



Распознавание и удаление субтитров

Юрий Бердников

Video Group
CS MSU Graphics & Media Lab



Содержание доклада

- Введение. Задача распознавания
- Обзор существующих методов распознавания
 - Сегментация кадра
 - Временная коррекция
- Обзор существующих методов удаления
 - Линейная интерполяция
 - Полиномиальная интерполяция
 - Метод среднего цвета соседей
 - Текущий метод Subtitle Remover
- Свои идеи
- Планы
- Список литературы



Введение

- Свойства субтитров
 - Наличие контура вокруг букв
 - Цвет субтитров, контура
 - Горизонтальность
 - Положение в кадре
 - Как правило, в нижней половине экрана
 - 1-2, реже 3 строки
 - Возможно, выравнивание по центру
 - Неподвижность
 - Постоянство высоты шрифта



Введение

Основная идея большинства алгоритмов сегментации видео – сегментация первого кадра с дальнейшим уточнением объектов во времени

Задача сегментации кадра

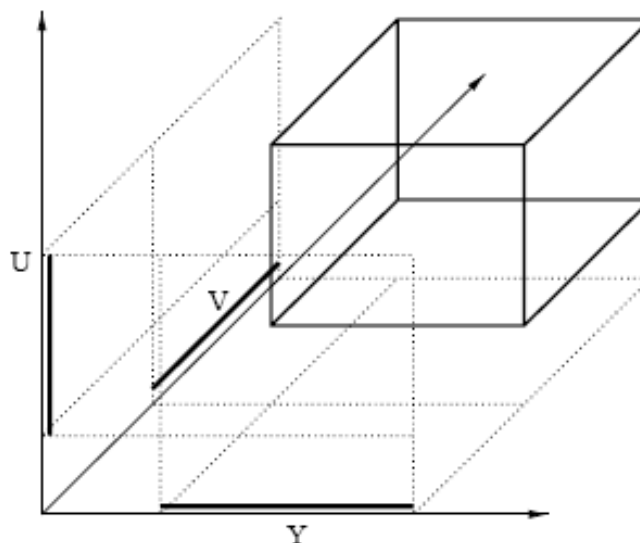
■ Типы алгоритмов сегментации

- Использующие только параметры, постоянные для всех субтитров – контрастность обводки, горизонтальность надписи, неподвижность.
 - (-)Медленные
 - (-)Больше вероятность ошибки
 - (+)Возможность определения неизвестных параметров субтитров
- Использующие дополнительные данные, полученные после начальной сегментации – цвет, положение, выравнивание, высоту шрифта.
 - (+)Быстрые
 - (+)Более точные
 - (-) Требуют дополнительных данных

Обзор существующих методов

Fast and cheap image segmentation for interactive robots

- RGB- \rightarrow YUV
- Разделение цветового пространства на небольшое количество классов
- Разделение пикселей на классы

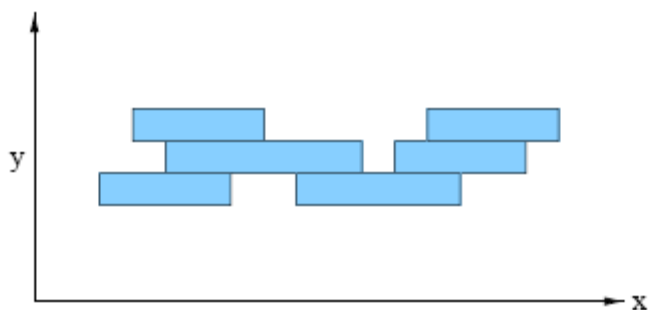


Visualization as Threshold in Full Color Space

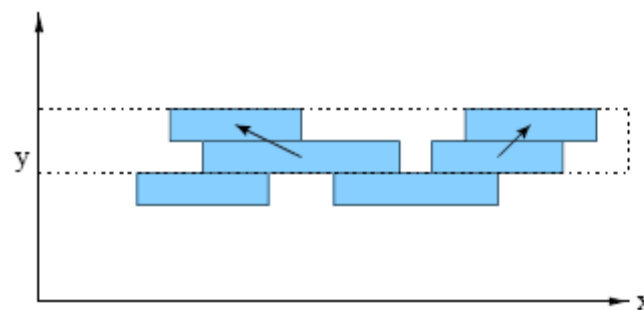
Обзор существующих методов

Fast and cheap image segmentation for interactive robots

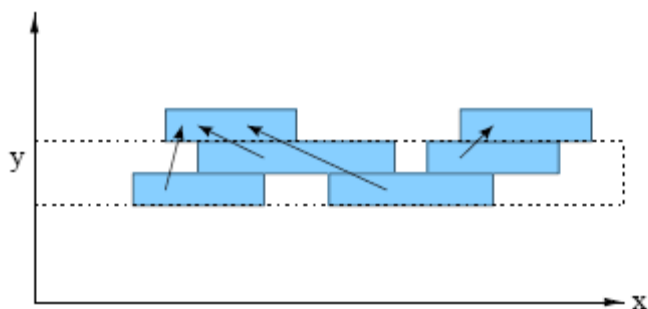
- RLE
- Объединение контактирующих цепочек в объекты



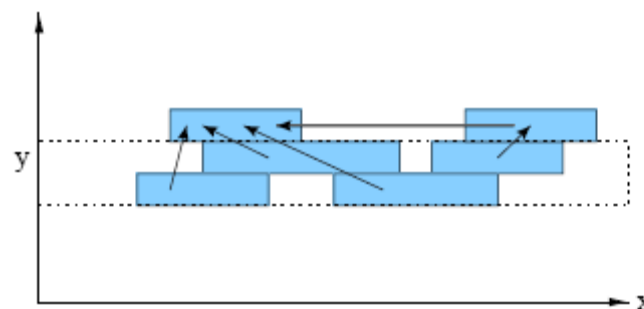
1: Runs start as a fully disjoint forest



