

МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(национальный исследовательский университет)

Поиск дубликатов видео

Никитин Илья Константинович,
асп. каф. 806 МАИ

Специальность: 05.13.11

Математическое и программное
обеспечение вычислительных машин,
комплексов и компьютерных сетей

Руководитель: к.ф.-м.н., доц. Лукин В.Н.

Содержание

1. Вводные

- 1.1 Онлайн-видео
- 1.2 Дубликаты

2. Зачем

- 2.1 Пираты
- 2.2 Рекомендации
- 2.3 Ранжирование
- 2.4 Группировка
- 2.5 Камеры
- 2.6 БПЛА

3. Поиск

- 3.1 Что такое видео
- 3.2 Схема
- 3.3 Сегментация
- 3.4 Признаки
- 3.5 Сигнатуры

4. Структура

- 4.1 Видео
- 4.2 Факты
- 4.3 Виды

5. Схема поиска

- 5.1 Начальные условия
- 5.2 Признаки
- 5.3 Одномерный случай
- 5.4 Сигнал
- 5.5 Аномалия

6. Пороги

- 6.1 Статический
- 6.2 Нормированный
- 6.3 Адаптивный

7. Сравнение средних

- 7.1 Динамичное видео
- 7.2 Спокойное видео

8. Алгоритм

- 8.1 iSAX
- 8.2 Поиск и индексация
- 8.3 Итог

Российский рынок онлайн-видео в 2012—2018 годах



Что такое «нечеткие дубликаты»



оригинал



естественный дубликат



искусственный дубликат

Поиск похожих видео

Защита авторских прав

- ▶ в YouTube 2017 — загружали 10^9 часов видео в день;
- ▶ многократно загруженные копии:
 - + неоправданное потребление ресурсов;
- ▶ «пиратские» видео:
 - + много вариантов модификаций.

Мониторинг эфира

- ▶ отслеживание сюжетов;
- ▶ удаление замена рекламы.

Пример ошибочной рекомендации видео

Метеорит. Чебаркуль. Челябинск. (Meteorite. Chebarkul. C... www.youtube.com

Похожие ролики

- 20:26
Электричка Миасс - Челябинск 21.07.2012 www.youtube.com
- 16:02
ЛЕЩЬ ИДЁТ: полная версия из Чебаркуль www.youtube.com
- 03:15
youtube.com/watch... www.youtube.com
- 10:02
МЕТЕОРИТ ЧЕЛЯБИНСК www.yout...

«Faszination Korallenriff (2011)». Сервис Mail.ru

поиск@mail.ru Faszination Korallenriff (2011)

Интернет Картинки **Видео** Новости Обсуждения Ответы

Коралловый риф 3D – Faszination Korallenriff 3D (2011...) Мой MVP 09.04.12	Коралловый риф HD / Faszination Korallenriff HD vk.com	Коралловый риф 3D / Faszination Korallenriff 3D (2011...) kinobanda.net	Коралловый риф 3D / Faszination Korallenriff 3D (2011...) novoe-kino.com
Фильм Коралловый риф 3D смотреть онлайн 2011... bigcinema.tv	Faszination Korallenriff - Jäger und Gejagte 3D (...) Youtube 24.04.12	Faszination Korallenriff Youtube 01.09.10	FASZINATION KORALLENRIFF (2D Trailer) Youtube 25.05.11
Фильм «Коралловый риф 3D» (2011) seria-online.ru	Faszination Korallenriff 3D - Trailer Youtube 12.07.11	Faszination Korallenriff (Deutscher Trailer) Youtube 26.05.11	FASZINATION KORALLENRIFF 3D // PART-2 // TRAILER(2D) Youtube 10.07.12

«Faszination Korallenriff (2011)». Сервис Яндекс.Видео

Яндекс

Видео Faszination Korallenriff (2011) — 164 видео × Найти

Поиск
Картинки
Видео
Карты
Маркет
+

 HD 44:40	Коралловый риф HD / Faszination Korallenriff HD (2011) - природа на Tvvzavr  www.tvvzavr.ru Коралловый риф / Faszination Korallenriff (2011) - природа на Tvvzavr. 7 декабря 2012
 44:40	Коралловый риф / Faszination Korallenriff (2011)  video.mail.ru Коралловый риф / Faszination Korallenriff (2011). 8 января 2014
 44:40	Коралловый риф (Faszination Korallenriff)  vk.com Коралловый риф 3D / Faszination Korallenriff 3D (2011) . 18 августа 2013
 44:40	Коралловый риф 3D / Faszination Korallenriff 3D (2011) FIND FILM :: Ищи что ищется...  vk.com Коралловый риф 3D / Faszination Korallenriff 3D (2011) . 31 марта 2013

«Faszination Korallenriff (2011)». Сервис [vk.com](#)

В контакте [люди](#) [сообщества](#) [игры](#) [музыка](#) [помощь](#) [выйти](#)

Моя Страница [ред.](#)
Мои Друзья
Мои Фотографии
Мои Видеозаписи
Мои Аудиозаписи
Мои Сообщения
Мои Группы
Мои Новости
Мои Ответы
Мои Закладки
Мои Настройки

Приложения

[Все видеозаписи](#)

[×](#)
 Высокое качество Безопасный поиск [Длинные](#) [Короткие](#) [Любые](#)

Найдено 5 видеофайлов



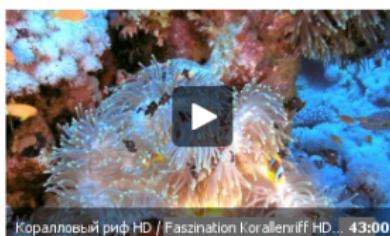
Коралловый риф 3D / Faszination Korallenriff 3D... 44:45



Коралловый риф / Faszination Korallenriff (2011) 44:40



Коралловый риф 3D / Faszination Korallenriff 3D (2011) 42:51



Коралловый риф HD / Faszination Korallenriff HD... 43:00

«Faszination Korallenriff (2011)». Сервис YouTube.

YouTube RU

Faszination Korallenriff (2011)

About 173,000 results

Filters ▾

Faszination Korallenriff 2011 BDRemux 1080p ExKinoRay
by Sergey Tarabaginov • 3 months ago • 10 views
живые обои для рабочего стола.
HD

Faszination Korallenriff 3D
by Cenik • 1 month ago • 12 views
Filmi Indirmek ...

Faszination Korallenriff 3D - Trailer
by FuerstVigo • 3 years ago • 16,289 views
KSM lässt in dieser atemberaubenden Eigenproduktion seine Zuseher den farbenfrohen und artenreichen Lebensraum ...

Tipp der Woche 29kw2011 Faszination Korallenriff
by eff3 Freiberg • 2 years ago • 81 views

FASZINATION KORALLENRIFF 2 - FREMDE WELTEN UNTER WASSER
by Limelight Pictures • 2 years ago • 1,648 views
Das 2 te UW-Werk der Limelight Pictures GmbH. Die famose Fortsetzung des 3D-Bestsellers Faszination Korallenriff 3D bietet...

Группировка новостей. Пример с eyeopening.info



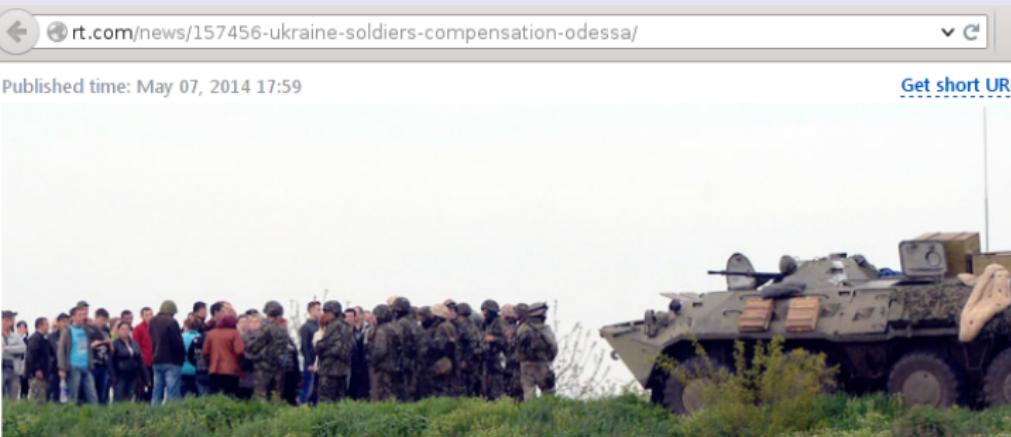
Unarmed civilians put themselves in the path of armored vehicles in their attempt to stop the Ukrainian military from entering Slavyansk. Below is the view from the side.

The screenshot shows a news article from [www.eyeopening.info](http://www.eyeopening.info/2014/05/04/images-video-east-ukraine-corporate-media-will-never-). The headline is "Unarmed civilians put themselves in the path of armored vehicles in their attempt to stop the Ukrainian military from entering Slavyansk. Below is the view from the side." Below the headline is a photograph showing a group of unarmed civilians standing on a grassy embankment in front of an armored personnel carrier (APC). The APC is positioned on the right side of the frame, facing left. The background shows a clear sky and some distant trees.

Перевод подписи

Безоружные мирные граждане встали на пути бронетехники и пытаются остановить украинских военных при входе в Славянск.

Группировка новостей. Пример с rt.com



Published time: May 07, 2014 17:59

[Get short URL](#)

Residents gather to speak to Ukrainian soldiers at a checkpoint which they seized in the early morning in the village of Andreevka, 7 kms from the centre of the southern Ukrainian city of Slavyansk, on May 2, 2014. (AFP Photo)

Перевод подписи

Местные жители собираются, чтобы поговорить с украинскими военными на блокпосту, который те захватили утром в селе Андреевка, 7 км от центра Славянска, 2 мая 2014 года.

Группировка новостей. Пример с ewn.co.za

The screenshot shows a web browser window with the URL ewn.co.za/2014/07/01/Ukraine-forces-attack-rebel-positions#. The main content is a large headline: "Ukraine forces attack rebel positions". Below the headline is a photograph of a military armored personnel carrier (APC) driving past a group of people standing in a field. A caption below the photo reads: "FILE: Ukrainian forces struck at pro-Russian separatist bases in eastern regions on Tuesday. Picture: AFP." The browser interface includes standard navigation buttons (back, forward, search, refresh), a tab bar, and a vertical scroll bar on the right.

Ukraine forces attack rebel positions

FILE: Ukrainian forces struck at pro-Russian separatist bases in eastern regions on Tuesday. Picture: AFP.

Перевод подписи

Во вторник украинские вооруженные силы нанесли удар по базам пророссийских сепаратистов в восточных регионах страны.

Видеоаналитика (1)

Полуавтоматическое наблюдение

⇐ Пульт оператора:

- ▶ много камер;
 - система наблюдения банка ≈ 200 камер.
- ▶ просматривает человек;
- ▶ не всегда понятно на какой из камер «тревога»;

⇒ Оповещение — на что обратить внимание оператору.

Быстрая навигация по видео

⇐ Много видео с камер:

- ▶ просматривают только когда «что-то случается»;
- ▶ невозможно среагировать до того, как случилось.

⇒ Метки когда происходило что-то необычное.

Видеоаналитика (2)



Видеоаналитика (3)

Поиск шаблонов действий

- ▶ похожие, но разные:
 - ▶ «человек подходит к двери и открывает ее»;
 - ▶ «человек подходит к двери и уходит».

Проблемы

- ▶ разные варианты реализации шаблона;
- ▶ «шум»:
 - ▶ прохожие;
 - ▶ падающие листья;
 - ▶ ...;
- ▶ детекторы движения (часто) бесполезны.

Поиск шаблонов: навигация БПЛА



Пример

- ▶ «пролетели над озером, потом над полем».

Навигация БПЛА

Кто использует:

фотографы, путешественники, геодезисты, геологи.



Можно ли свести к поиску картинок?

Видео — не картинки

- ▶ 1 час — ≈ 180000 кадров;
- ▶ искать явно:
 - ▶ 1 кадр — 10 мс;
 - ▶ 1 видео — 0,5 часа;

Видео — не множество

- ▶ есть порядок следования.

Видео — не текст

- ▶ нужно как-то выбрать символы.

Можно ли свести к поиску картинок?

Нечёткие дубликаты

Исходное видео



Видео
с удалёнными
кадрами



Совсем разные видео

Исходное видео



Видео с другим
порядком кадров



Можно ли свести к поиску подпоследовательности?

