimation Using Region based Segmentation and Multistage Feedback," in *World Scientific and Engineering Academy and Society Transactions on Communications*, 2006

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