2: Scanning adjacent lines, neighbors are merged



3: New parent assignments are to the furthest parent

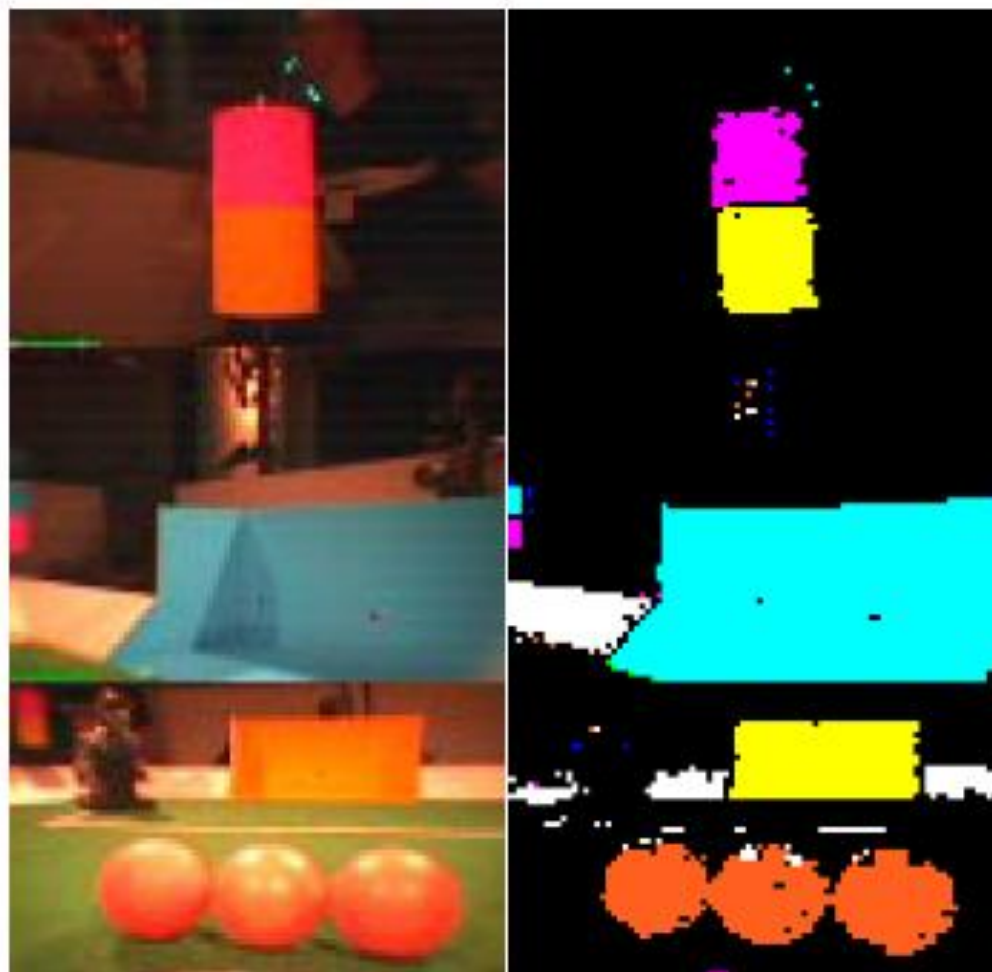


4: If overlap is detected, latter parent is updated

Обзор существующих методов

Fast and cheap image segmentation for interactive robots

- Результаты



Обзор существующих методов

Fast and cheap image segmentation for interactive robots

- **Преимущества**
 - Очень высокая скорость (160x120 60кадр/сек на 150MHz процессоре)
- **Недостатки**
 - Нужна информация о цвете
 - Большое число ошибок 2го
 - «Рваные» края сегментов, пропуск пикселей
- **Вывод**
 - Годится как второстепенный метод для проверки уже построенной маски

Обзор существующих методов

K-means image clustering method

- Идея: разбиение всех пикселей на K кластеров по цвету
- Алгоритм
 1. Выбираем произвольно K цветов $C_1..C_k$
 2. Для цвета каждого пикселя вычисляем, к какому из $C_1..C_k$ он ближе всего и причисляем его к кластеру N_i , соответствующему этому цвету
 3. цвет C_i меняем на средний из цветов пикселей кластера N_i
 4. повторяем 2,3 пока не достигнем заданного числа итераций либо цвета $C_1..C_k$ не перестанут меняться

Обзор существующих методов

K-means image clustering method

- Пример: разбиение изображения на $K=6$ кластеров



Обзор существующих методов

K-means image clustering method

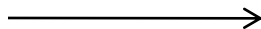
- **Достоинства**
 - Прост
 - Хорошо распараллеливается
- **Недостатки**
 - Необходимо задать кол-во кластеров
 - Многопроходность
 - Использует информацию только о цвете
- **Вывод**
 - Пригоден для начальной сегментации кадра

Обзор существующих методов

Edge-detection based algorithms

Edge-detection based algorithms

- Идея: Выделение границ на изображении



- Выделение объектов

Обзор существующих методов

Edge-detection based algorithms : Canny

- Алгоритм выделения границ:
 - Шумоподавление – размытие с помощью фильтра Гаусса

$$\frac{1}{115}$$

2	4	5	4	2
4	9	12	9	4
5	12	15	12	5
4	9	12	9	4
2	4	5	4	2

Figure 3 Discrete approximation to Gaussian function with $\sigma=1.4$

Обзор существующих методов

Edge-detection based algorithms : Canny

- вычисление градиента по X и Y

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

G_x

+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1

G_y

Обзор существующих методов

Edge-detection based algorithms : Canny

- Вычисление суммарного градиента: $|G| = |G_x| + |G_y|$. Если $|G| > \text{Threshold}$, данный пиксель объявляется границей.

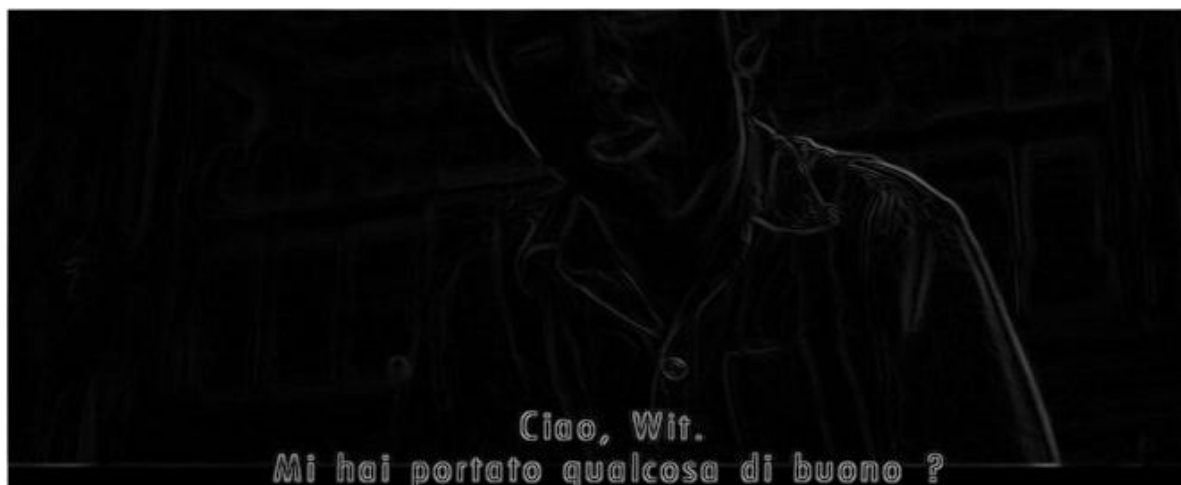
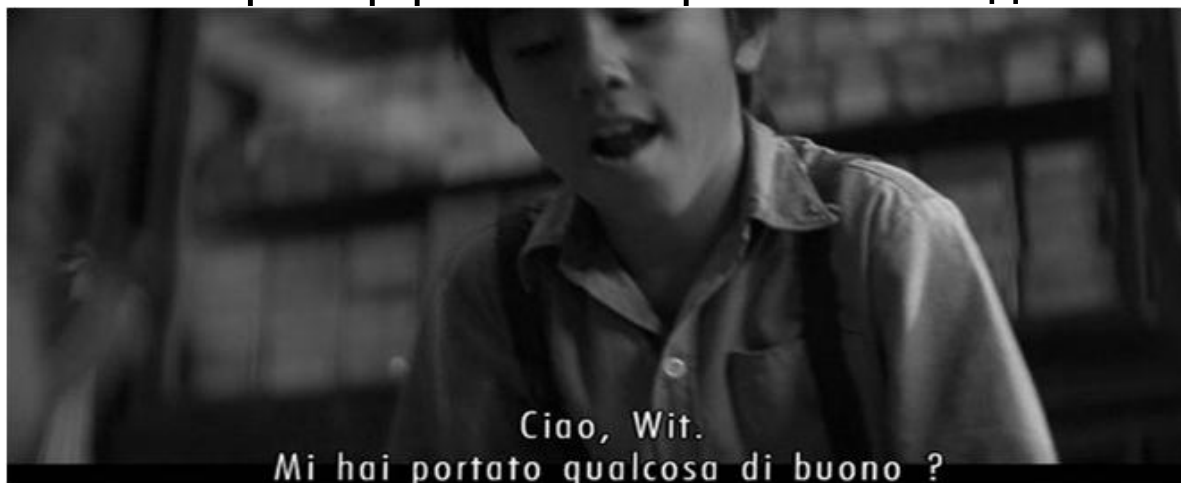
Результаты работы с различным порогом и параметрами размытия Гаусса



Обзор существующих методов

Edge-detection based algorithms : Canny

Пример работы на реальном видео



Обзор существующих методов

Edge-detection based algorithms : Canny

- Достоинства
 - Скорость
 - Гибкость
- Недостатки
 - Плохо работает на сильном шуме и блочности
- Вывод
 - Пригоден для начальной сегментации