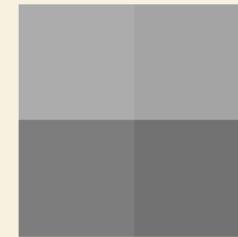
Можно (но не нужно)



⇒



⇒



⇒

Исходное (RGB)

Яркость

2×2

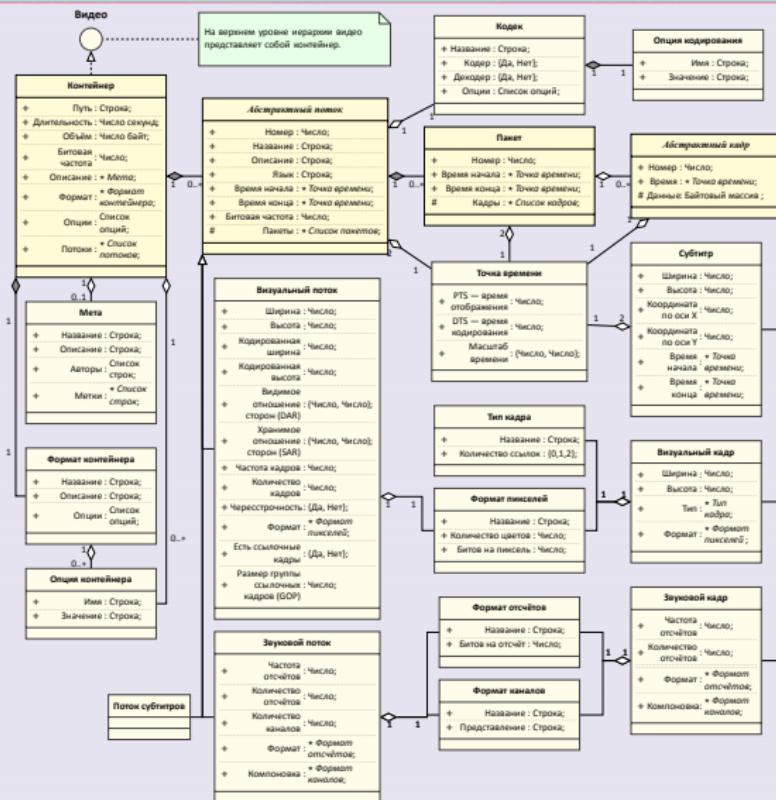
$$\Rightarrow \begin{pmatrix} 172 & 164 \\ 125 & 114 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{matrix} 1, 2, 3, 4 \Rightarrow A \\ \dots \\ 4, 3, 1, 2 \Rightarrow W \\ 4, 3, 2, 1 \Rightarrow X \end{matrix}$$

Матрица яркости

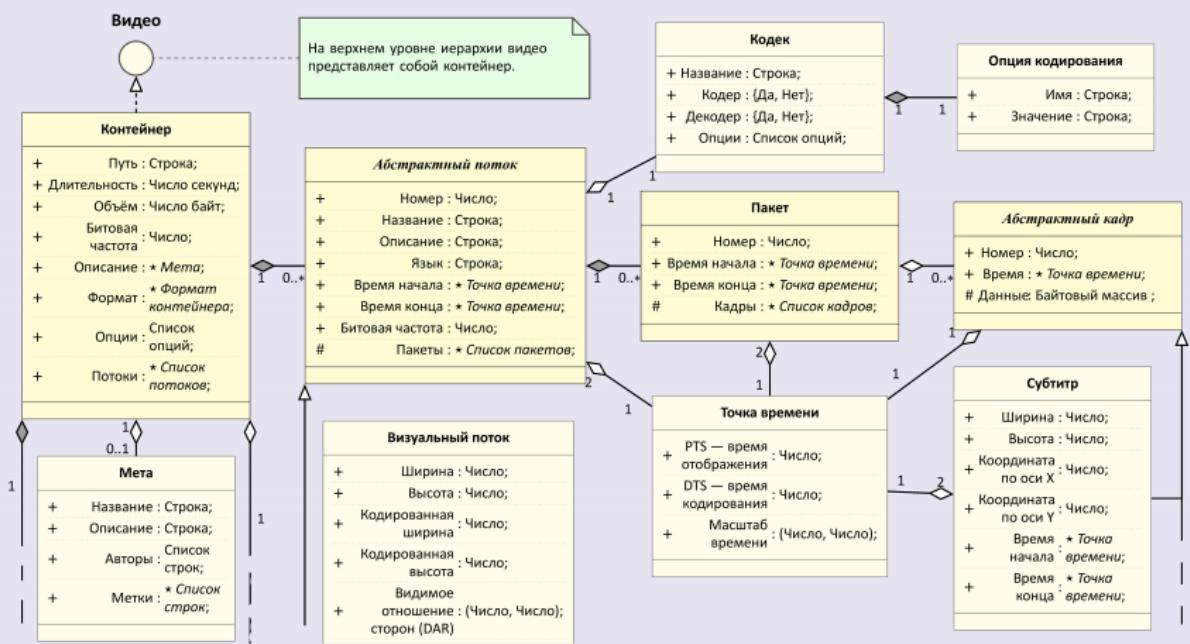
Порядок блоков

Символ

Что такое видео: модель представления (1)



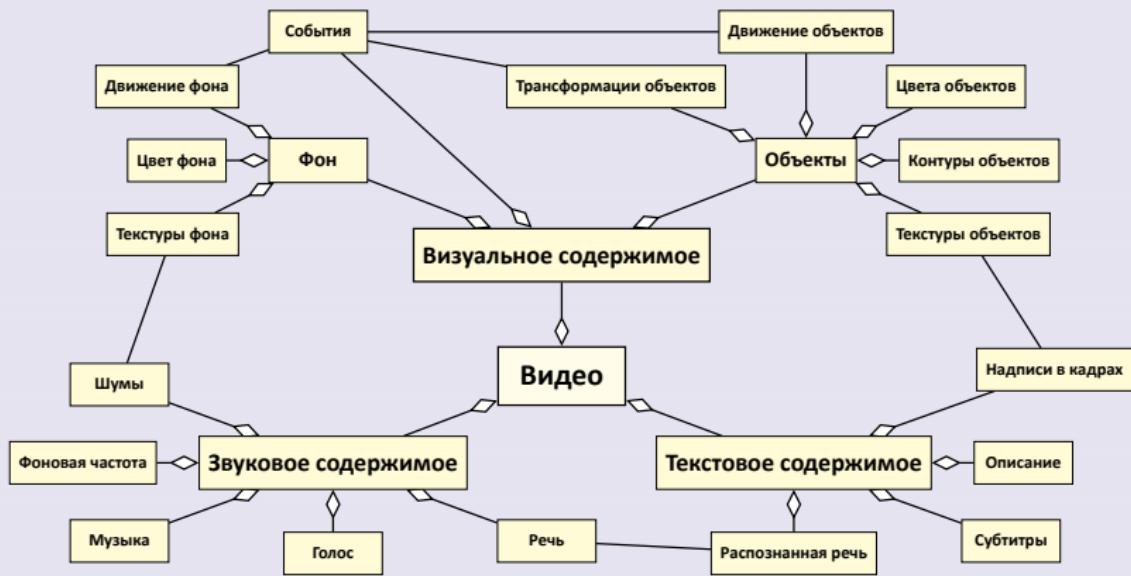
Что такое видео: модель представления (2)



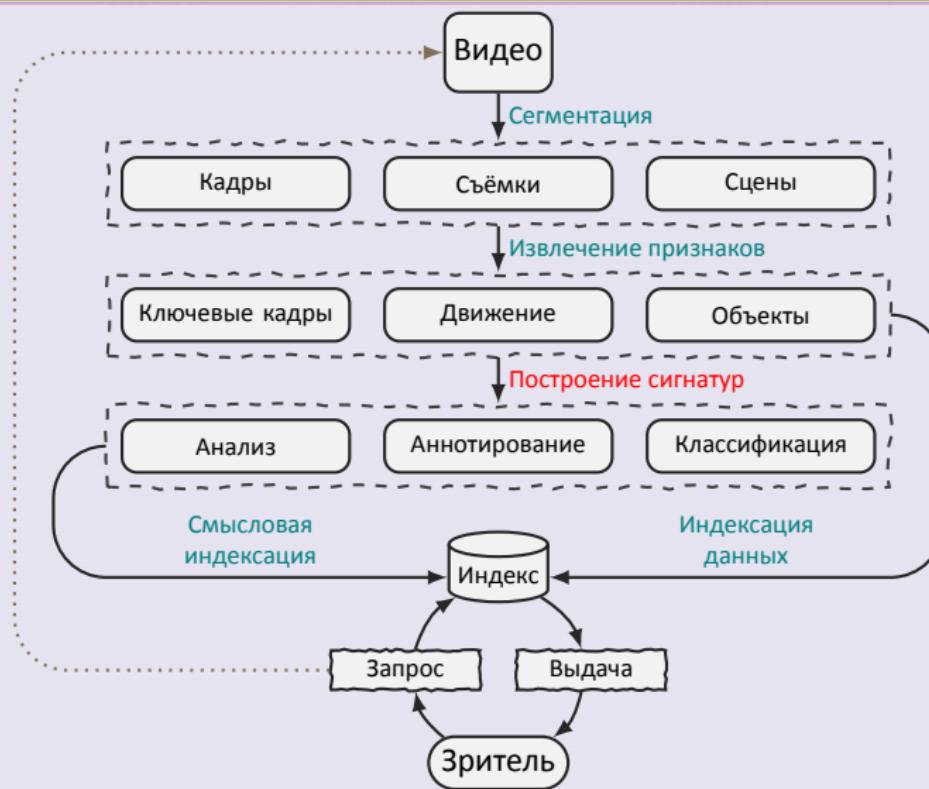
Что такое видео: концептуальная модель



Что такое видео: логическая модель

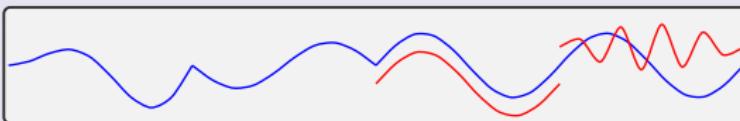


Общая схема поиска по видео

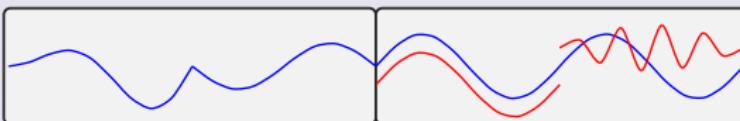


Сегментация видео

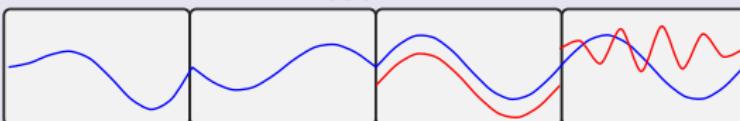
Видео



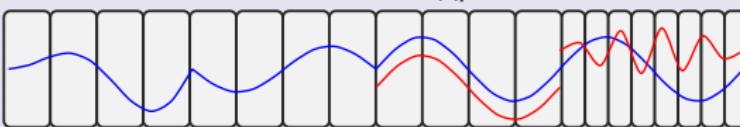
Сцены



Съёмки



Ключевые кадры





Типы видео-сигнатур

Локальные

- ▶ выражают локальную информацию кадра,
- ▶ напрямую работают с дескрипторами особых точек.

Глобальные

- ▶ выражают одной сигнатурой целый кадр;
- ▶ выражают одной сигнатурой все видео целиком;
- ▶ выражают изменения кадров во времени.

Локальные сигнатуры

Видео кандидат



Плюсами показаны особые точки
(запрос)

Оригинальное видео



Прямоугольниками показаны области,
где могут находиться особые точки

Локальные сигнатуры: оценка

Пример

Пусть дано некоторое видео:

- ▶ разрешение 800×600 пикселей;
- ▶ в кадре может быть найдено около 1000 точек;

Если таких видео много:

- ▶ 100000 видео-файлов;
 - ▶ по 5 ключевых кадров в каждом виде;
- ⇒ 500000000 ключевых точек;

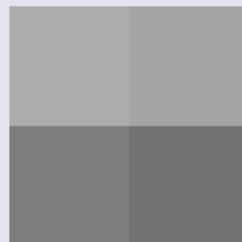
Каждая точка представлена вектором:

- ▶ SIFT (128 компонент)
- ▶ или PCA-SIFT (64 компоненты);

Глобальные сигнатуры

- ▶ одна сигнатура — целый кадр:
 - ▶ средние цветовые моменты кадра;
 - ▶ цветовые моменты областей кадра (дескриптор GIST);
 - ▶ мешок визуальных слов;
 - ▶ линеаризация, видео как ДНК;
- ▶ одна сигнатура — видео целиком:
 - ▶ средний цветовой момент видео;
 - ▶ ссылочная видео-гистограмма — набор опорных кадров;
 - ▶ кластеризация кадров.
- ▶ пространственно-временные сигнатуры:
 - ▶ отслеживание траекторий;
 - ▶ линеаризация, порядковая сигнатура;
 - ▶ последовательность монтажных склеек;
 - ▶ дерево сцен.

Глобальные сигнатуры: видео как ДНК

 \Rightarrow  \Rightarrow  \Rightarrow

Исходное (RGB)

Яркость

 2×2

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} 172 & 164 \\ 125 & 114 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{matrix} 1, 2, 3, 4 \Rightarrow A \\ \dots \\ 4, 3, 1, 2 \Rightarrow W \\ 4, 3, 2, 1 \Rightarrow X \end{matrix}$$

Матрица яркости

Порядок блоков

Символ

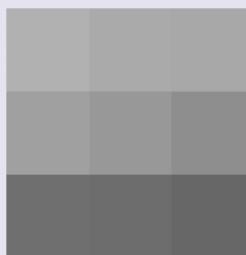
Глобальные: порядковая, сравнение по времени



Исходное (RGB)



Яркость



3 × 3

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} 177 & 170 & 168 \\ 160 & 152 & 142 \\ 111 & 109 & 103 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 8 & 7 & 6 \\ 5 & 4 & 3 \\ 2 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Матрица яркости

Порядок блоков

Что такое видео?