Обзор существующих методов

Edge-detection based algorithms : Robert's cross

- Алгоритм:
 - Схож с алгоритмом Санны, но использует другие матрицы для выделения границ

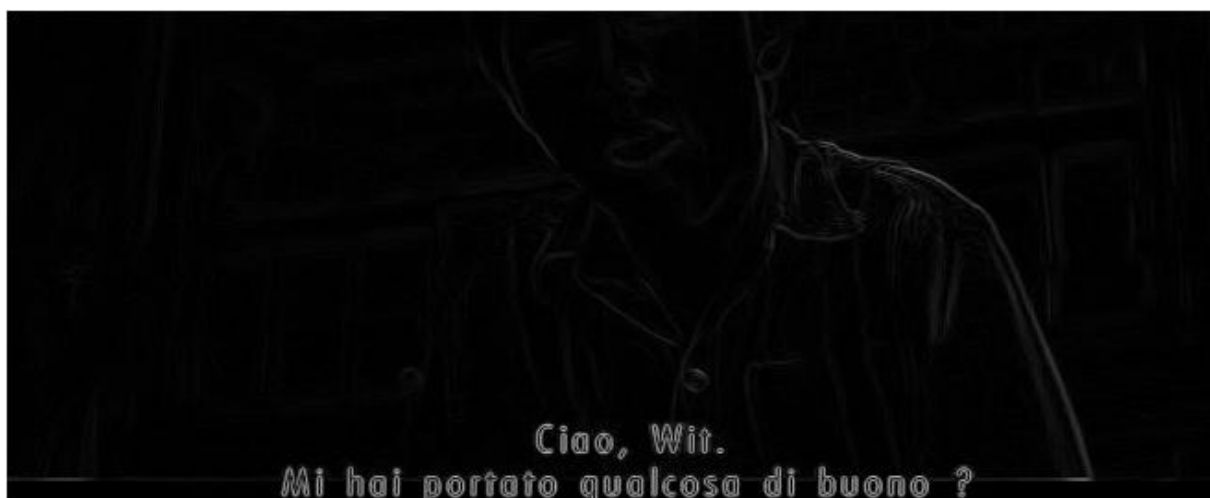
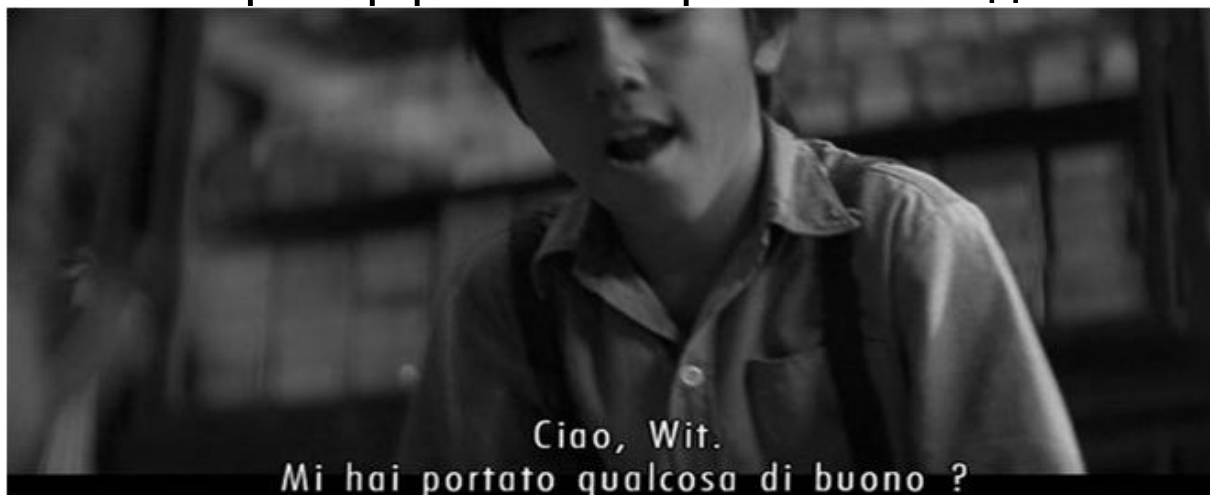
$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Обзор существующих методов

Edge-detection based algorithms : Robert's cross

Пример работы на реальном видео



Обзор существующих методов

Edge-detection based algorithms : Robert's cross

- Достоинства
 - Скорость
- Недостатки
 - Неустойчивость к шуму
 - Неудовлетворительная работа на малоразмерных кадрах
- Вывод
 - Может использоваться вместо canny при высоком разрешении

Обзор существующих методов

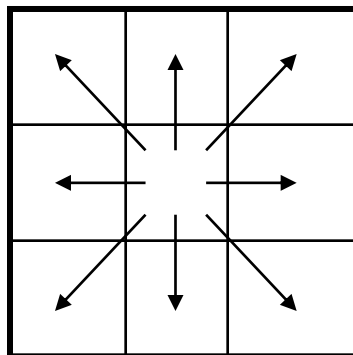
Edge-detection based algorithms : Area variation

■ Алгоритм:

- Шумоподавление
- Оценка соседей
- Поиск Min и Max
- если покомпонентная сумма разностей

$$diff = (R_{\max} - R_{\min}) + (G_{\max} - G_{\min}) + (B_{\max} - B_{\min})$$

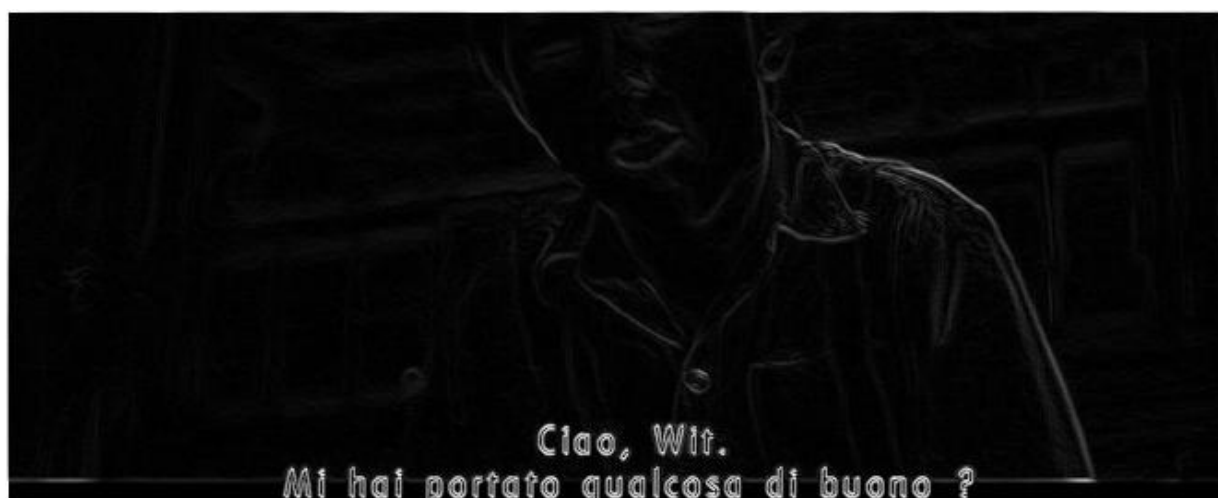
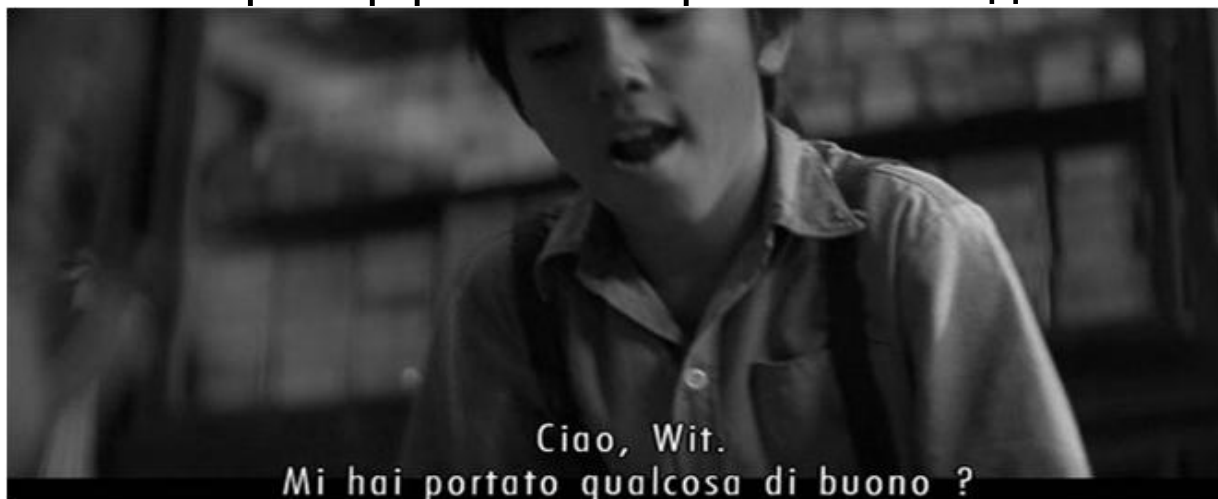
больше порога, то пиксель объявляется границей.