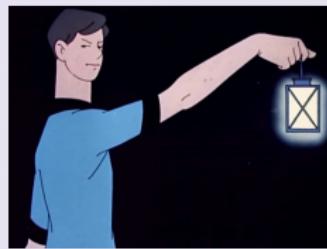


Что такое видео?

Видео — последовательность фактов или событий

- ▶ События развиваются во времени.
- ▶ Свойства событий — *пространственная характеристика видео*,
- ▶ продолжительность и порядок фактов — *временная*.

Пример:



(Кадры событий из начала мультфильма «Дядя Стёпа — милиционер»)

Поиск на основе сцен I

Кадр — *frame*, фотографический кадр

- ⇐ отдельная статическая картинка;
- ⇐ обозначим φ .

Съемка — *shot*, кинематографический кадр

- ⇐ множество фотографических кадров, единство процесса съемки;
- ⇐ обозначим σ , $\varphi \in \sigma$;
- ⇐ часто называют «сценой», далее будем рассматривать, σ , называя сценой;

Сцена — *scene*, монтажный кадр

- ⇐ множество фотографических кадров, единство места и времени;
- ⇐ обозначим s , $\varphi \in \sigma \subset s$.

Поиск на основе сцен II

Сцена как «съемка», кинематографический кадр

- совокупность множества фотографических кадров φ внутри временной области τ , кадры, которой $\varphi_{\sigma,i}$ значительно отличается от кадров соседних областей.

$$\sigma = \{\varphi_{\sigma,i} | \text{diff}(\varphi_{\sigma,i}, \varphi_{\sigma,j}) < \varepsilon, \varphi_{\sigma,i}, \varphi_{\sigma,j} \in \tau\}$$

diff — функция разности кадров.

Аналогично можно ввести определение «звуковой сцены», предварительно разделив звуковой сигнал на отсчеты.

Аномалии

Аномалия

Аномалия — скачкообразное изменение свойств наблюдаемого ряда в заранее неизвестный момент времени. Иногда аномалию называют «разладкой».

Моменты событий:

моменты времени, в которых наблюдались аномалии

Утверждение о событиях

Моменты событий совпадают с моментами смены съёмок.

Аномалии

Пусть даны два видео — $V(t)$ и $W(t)$. Считаем, что видео является частным случаем временного ряда.

Аномалия

Из точек временного ряда $V(t)$, в которых наблюдались аномалии, построим временной ряд $(ev_i)_{i=1}^k$.

$$\begin{cases} (ev_i)_{i=1}^k & = ev_1, ev_2, \dots, ev_k; \\ \{ev_1, ev_2, \dots, ev_k\} & \subset V \end{cases}$$

Для $W(t)$ аналогичным образом построим $(ew_i)_{i=1}^n$.

Нечёткие дубликаты

Одноковые явления

V и W выражают одинаковую последовательность явлений, если существует $(x_i)_{i=1}^m$, такой что $\{(x_i)_{i=1}^m\} \subset \{(ev_i)_{i=1}^k\}$ и $\{(x_i)_{i=1}^m\} \subset \{(ew_i)_{i=1}^n\}$.

$$V \stackrel{e}{\sim} W \Leftrightarrow \exists (x_i)_{i=1}^m; \quad \begin{cases} \{(x_i)_{i=1}^m\} \subset \{(ev_i)_{i=1}^k\} \\ \{(x_i)_{i=1}^m\} \subset \{(ew_i)_{i=1}^n\} \end{cases} \subset V; \quad W$$

Нечёткие дубликаты

V и W — нечёткие дубликаты друг друга, если существует $(x_i)_{i=1}^m$, такой что $\{(x_i)_{i=1}^m\} \subset \{(v_i)_{i=1}^k\}$ и $\{(x_i)_{i=1}^m\} \subset \{(w_i)_{i=1}^n\}$.

$$V \stackrel{nd}{\approx} W \Leftrightarrow \exists (x_i)_{i=1}^m; \quad \begin{cases} \{(x_i)_{i=1}^m\} \subset \{(v_i)_{i=1}^k\} \\ \{(x_i)_{i=1}^m\} \subset \{(w_i)_{i=1}^n\} \end{cases} \subset V; \quad W$$

Теорема о нечётких дубликатах

Однаковые явления

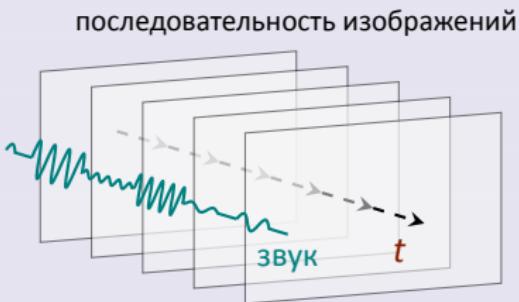
Нечеткие дубликаты видео выражают одинаковую последовательность явлений.

$$V \xrightarrow{e} W \Rightarrow V \xrightarrow{nd} W$$

Поиск событий: временные ряды

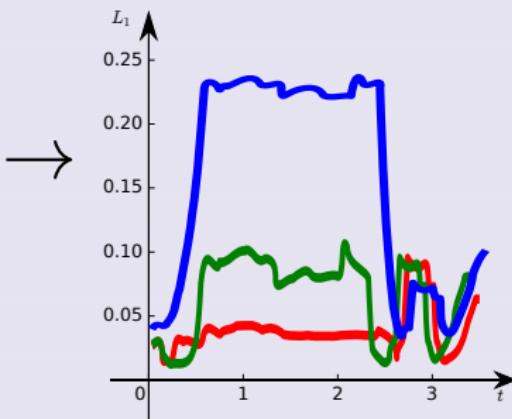
Изначально имеем

- ▶ последовательность изображений;
- ▶ и последовательность аудио-отчетов.



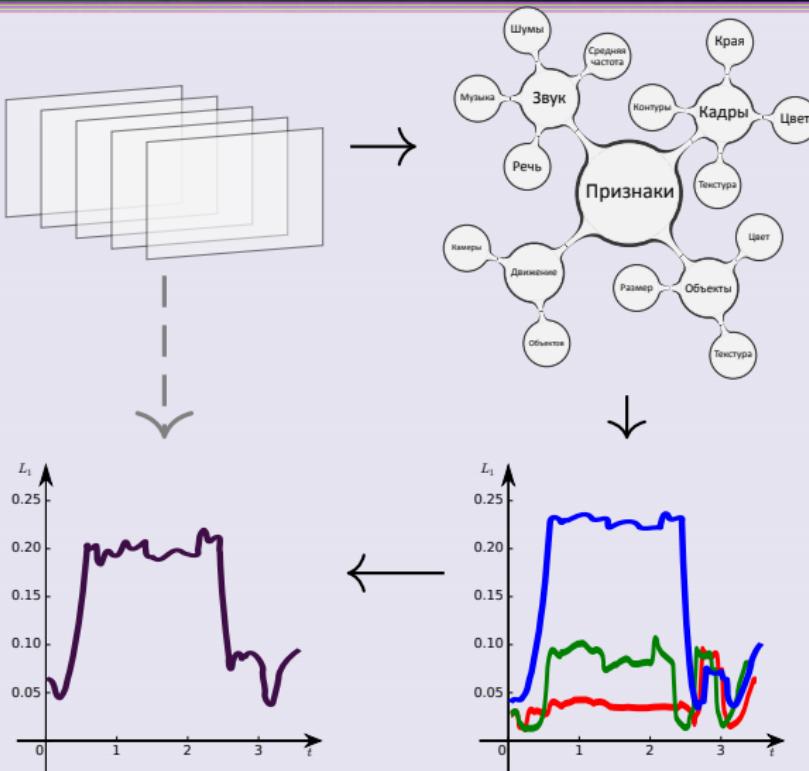
Хотим получить

- ▶ временной ряд;
- ▶ описание ситуации в видео.





Можно свести к одномерному случаю



Сведение к одномерному случаю

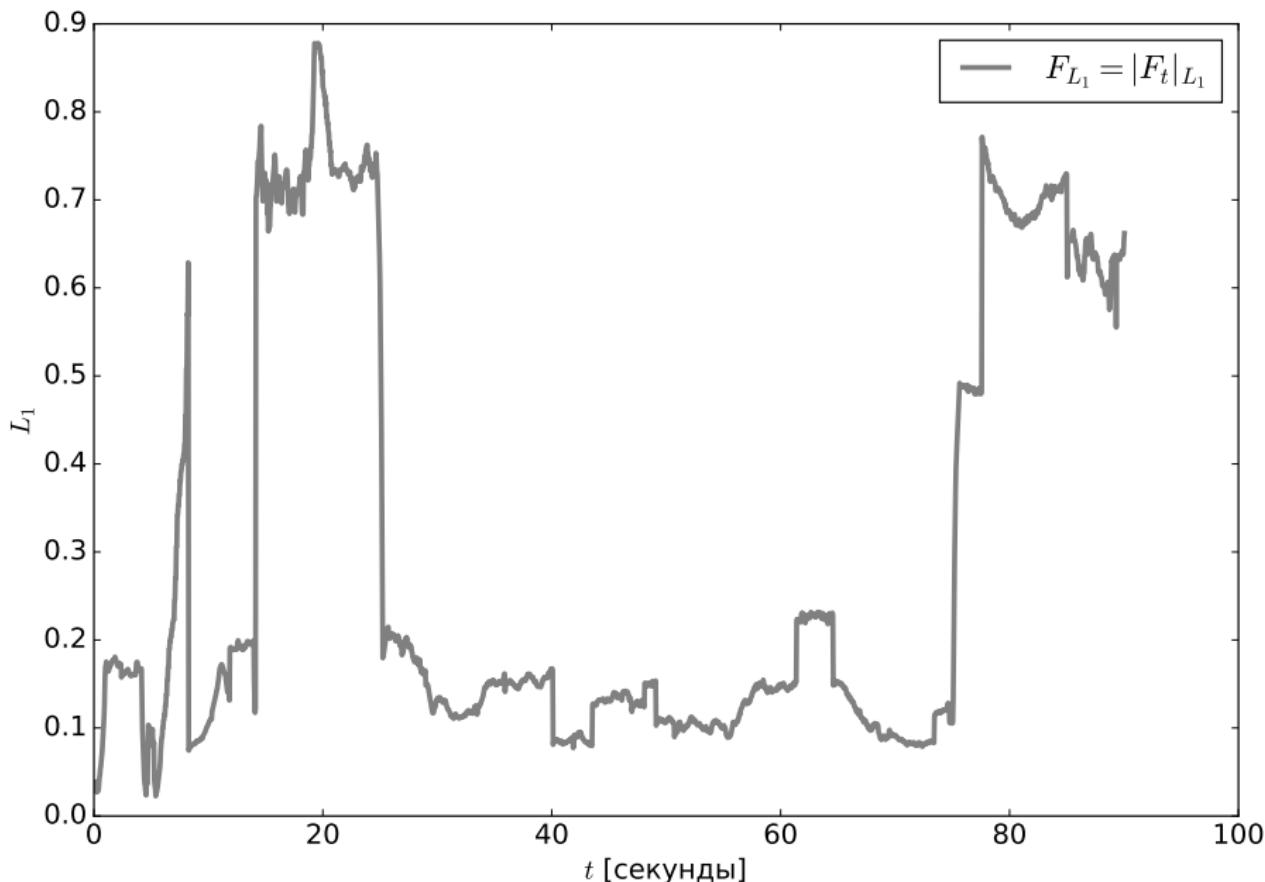
Зачем сводить к одномерному случаю

Сможем в явном виде применить:

- ▶ методы экономического анализа;
- ▶ методы обработки временных рядов из радиотехники;
- ▶ методы поиска разладок.

Почему сведение корректно

- ▶ можем свести из n -мерного:
 - ▶ нужны только весовые коэффициенты;
 - ▶ пример: $Y_{Y'P_rP_b} = 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B$;
- ▶ сможем обобщить до n -мерного:
 - ▶ для визуальной информации n может быть > 3 ;
 - ▶ очень актуально для трехмерных камер.

«Дядя Стёпа — милиционер», внешний вид сигнала F_{L_1} 

Что считаем аномалией

Аномалия

- ▶ резкое изменение свойств наблюдаемого ряда
- ▶ в заранее неизвестный момент времени.

Иногда явление называют «разладкой».

Как связано с событиями

- ▶ Моменты аномалий — моменты событий.
- ▶ В художественном видео:
 - ▶ монтажные склейки или «сцены»;
 - ▶ собственные события сюжета.

Пороговые методы со статическим порогом

Как устроены

- ▶ разница соседних величин (по некоторой норме);
- ▶ заранее задается некоторый порог;
- ▶ превышения порога — «аномалия».

Плюсы

- ▶ просты в реализации, втч аппаратной;
- ▶ не требовательны к ресурсам.

Минусы

- ▶ требуется заранее знать порог;
- ▶ не применимо для разных типов видео;
- ▶ чувствительны к случайным всплескам;
- ▶ ловят только краткосрочные события.

Наивный пороговый метод

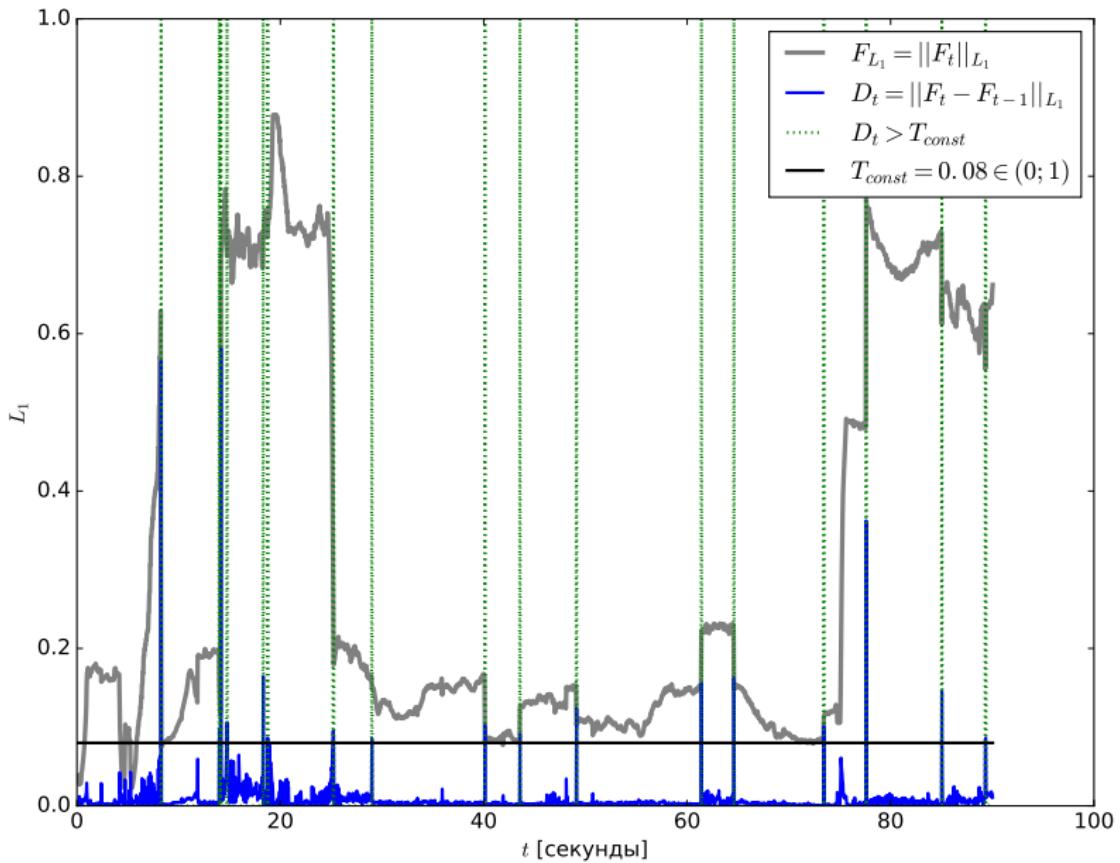
Разница по модулю

- ▶ нормированная разница яркостей кадров;
- ▶ векторная норма L_1 .

$$D_t = \|F_t - F_{t-1}\|_{L_1} = \frac{1}{n \cdot m} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m |x_{t,i,j} - x_{t-1,i,j}|$$

- ▶ $x_{t,i,j}$ — яркость пикселя кадра F_t ;
- ▶ $x_{t-1,i,j}$ — яркость пикселя кадра F_{t-1} ;
- ▶ $|x_{t,i,j} - x_{t-1,i,j}|$ — разница яркостей двух пикселей.

Наивный пороговый метод



Мета-язык потоковой обработки

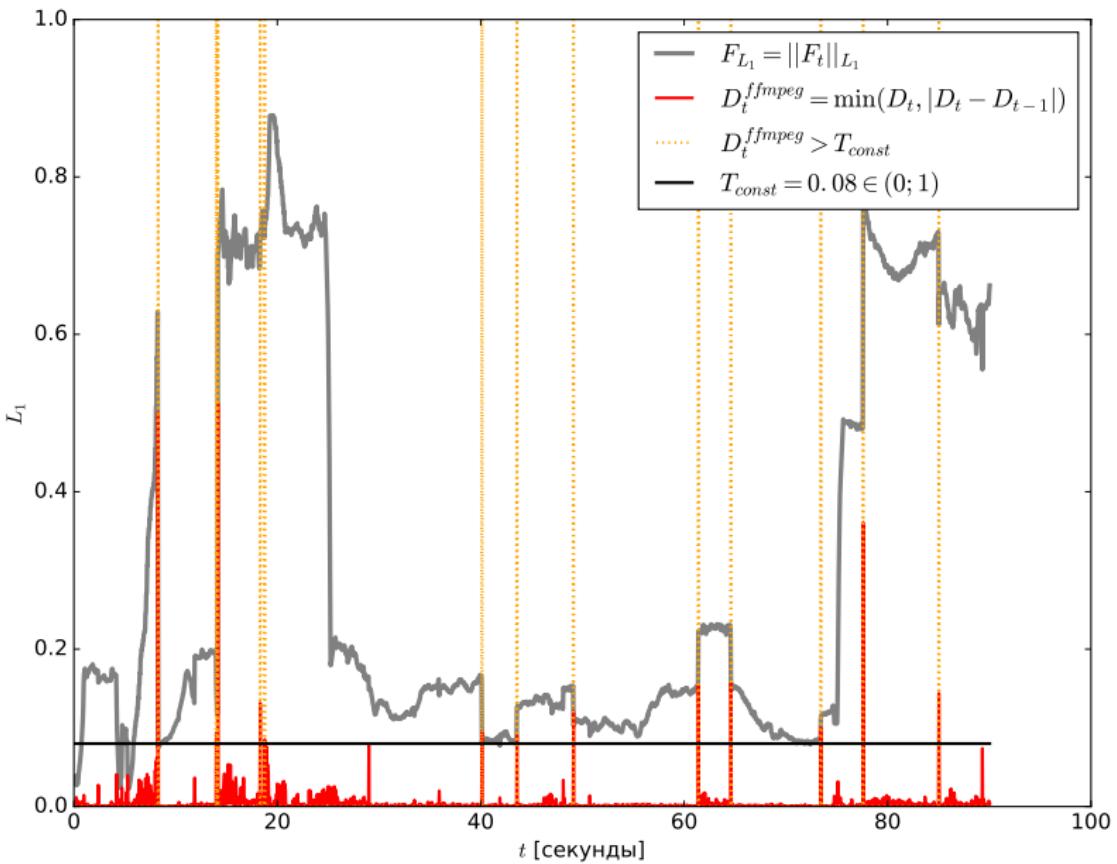
```
1  delay = DelayFilter()          # Фильтр линейной задержки.  
2  orig  = delay(0)              # Входящий сигнал без изменения.  
3  shift = ShiftSWFilter()      # Сдвиг сигнала на один кадр.  
4  diff  = orig - shift         # Разница соседних кадров.  
5  norm  = NormFilter()         # Норма сигнала.  
6  T_CONST = 0.08               # Значение порога. Константа.  
7  threshold = orig > T_CONST # Пороговый фильтр.  
8  
9  # Фильтр нормированной попиксельной абсолютной разницы.  
10 d_filter = diff | abs | norm(l=1)  
11  
12 # Результирующий фильтр: точки разладок.  
13 result_filter = d_filter | threshold  
14
```

- ▶ Оператор «|» означает «конвейер».
- ▶ Фильтры собирается отложено до непосредственного применения.

Грамматика языка

```
1 FILTER ::= FILTER_NAME ' ( ' [arglist] ' ) ' | FILTER ' | '
  ' FILTER | FILTER ' | ' expr | FILTER op expr
2
3 FILTER_NAME ::= POINT_FILTER_NAME | WINDOW_FILTER_NAME
4
5 POINT_FILTER_NAME ::= ' Filter ' | ' NormFilter ' | '
  DelayFilter ' | ' SignAngleDiff_1DFilter ' | '
  SignAngleDiff_2DFilter ' | ' SignChangeFilter ' | '
  ColourFilter '
6
7 WINDOW_FILTER_NAME ::= ' BaseSWFilter ' | ' ShiftSWFilter '
8
9 op ::= ' < ' | ' > ' | ' = = ' | ' > = ' | ' ≤ ' | ' ≥ '
  ' | ' ! = ' | ' < < ' | ' > > ' | ' in ' | ' ^ ' | ' not ' | ' in '
  ' | ' is ' | ' is ' | ' not '
10
11 expr ::= ' python □ expression '
12
```

Определение «сцен» как в FFmpeg



Описание FFmpeg-порога на мета-языке

```
1  delay = DelayFilter()          # Фильтр линейной задержки.
2  orig  = delay(0)              # Входящий сигнал без изменения.
3  shift = ShiftSWFilter()       # Сдвиг сигнала на один кадр.
4  diff  = orig - shift         # Разница соседних кадров.
5  norm  = NormFilter()         # Норма сигнала.
6  T_CONST = 0.08                # Значение порога. Константа.
7  threshold = orig > T_CONST  # Пороговый фильтр.

8
9  # Фильтр нормированной попиксельной абсолютной разницы.
10 d_filter = diff | abs | norm(l=1)
11 # Абсолютная разница двух последовательных разниц.
12 d_diff_filter = d_filter | diff | abs

13
14 # Минимум между разницей и разницей разниц.
15 ffmpeg_like = Filter.union(d_filter, d_diff_filter) | min

16
17 # Результирующий фильтр: точки разладок.
18 result_filter = ffmpeg_like | threshold
19
```

FFmpeg: Примечание (1)

ffmpeg_like не совсем ffmpeg:

формула и результат совпадают с результатом FFmpeg, с точностью до коэффициента **FFMPEG_CORRECTION**.

```
1 # Минимум между разницей и разницей разниц.
2 ffmpeg_like = Filter.union(d_filter, d_diff_filter) | min
3
4 # Коррекция возникает из-за того что в ffmpeg
5 # цвета представляют целыми числами, без нормировки.
6 COLOUR_CORRECTION = 3 * 256.0
7
8 # Нормировка взята из исходных кодов ffmpeg.
9 FFMPEG_NORM = 100.0
10
11 FFMPEG_CORRECTION = COLOUR_CORRECTION / FFMPEG_NORM
12
13 # Как в настоящем FFmpeg.
14 true_ffmpeg = ffmpeg_like | orig * FFMPEG_CORRECTION
15
```

FFmpeg: Примечание (2)

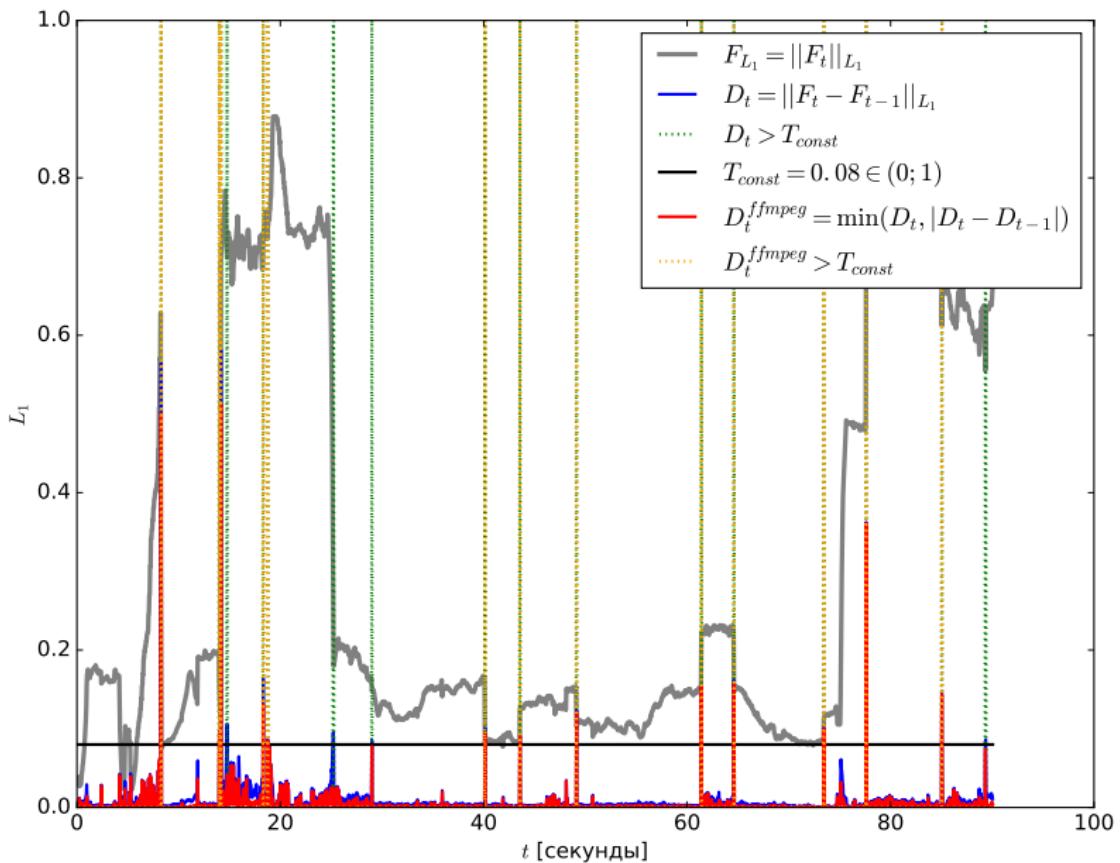
Точки линейных склеек «по FFmpeg» можно получить с помощью консольной команды:

```
ffmpeg -i 'file.mp4' -filter:v "yadif=1:-1:0,select='gt(scene,0.4),showinfo" -f 'null' -y 'qq' 2>>(> grep 'pts_time' | sed -uE 's/.+n:\s*?([0-9]+)\.pts:\s*?([0-9]+)\.pts_time:\s*?([0-9\.]+)\.pos:\s*?([0-9]+)\.type:\s*?([IPB?]+)\.mean:\s*?\[(.+)\]\.stdev:\s*?\[(.+)\]\./n:\1\tp pts_time:\3\t\tf frame_type:\5\tmean:\6\tstd:\7/gi' | tee ./out/file-null.log 1>&2);
```