Обзор существующих методов

Edge-detection based algorithms : Area Variation

Пример работы на реальном видео



Обзор существующих методов

Edge-detection based algorithms : Area variation

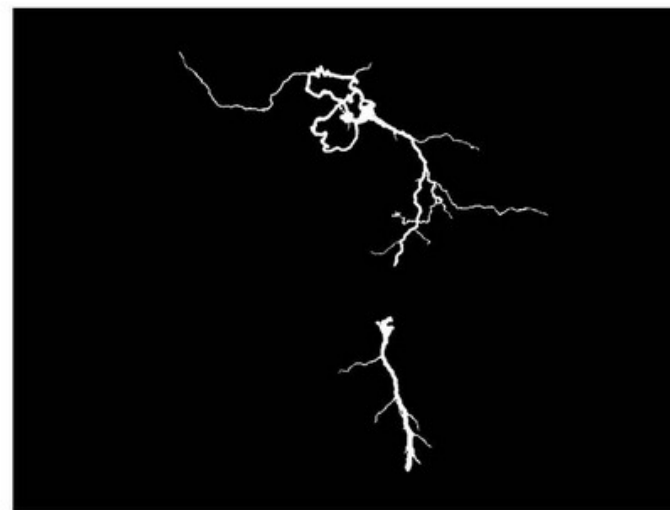
- Достоинства
 - Скорость
- Недостатки
 - Неустойчивость к шуму
 - Плохая работа на маленьких изображениях
- Вывод
 - Ограниченно применим для начальной сегментации

Обзор существующих методов

Region growing

■ Алгоритм:

1. Выбор точек роста
2. Обработка соседей
3. Переопределение точек роста
4. Повторять 2,3 пока есть хоть одна точка роста



Обзор существующих методов

Region growing

■ Достоинства

- Позволяет быстро выделить однотонный объект, если известна хотя бы одна из принадлежащих ему точек

■ Недостатки

- Медленный в общем случае
- Нуждается в начальном задании точек роста

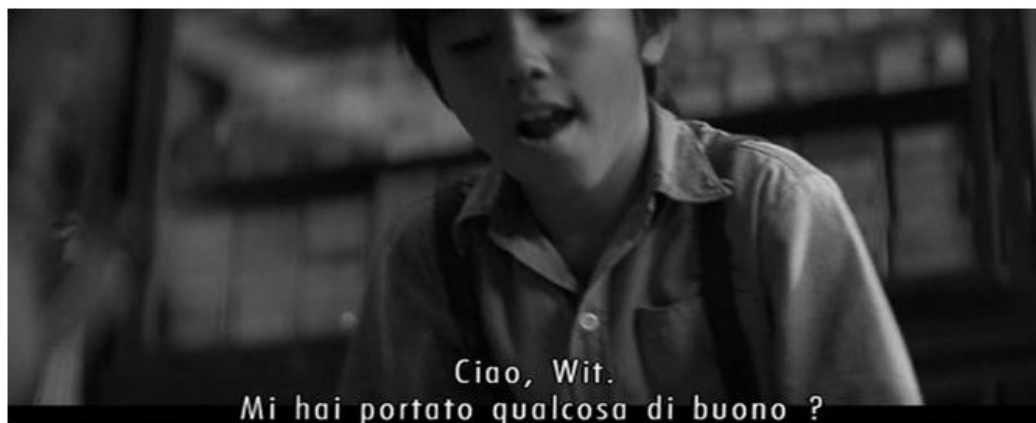
■ Вывод

- Можно применить для отслеживания движения объектов, выделенных другим алгоритмом

Обзор существующих методов

Histogram-based methods

- Построение гистограммы
- Разделение гистограммы
- Кластеризация пикселей



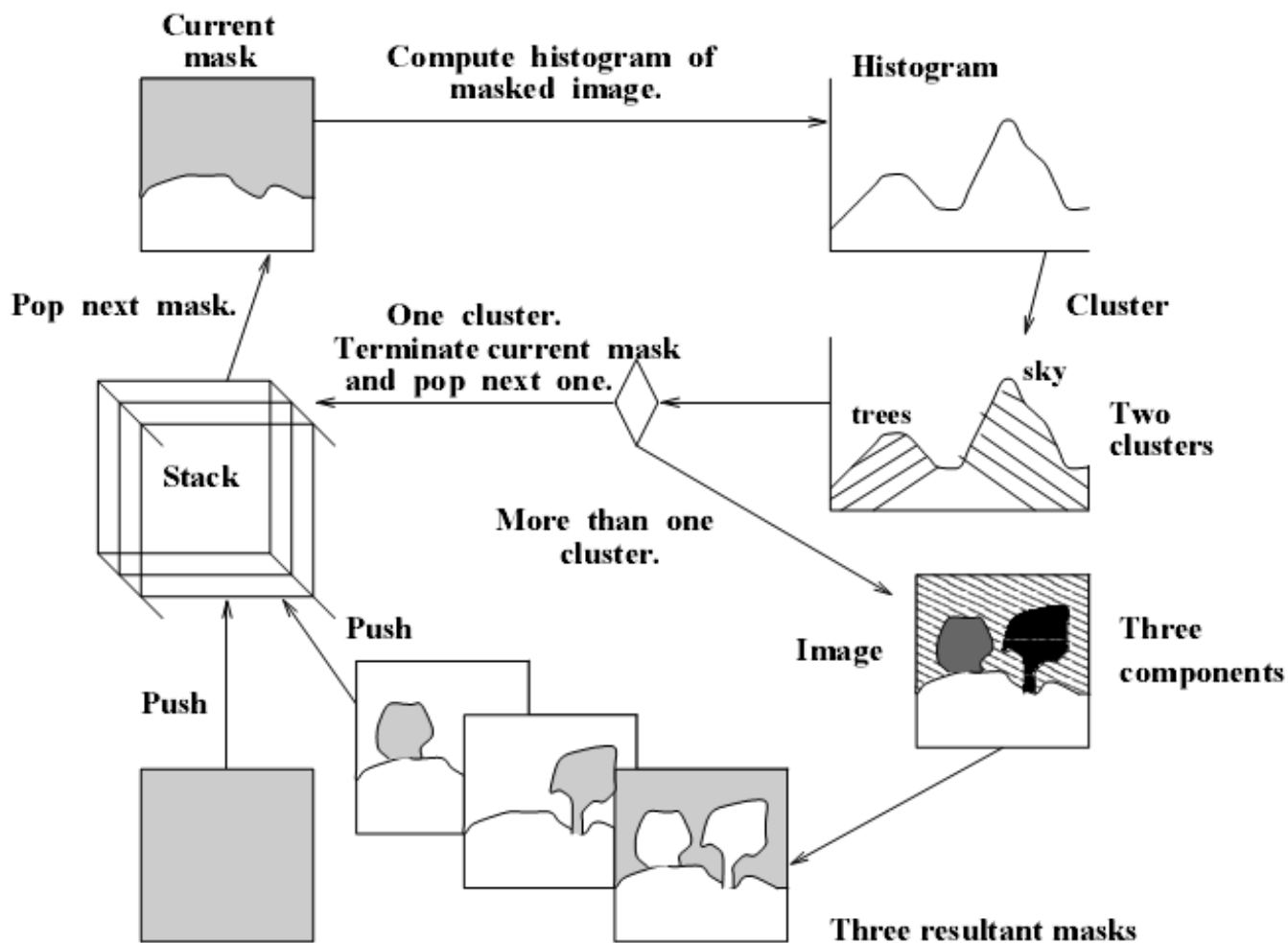
Обзор существующих методов

Histogram-based methods

- Достоинства
 - Скорость
- Недостатки
 - Плохо сегментирует мелкие регионы
- Вывод
 - В чистом виде не годится.