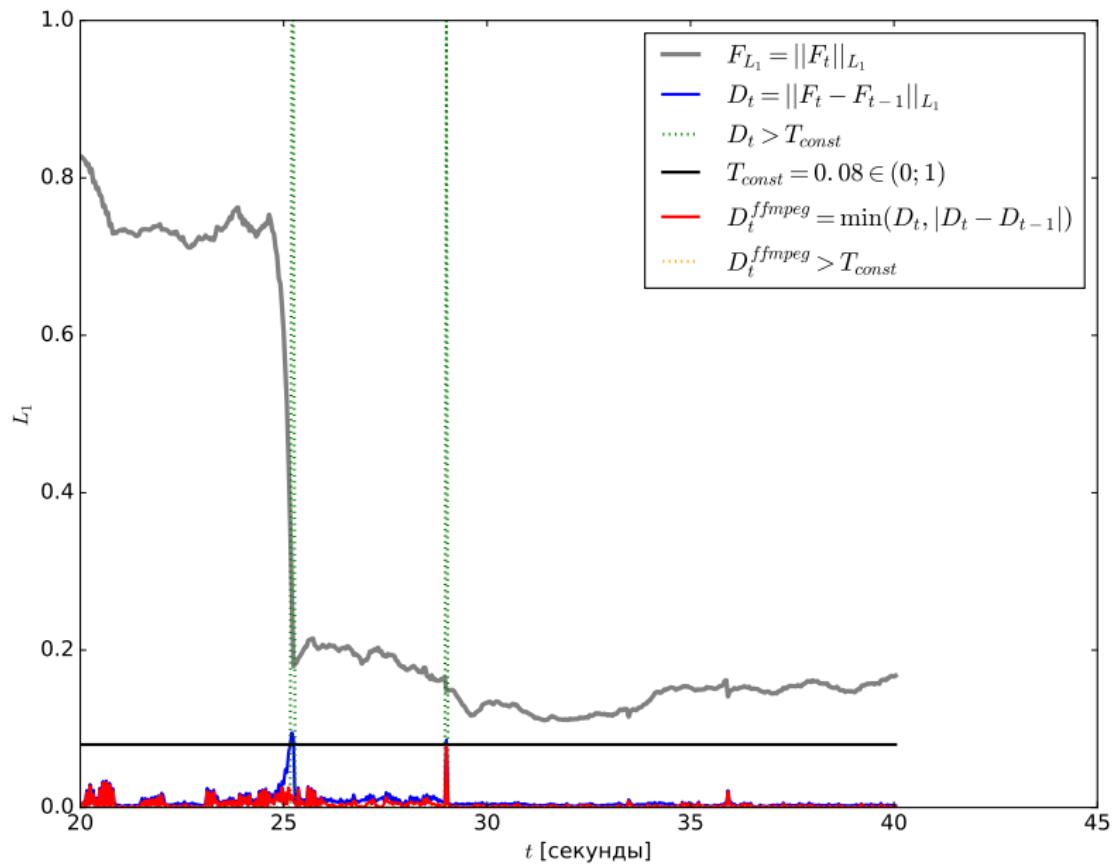
Вывод команды:

n:	pts_time:	frame_type:	mean:	std:
0	8.279	P	20	47.0
1	13.999	B	40	71.3
2	14.159	P	180	75.7
3	14.719	B	183	69.7
4	14.759	B	179	70.6
5	18.319	P	187	73.2
6	28.999	P	38	53.6
7	49.119	P	27	46.0
8	61.399	P	57	71.3
9	64.599	P	38	58.4

Сравнение порогов «Дядя Стёпа — милиционер»



Сравнение порогов, секунды с 20 по 40 «Дядя Стёпа — милиционер»



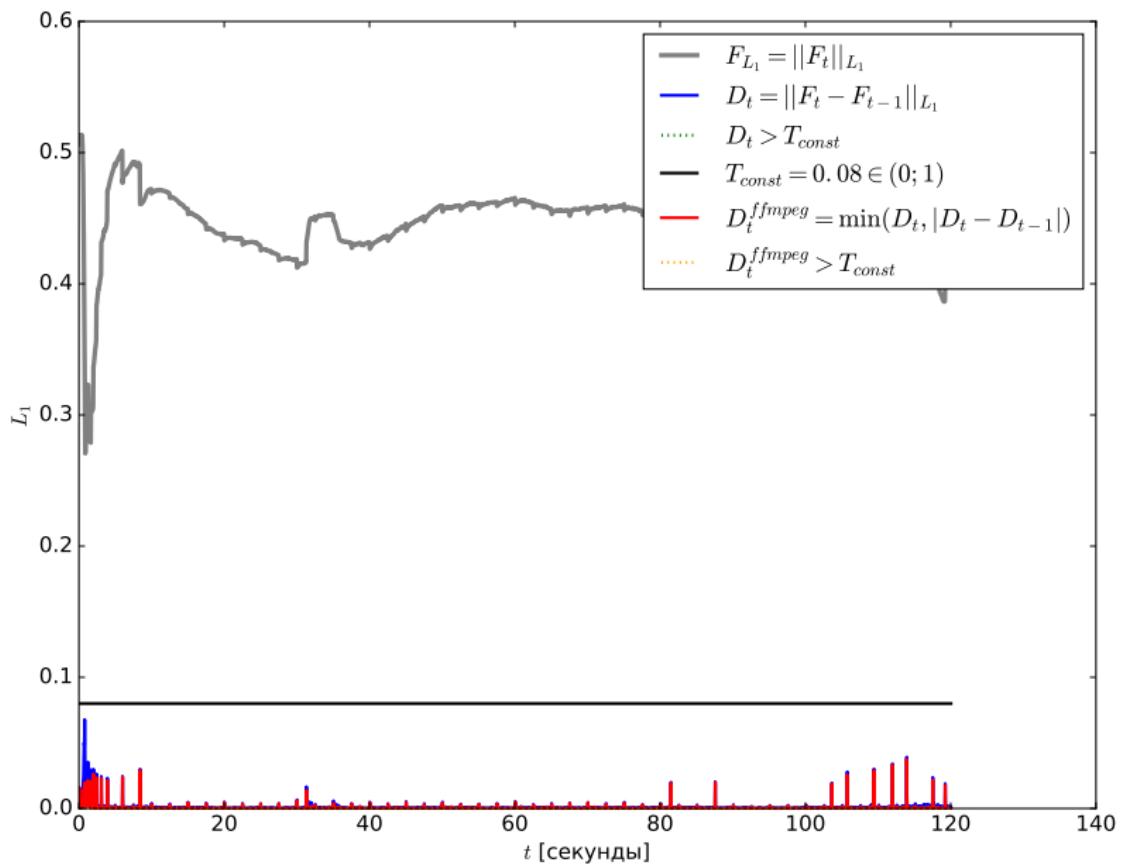
Чем плох статический порог

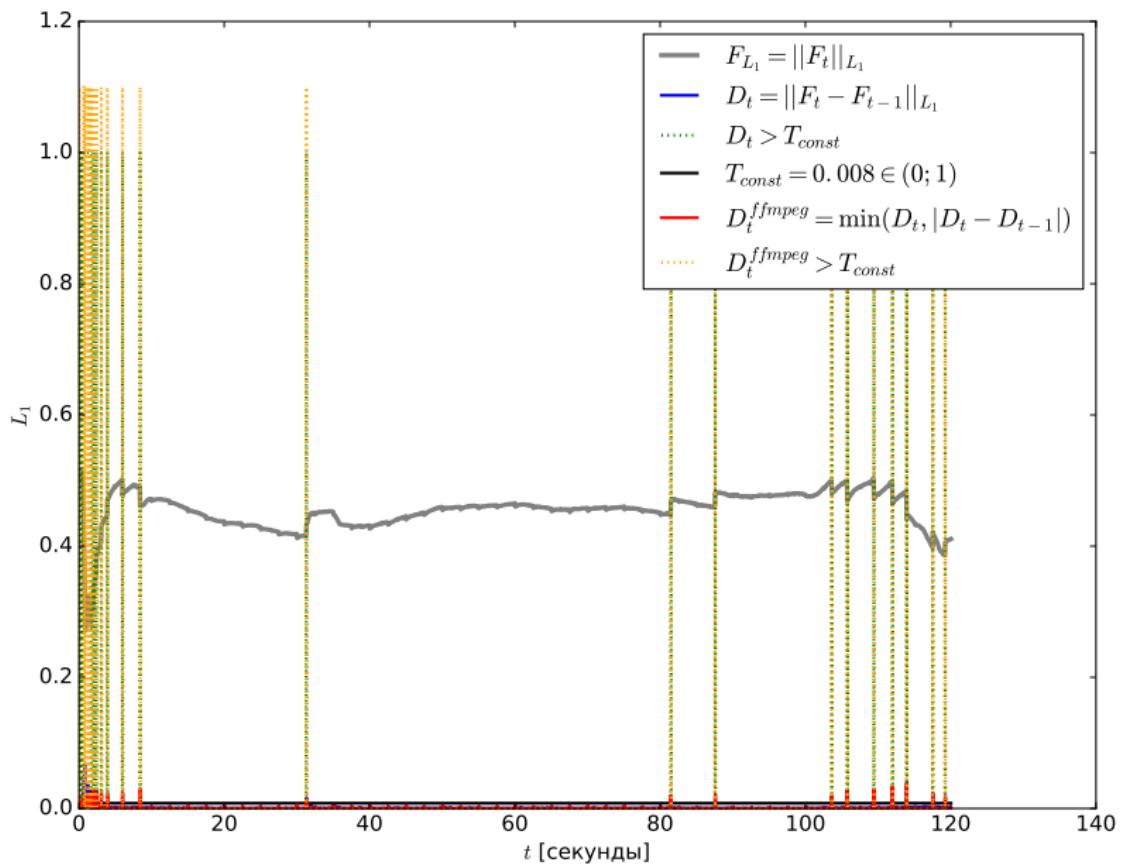
Пример

1. Видео с плавными переходами:
 - ▶ например, съёмка с бортовой камеры БПЛА.
2. Величину порога как и раньше — **0.08**.
 - ▶ В итоге:
 - ▶ разница кадров всегда меньше порога;
 - ▶ событий «нет».

В чём проблема:

- ▶ величину порога надо знать заранее;
- ▶ нельзя использовать везде одну и ту же величину:
 - ▶ в плавном видео — малые разницы кадров;
 - ▶ в динамичном видео — большие разницы кадров.

Съёмка с БПЛА над побережьем Тулума ($T_{const} = 0.08$)

Съёмка с БПЛА над побережьем Тулума ($T_{const} = 0.008$)

Улучшения статического порога

Проблема:

- ▶ большой порог для плавного видео:
 - ▶ события найдены не будут;
- ▶ маленький порог для динамичного видео:
 - ▶ много ложных срабатываний;
- ▶ если видео имеет плавные и динамичные участки:
 - ▶ порог подобрать невозможно.

Решение:

- ▶ Учитывать «динамичность» видео:
 1. Масштабировать разницы кадров:
 - нормировать по окрестности.
 2. Учитывать среднюю величину и дисперсию.

Нормировка по размаху

Нормировка разницы кадров

1. Выберем размер скользящего окна (вектора задержек) — s .
2. Для каждого кадра из последовательности:
 - 2.1 Вычислим максимальное и минимальное значение разницы кадров на этом окне.
 - 2.2 Вычислим размах разниц для данного скользящего окна.
 - 2.3 От текущего значения разницы соседних кадров отнимем минимальное значение разницы на скользящем окне, и поделим на размах
3. Таким образом мы получим нормированное по размаху значение разницы кадров для данного скользящего окна.

$$D_{s,t} = \frac{D_t - \min(D_{t-s} \dots D_t)}{\max(D_{t-s} \dots D_t) - \min(D_{t-s} \dots D_t)}$$

Нормировка по размаху: описание на мета-языке

```

1   delay = DelayFilter()          # Фильтр линейной задержки.
2   orig  = delay(0)              # Входящий сигнал без изменения.
3   shift = ShiftSWFilter()       # Сдвиг сигнала на один кадр.
4   diff  = orig - shift          # Разница соседних кадров.
5   norm  = NormFilter()          # Норма сигнала.

6
7   # Возвращает скользящее окно размером 400 для каждого кадра
8   sw = BaseSWFilter(s=400, min_size=2)

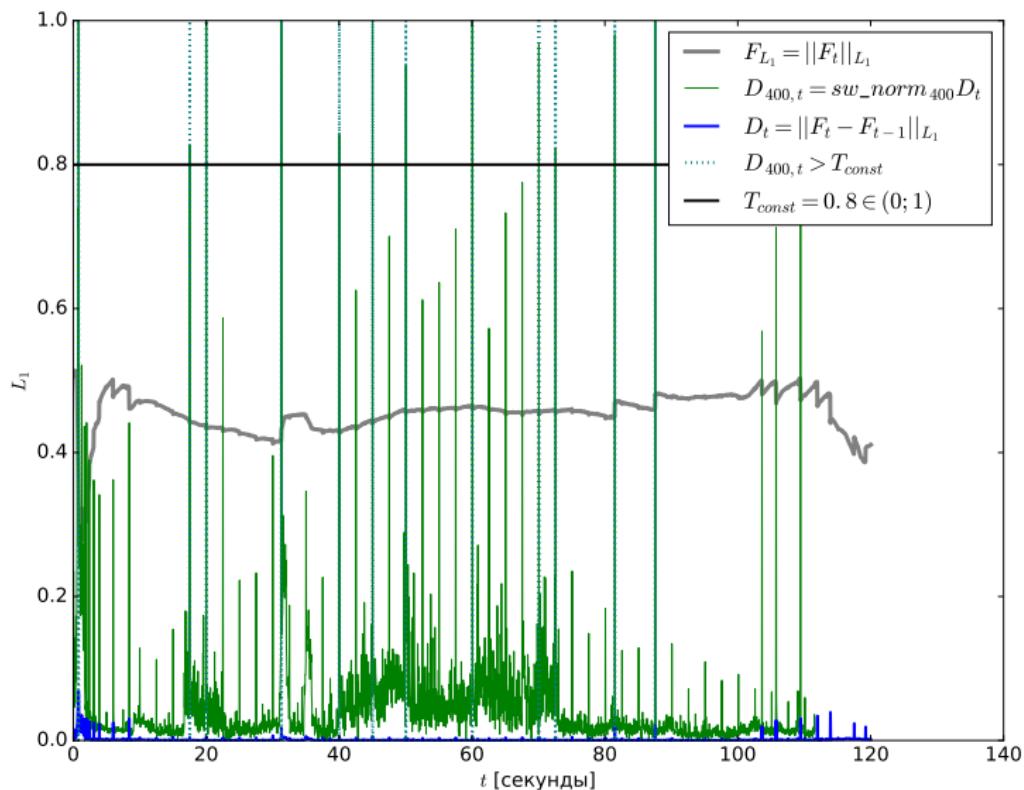
9
10  sw_max = sw | max  # Максимум по скользящему окну.
11  sw_min = sw | min  # Минимум по скользящему окну.

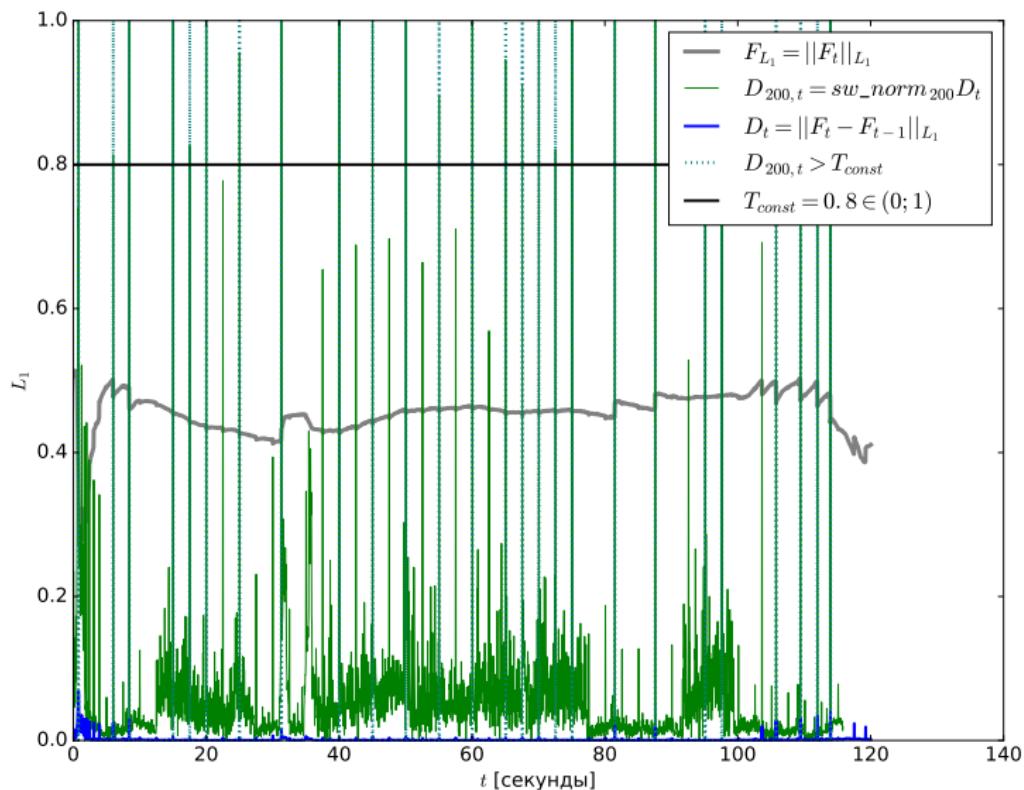
12
13  sw_norm = (orig - sw_min) / (sw_max - sw_min) # Масштабирование.

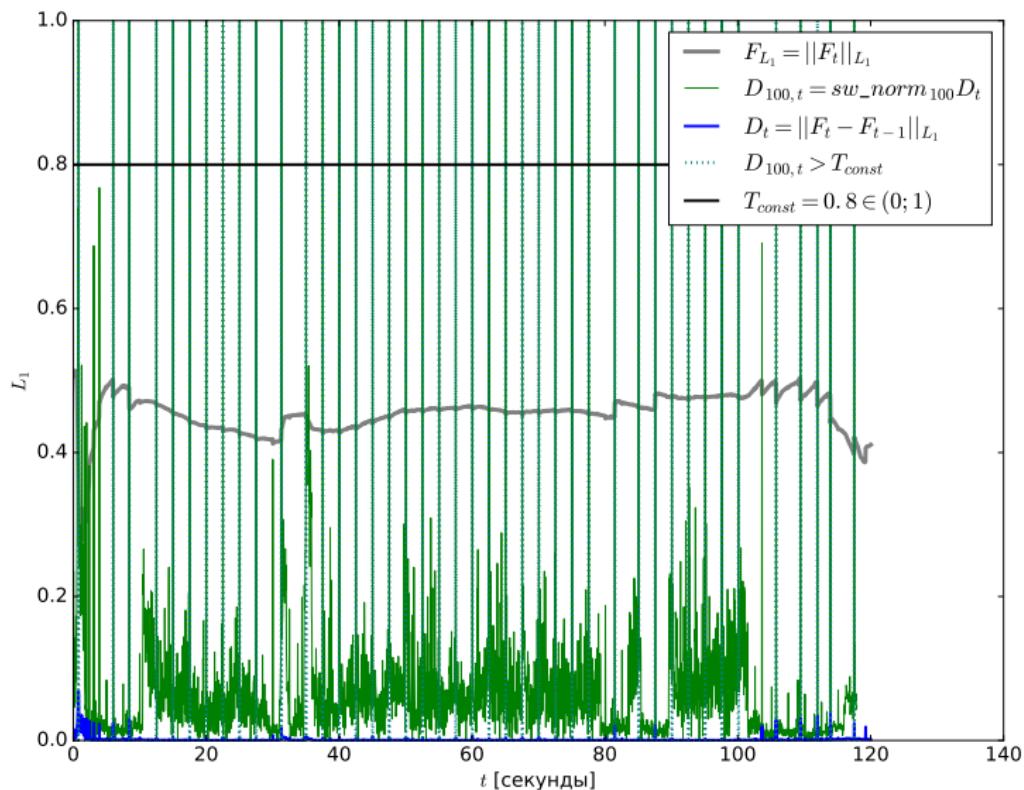
14
15  # Масштабированная разница по скользящему окну
16  d_sw_filter = diff | abs | norm(l=1) | sw_norm

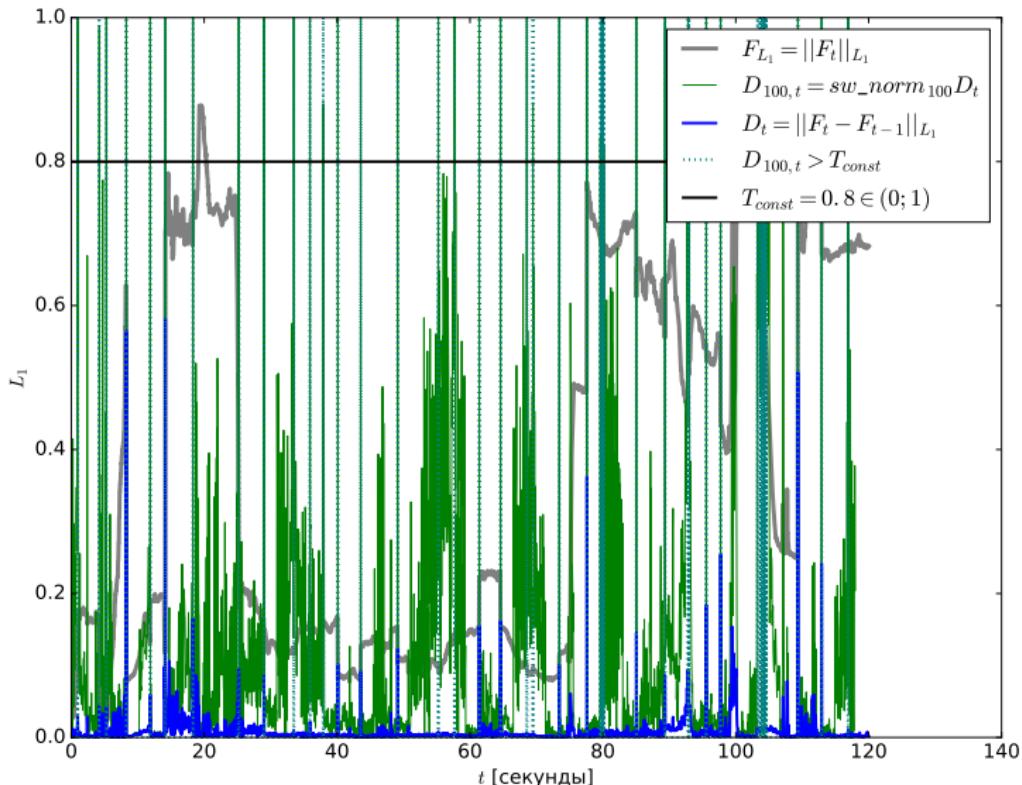
17
18  # Результирующий фильтр: точки разладок.
19  result_filter = d_sw_filter | threshold

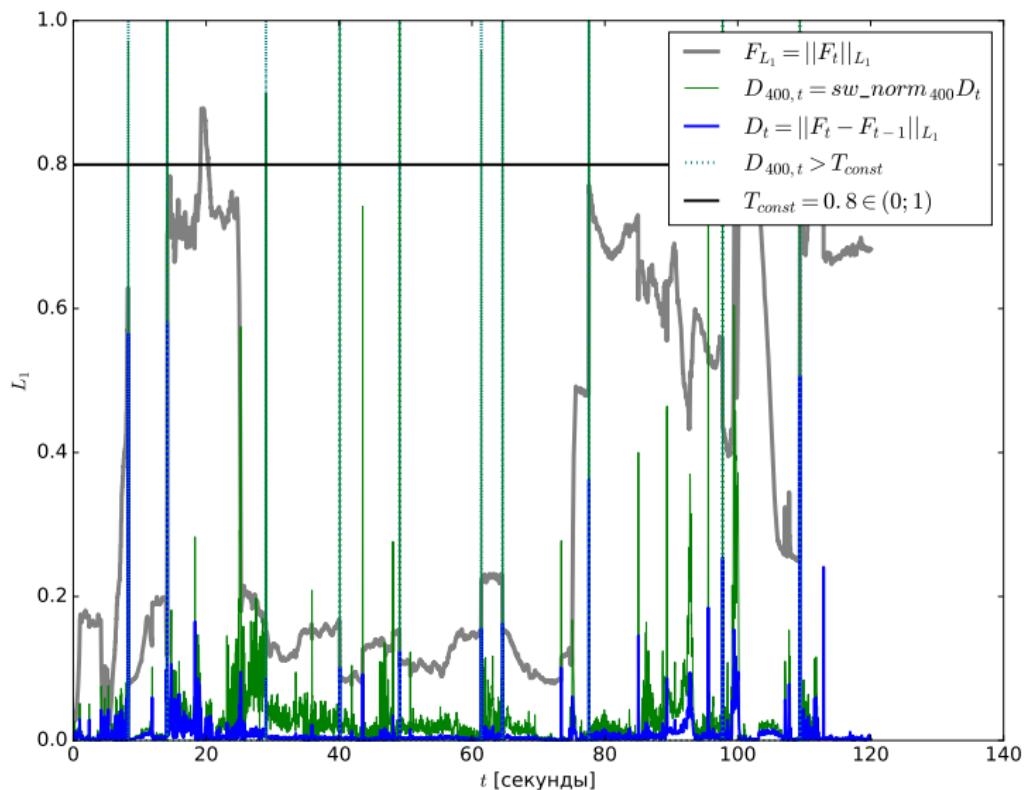
```

нормировка по размаху ($s = 400$)

Нормировка по размаху ($s = 200$)

Нормировка по размаху ($s = 100$)

Нормировка по размаху ($s = 100$), «Дядя Стёпа — милиционер»

Нормировка по размаху ($s = 400$), «Дядя Стёпа — милиционер»

Свойства нормировки по размаху

Достоинства:

- ▶ относительная величина порога:
 - ▶ не нужно подбирать для каждого случая;
 - ▶ можно использовать везде одну и ту же величину.