Обзор существующих методов

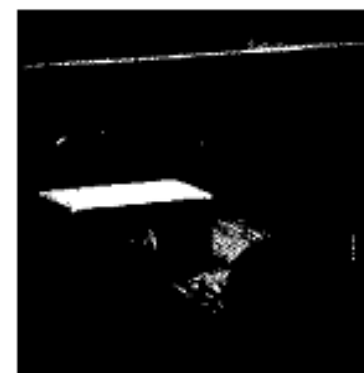
Histogram-based methods: улучшение метода



Обзор существующих методов

Histogram-based methods

- Пример работы



Обзор существующих методов

Histogram-based methods

- **Достоинства**
 - Хорошо сегментирует по цвету
- **Недостатки**
 - Сегментация только по цвету, без учёта остальных параметров
 - На видео плохого качества много ошибок
- **Вывод**
 - Ограниченно применим

Обзор существующих методов

Временная коррекция

- Уточнение найденных объектов
 - Оценка движения
 - Проверка на появление/исчезновение
 - Проверка на изменение размера

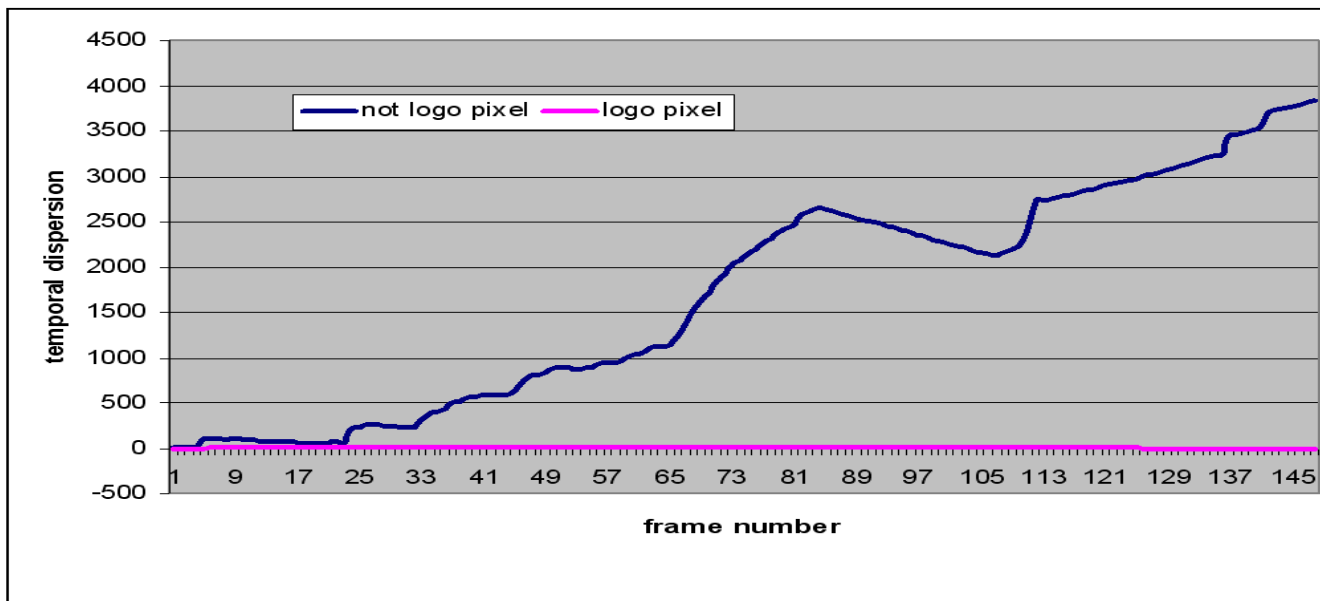
Обзор существующих методов

Текущий метод Subtitle Remover

■ Алгоритм:

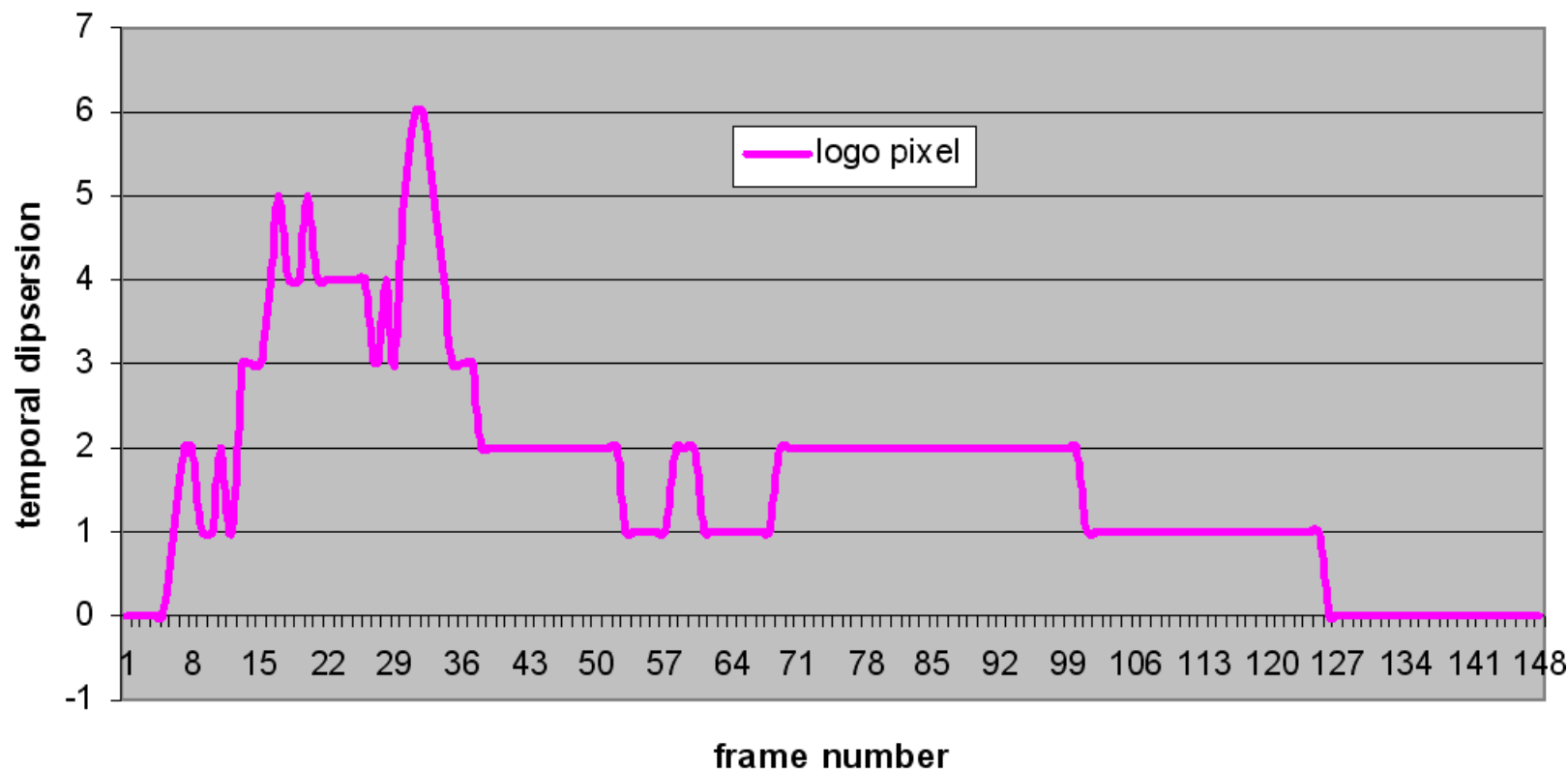
- Идея: вариация во времени Y-компоненты.
- Рассматриваем «дисперсию»:

$$F(x, y, T) = \sum_{t=2}^{t=T} (Y(x, y, t) - AVG(x, y, t-1))^2$$



Обзор существующих методов

Текущий метод Subtitle Remover



Обзор существующих методов

Текущий метод Subtitle Remover

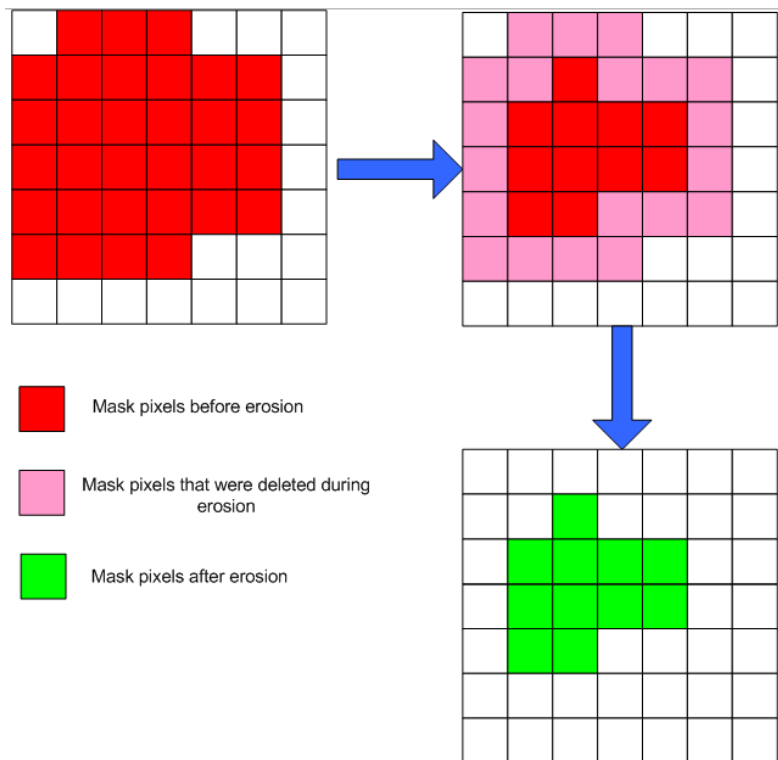
- Распознавание появления субтитров:
 - Обновление буфера кадров
 - Подсчет дисперсии пикселей для всех кадров буфера
 - Для каждого пикселя оценка кол-ва кадров с низкой дисперсией
- Распознавание исчезновения субтитров:
 - Оценка кол-ва изменившихся пикселей в маске субтитров

Обзор существующих методов

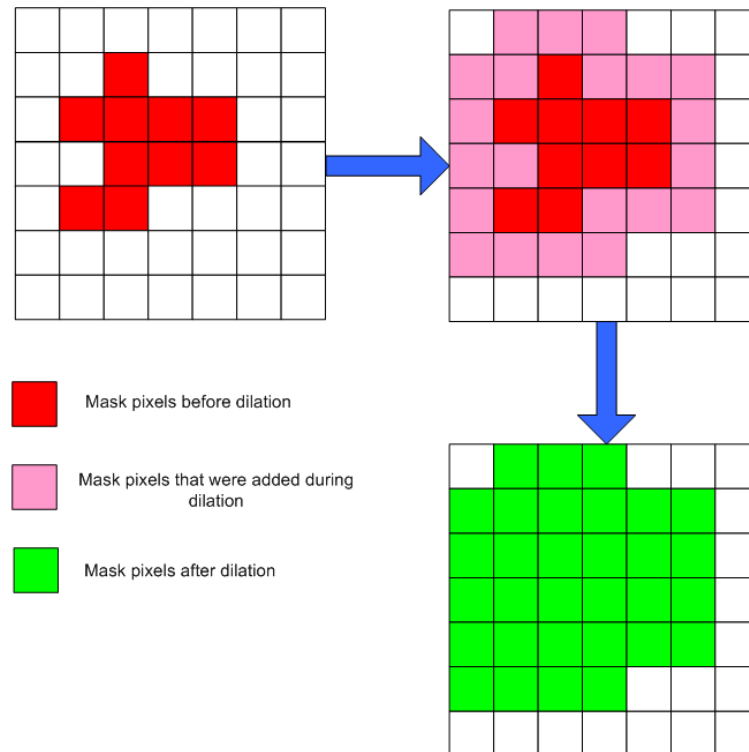
Текущий метод Subtitle Remover

- Дополнительная обработка маски

Erosion



Dilation



Обзор существующих методов

Текущий метод Subtitle Remover



Обзор существующих методов

Текущий метод Subtitle Remover

- **Достоинства**
 - Приемлемая скорость
- **Недостатки**
 - Недостаточная точность
 - Плохая работа на видео низкого качества
- **Вывод**
 - Надо дорабатывать

Обзор существующих методов

Линейная интерполяция

- Изображение рассматривается по столбцам
- Пиксели из маски считаются неизвестными
- Для каждой группы неизвестных рассматривается по известному соседу
- По этим двум соседям строится линейная функция
- Значения неизвестных пикселей определяем как значение этой функции в данной точке

Обзор существующих методов

Линейная интерполяция

■ Пример работы



Обзор существующих методов

Линейная интерполяция

- **Достоинства**
 - Очень быстрый алгоритм
- **Недостатки**
 - Плохая работа на видео низкого качества и видео с резкими границами
- **Вывод**
 - Пригоден для обработки HDTV

Обзор существующих методов

Полиномиальная интерполяция

- Изображение рассматривается по столбцам
- Пиксели из маски считаются неизвестными
- Для каждой группы неизвестных выделяем N известных соседей с каждой стороны
- По этим соседям строим полином
- Значения неизвестных пикселей определяем из значения полинома в данной точке

Обзор существующих методов

Полиномиальная интерполяция

- **Достоинства**
 - Хороший результат на хороших изображениях с плавными переходами
- **Недостатки**
 - Очень плохая работа на видео низкого качества и зашумлённом видео
- **Вывод**
 - Пригоден для обработки HDTV

Обзор существующих методов

Метод среднего цвета соседей

1. Для каждого неизвестного пикселя рассматриваем 8 соседних
2. если среди них более 4 известно, пикселю присваивается средний цвет известных соседей
3. повторяем 1,2 пока не заполним всё изображение

Обзор существующих методов

Линейная интерполяция

■ Пример работы



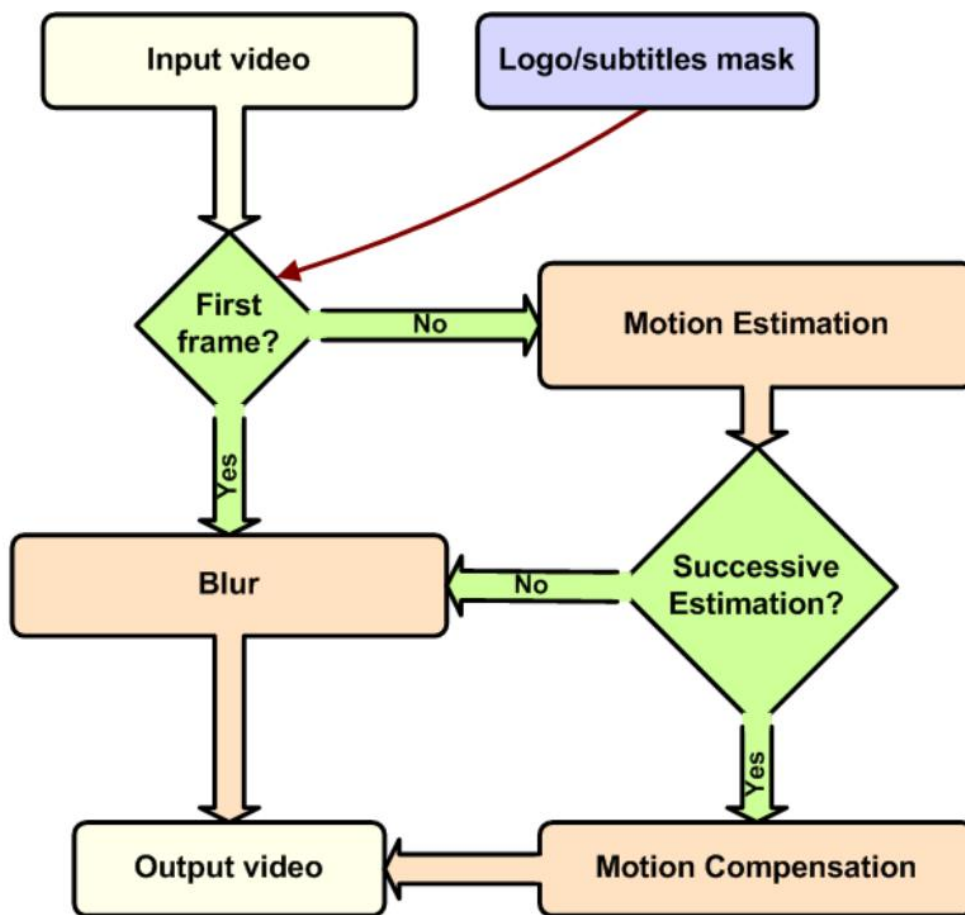
Обзор существующих методов

Метод среднего цвета соседей

- Достоинства
 - Мало чувствителен к шуму
- Недостатки
 - Характерные артефакты, неудовлетворительная работа на резких границах
- Вывод
 - Применим при небольших размерах заполняемой области

Обзор существующих методов

Текущий метод subtitle remover



Обзор существующих методов

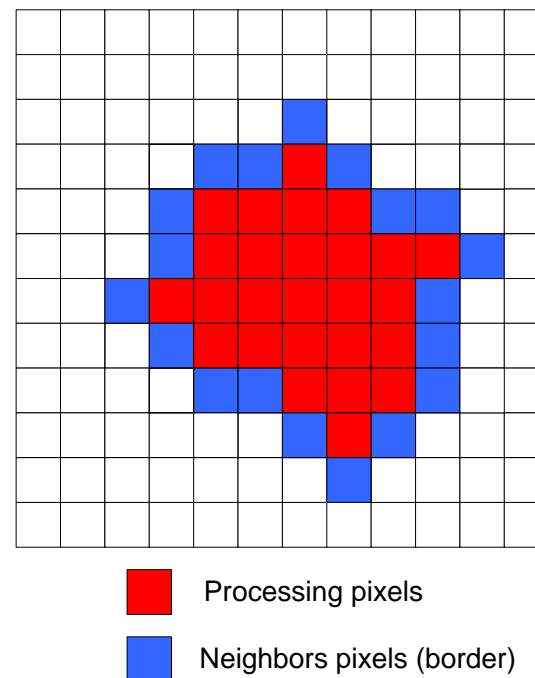
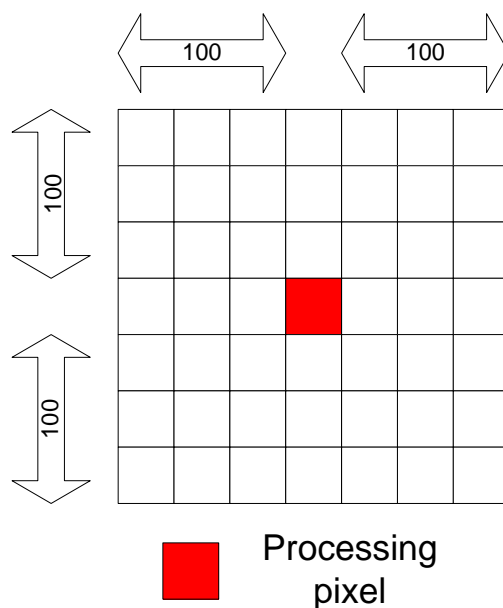
Текущий метод subtitle remover: Quality blur

$$Y = \sum_{\forall i: P_i \in \theta} \alpha_i Y_i$$

$$U = \sum_{\forall i: P_i \in \theta} \alpha_i U_i$$

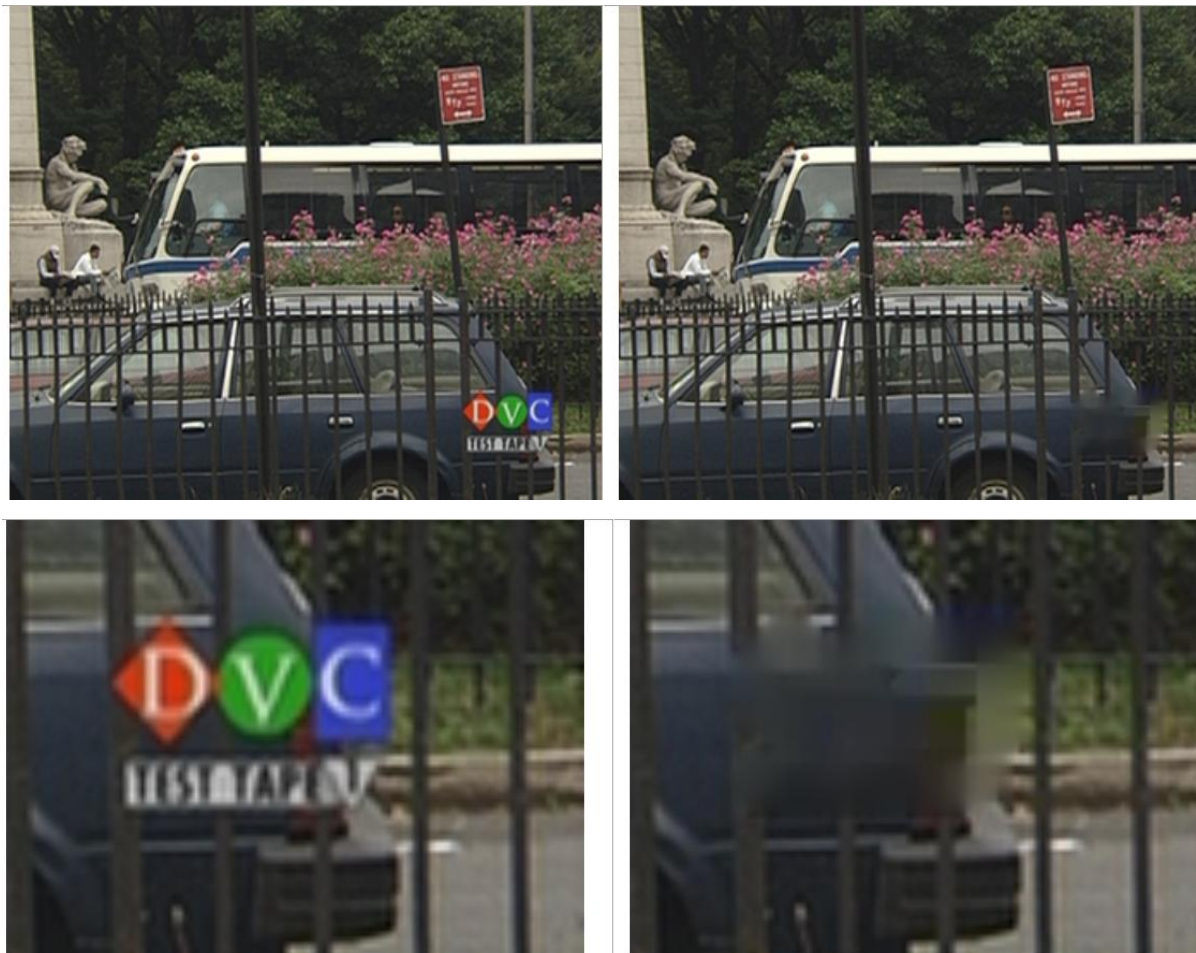
$$V = \sum_{\forall i: P_i \in \theta} \alpha_i V_i$$