Недостатки:

- ▶ нужно подбирать размер окна:
 - ▶ при малом размере окна — нормируем для паразитных шумов
 - ▶ при большом размере — пропускаем разладки.

Метод голосований

Достоинства:

- ▶ относительная величина порога:
 - ▶ не нужно подбирать для каждого случая;
 - ▶ можно использовать везде одну и ту же величину.

Недостатки:

- ▶ нужно подбирать размер окна:
 - ▶ при малом размере окна — нормируем для паразитных шумов
 - ▶ при большом размере — пропускаем разладки.

Пороговые методы адаптивным порогом

Как устроены

- ▶ разница соседних величин (по некоторой норме);
- ▶ превышения порога — «аномалия».
- ▶ порог вычисляется динамически (критерий Смирного-Граббса).

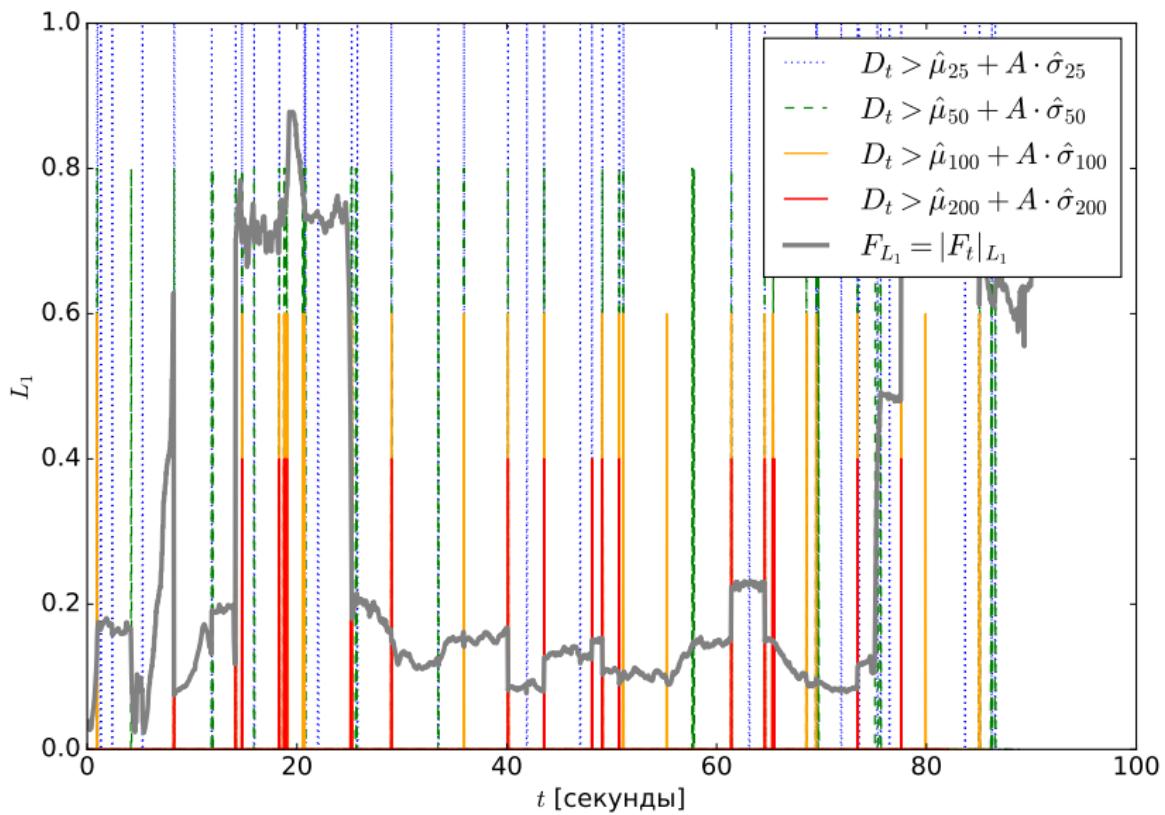
Плюсы

- ▶ не требовательны к ресурсам.

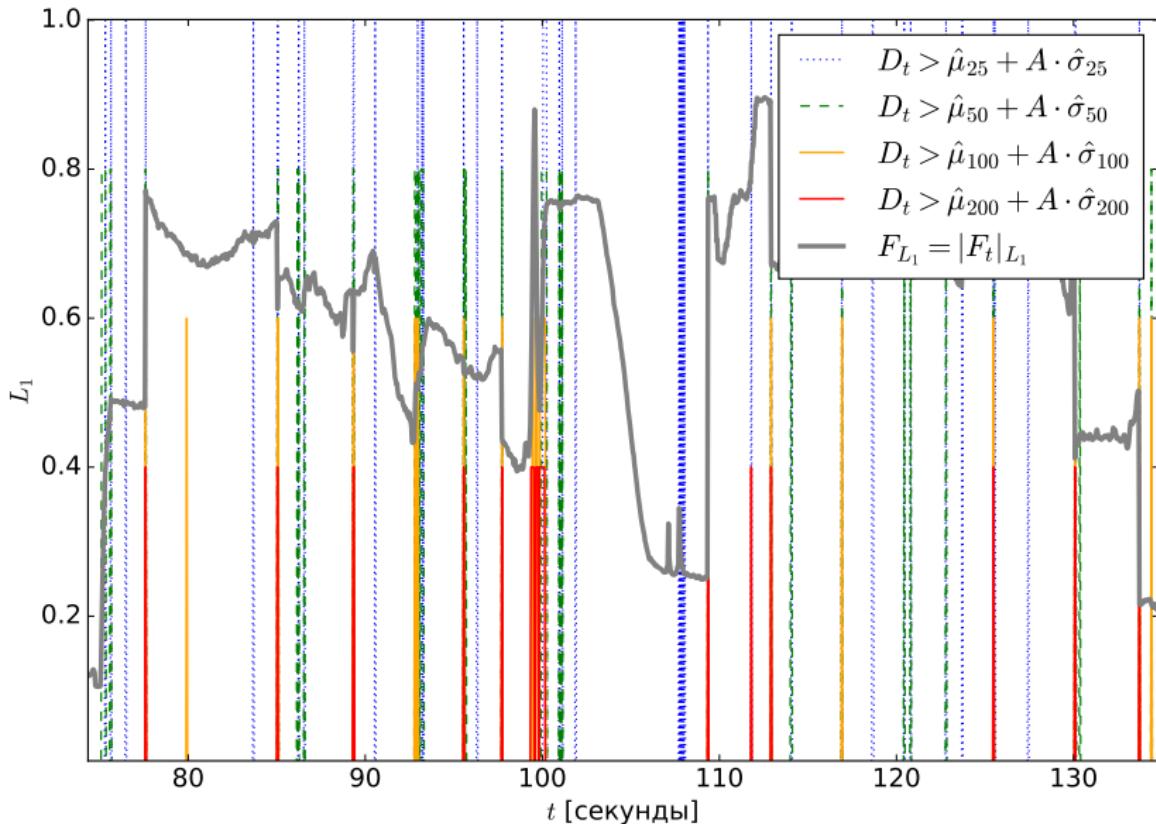
Минусы

- ▶ требуется заранее подобрать размер скользящего окна;
- ▶ не применимо для разных типов видео;
- ▶ чувствительны к случайным всплескам;
- ▶ ловят только краткосрочные события;

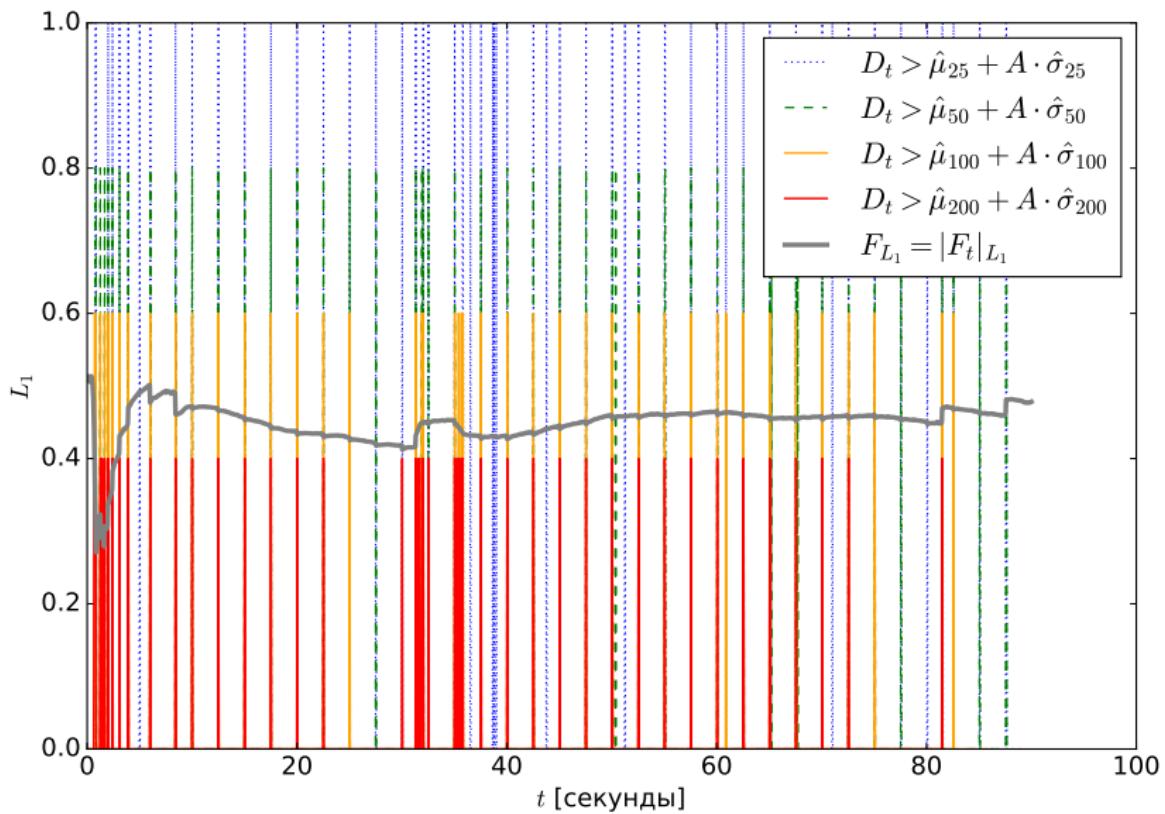
«Дядя Стёпа — милиционер»,
адаптивный порог $D_t > \hat{\mu}_k + A \cdot \hat{\sigma}_k$



«Дядя Стёпа — милиционер», адаптивный порог $D_t > \hat{\mu}_k + A \cdot \hat{\sigma}_k$
 (не нашли плавный переход)



Съёмка с БПЛА над побережьем Тулума, адаптивный порог $D_t > \hat{\mu}_k + A \cdot \hat{\sigma}_k$



Сравнение средних

Как устроены

- разница двух оценок сигнала;
- сигнал оцениваем через средние.

Выражается формулой

$$V \stackrel{e}{\sim} W \Leftarrow \begin{cases} |\bar{M}_{A,t} - \bar{M}_{B,t}| \rightarrow 0; \\ \bar{M}_{s,t} = \bar{M}_{s,t,n} = \frac{1}{s} \sum_{k=t-s}^t Y_{k,n}. \end{cases}$$

Здесь:

- A, B — выбранные размеры скользящих окон;
- Y_k — состояние видео в момент времени k .

Сравнение средних

Для двумерного кадра

$$Y_{k,n} = Y_{k,2} = \frac{1}{w \cdot h} \sum_{i=0}^w \sum_{j=0}^h y_k^{(i,j)}$$

В общем случае

$$Y_{k,n} = \frac{\sum_{i_1=0}^{w_1} \dots \sum_{i_n=0}^{w_n} y_k^{(i_1 \dots i_n)}}{\prod_{j=1}^n w_j}.$$

Сравнение средних

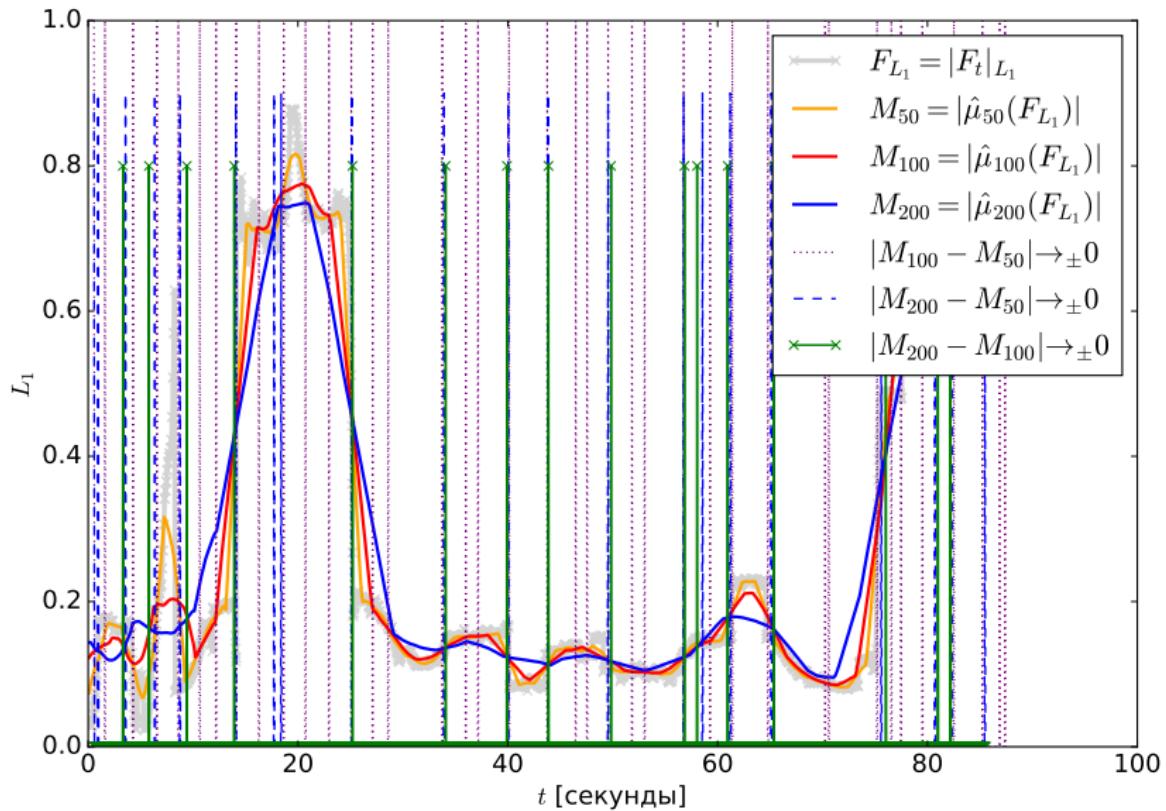
Плюсы

- ▶ не очень требовательны к ресурсам.
- ▶ могут ловить и резкие и плавные переходы

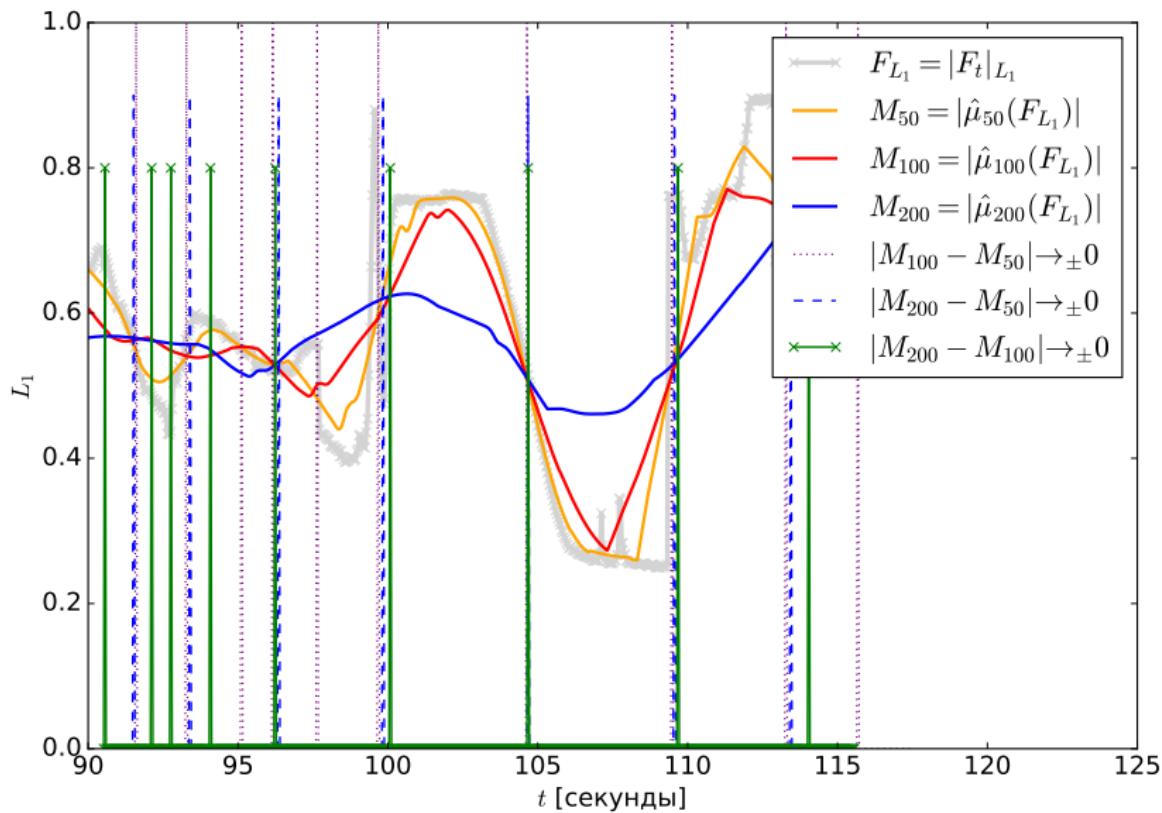
Минусы

- ▶ требуется заранее подобрать размеры скользящих окон;
 - ▶ при малом размере ловят шум;
 - ▶ при большом — могут пропустить событие;
- ▶ требуется хранить скользящее окно.

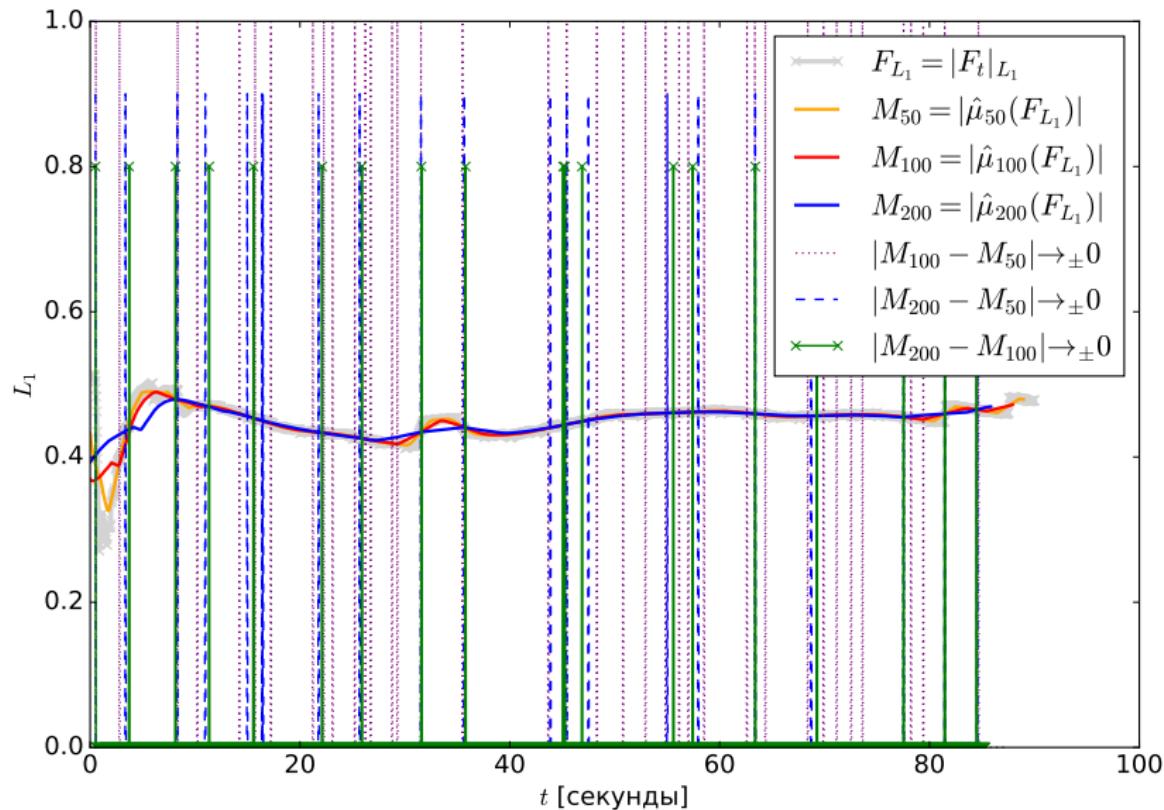
«Дядя Стёпа — милиционер», разницы средних



«Дядя Стёпа — милиционер», разницы средних (нашли центральную точку перехода)



Съёмка с БПЛА над побережьем Тулума, разницы средних



Индексация — iSAX 2.0

iSAX 2.0:

$$\begin{aligned} C &= (c_i)_{i=1}^8 &= \{2, 4, 7, 9, 5, 3, 4, 6\}; \\ \bar{C} &= (\bar{c}_i)_{i=1}^4 &= \{3, 8, 4, 5\}; \\ D^4 &= (d_i^4)_{i=1}^4 &= \{\text{a, г, б, в}\}; \\ \text{SAX}(C, 4, 4) &= (b_i^2)_{i=1}^4 &= \{(0, 0), (1, 1), (0, 1), (1, 0)\}; \\ i\text{SAX}(C, 4, 4) &= (s_i)_{i=1}^4 &= \left\{(0)^2, (1, 1)^4, (1)^2, (1, 0)^4\right\}; \end{aligned}$$

Итоговый алгоритм

Для испытуемого потока видео:

1. выделить аномалии видео (границы съёмок) с помощью сравнения скользящих средних оценок сигнала;
2. построить дескрипторы съёмок:
 - 2.1 вычислить относительные длины съёмок,
 - 2.2 вычислить характеристики граничных кадров;
3. найти дескрипторы съёмок в индексе с помощью модифицированного алгоритма *iSAX2.0*:
 - 3.1 выполнить кусочно-агрегатную аппроксимацию дескрипторов съёмок,
 - 3.2 выполнить поиск по индексному дереву;
4. если дескрипторы съёмок искомого видео найдены:
 - ▶ сравнить характеристики граничных кадров съёмок,
 - ▶ в случае успеха пометить искомое видео как дубликат;
5. в противном случае:
 - 5.1 добавить испытуемое видео в индекс с помощью модифицированного алгоритма *iSAX2.0*,
 - 5.2 перестроить индексное дерево.

Свойства алгоритма

Достоинства:

- ▶ алгоритм работает в режиме реального времени;
- ▶ алгоритм может быть применен к видео различных типов без полного перестроения индекса;
- ▶ благодаря тому, что при поиске не учитываются пространственные характеристики видео, алгоритм неприхотлив к вычислительным ресурсам.

Недостатки:

- ▶ не учитываются пространственные характеристики видео;
- ▶ не учитывается семантическая информация видео;
- ▶ требуется настройка размера скользящих окон при поиске аномалий;
- ▶ требуется настройка коэффициента дискретизации при построении индекса и поиску по индексу.

Итог

На защиту выносятся

- ▶ метод сравнения и поиска нечетких дубликатов видео, который с помощью разбиения видео на события сводит задачу к сравнению и поиску временных рядов;
- ▶ теорема о нечетких дубликатах видео;
- ▶ способ описания процесса обработки видео с помощью декларативного языка фильтров, пример приведён ранее — на рисунке;
- ▶ грамматика декларативного языка фильтров;
- ▶ алгоритм сегментации видео на основе сравнения скользящих средних оценок сигнала.

Содержание

1. Вводные

- 1.1 Онлайн-видео
- 1.2 Дубликаты

2. Зачем

- 2.1 Пираты
- 2.2 Рекомендации
- 2.3 Ранжирование
- 2.4 Группировка
- 2.5 Камеры
- 2.6 БПЛА

3. Поиск

- 3.1 Что такое видео
- 3.2 Схема
- 3.3 Сегментация
- 3.4 Признаки
- 3.5 Сигнатуры

4. Структура

- 4.1 Видео
- 4.2 Факты
- 4.3 Виды

5. Схема поиска

- 5.1 Начальные условия
- 5.2 Признаки
- 5.3 Одномерный случай
- 5.4 Сигнал
- 5.5 Аномалия

6. Пороги

- 6.1 Статический
- 6.2 Нормированный
- 6.3 Адаптивный

7. Сравнение средних

- 7.1 Динамичное видео
- 7.2 Спокойное видео

8. Алгоритм

- 8.1 iSAX
- 8.2 Поиск и индексация
- 8.3 Итог