$$\alpha_i = \frac{100}{(x_i + y_i)^{2.5}}$$



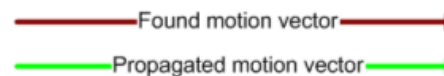
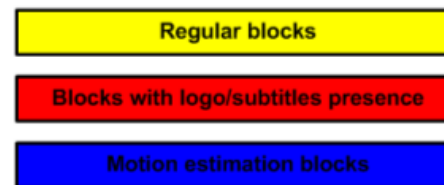
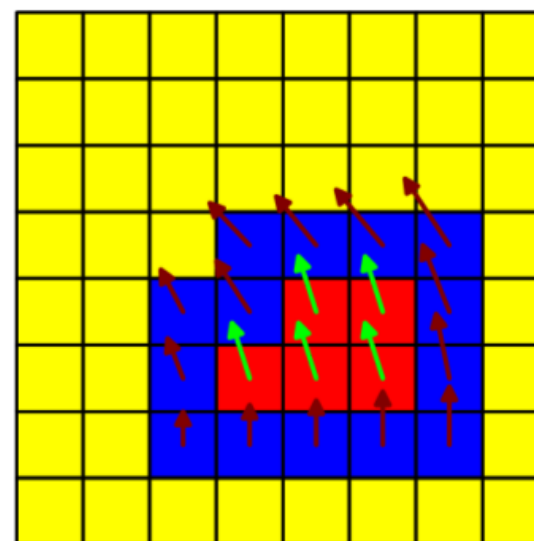
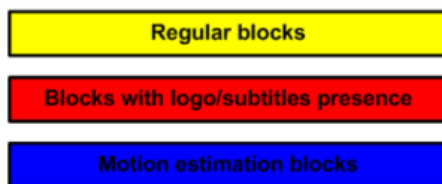
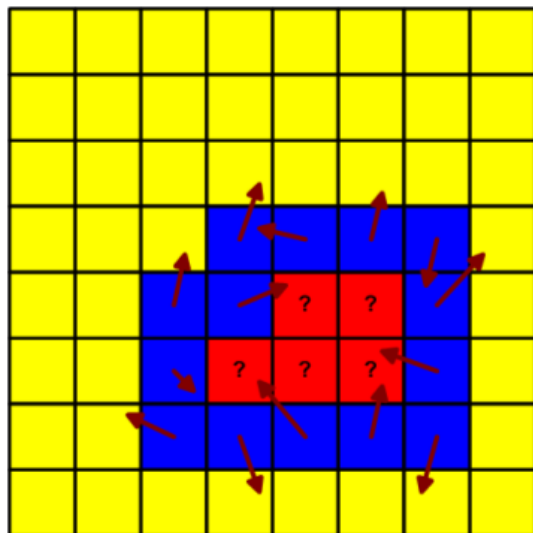
Обзор существующих методов

Текущий метод subtitle remover: Quality blur



Обзор существующих методов

Текущий метод subtitle remover: Motion compensation





Свои идеи

- Свойства субтитров
 - Наличие контура вокруг букв
 - Цвет субтитров, контура
 - Горизонтальность
 - Положение в кадре
 - Как правило, в нижней половине экрана
 - 1-2, реже 3 строки
 - Возможно, выравнивание по центру
 - Неподвижность
 - Постоянство высоты шрифта



Свои идеи

- 1) Совершенствование текущего алгоритма
 - Добавление вероятностных коэффициентов для пикселей
 - Кол-во других пикселей-кандидатов в строке
 - Расположение в нижней части кадра
 - Похожесть цвета на заданный
 - «Мягкая» оценка дисперсии
 - Автоматическое определение параметров субтитров
 - Цель – снижение ошибок, улучшение работы на видео низкого качества, более полная автоматизация



Свои идеи

- 2) Применение статической сегментации кадра
 - Разделение кадра на объекты
 - Фильтрация объектов по положению, цвету
 - Проверка объектов на неподвижность в последующих кадрах
- Цель – улучшение работы с нестандартными субтитрами, работа на сильном шуме низком качестве
- Потенциальные проблемы – низкая скорость работы



Свои идеи

- 3) Оценка уровня качества/шума и адаптивная подстройка
 - Использование с идеями 1) и 2)
- Цель-уменьшение ошибок 2 рода (невключение в маску пикселей субтитров)



Планы на ближайшее будущее

1. Детальное исследование работы имеющегося алгоритма и попытка его улучшить добавлением вероятностных характеристик
2. В случае невозможности улучшения – реализация другого алгоритма

Список литературы

- 1) *Demin Wang* **Unsupervised Video Segmentation Based on Watersheds and Temporal Tracking**
http://compression.ru/download/articles/video/1998_unsupervised_video_segmentation_based_on_watersheds_pdf.rar
- 2) *Chee Sun Won* **A Block-Based MAP Segmentation for Image Compressions**
http://compression.ru/download/articles/video/1998_a_block-based_map_segmentation_for_image_compressions_pdf.rar
- 3) *Joo-Hee Moon, Gwang-Hoon Park, Sung-Moon Chun, and Seok-Rim Choi*
Shape-Adaptive Region Partitioning Method for Shape-Assisted Block-Based Texture Coding
http://compression.ru/download/articles/video/1997_shape-adaptive_region_partitioning_method_for_shape-assisted_block-based_texture_coding_pdf.rar
- 4) *P. Salembier, and F. Marqueres*
Region-Based Representations of Image and Video: Segmentation Tools for Multimedia Services
http://compression.ru/download/articles/video/1999_region-based_representations_of_image_and_video_pdf.rar
- 5) *David R. Martin Charless C. Fowlkes Jitendra Malik*
Learning to Detect Natural Image Boundaries Using Local Brightness, Color, and Texture Cues 2004
<http://www.cs.berkeley.edu/~fowlkes/papers/mfm-pami-boundary.pdf>
- 6) *Mohammad Al-aqrabawi* **Human Skin Detection Using Color Segmentation 2000**
<https://courseware.vt.edu/users/abbott/5554/SkinReport.pdf>
- 7) *Ahmed Elgammal Ramani Duraiswami Larry S.Davis*
Efficient Non-parametric Adaptive Color Modeling Using Fast Gauss Transform 2001
<http://www.cs.umd.edu/users/elgammal/docs/colormodeling-cvpr01-postfinal.pdf>
- 8) *Ульд Ахмед Талёб Махфуд* **Комбинированные алгоритмы сегментации цветных изображений**
http://neuroface.narod.ru/files/mahfoudh_autoref.pdf
- 9) *Wladyslaw Skarbek* **Color Image Segmentation -- A Survey**
<http://imaging.utk.edu/~koschan/paper/coseg.pdf>
- 10) *Junqing Chen Thrasyvoulos N. Pappas*
Adaptive perceptual color-texture image segmentation
<http://www.research.ibm.com/people/a/aleksand/pdf/ip04.pdf>

Список литературы

- 11) *Zhuowen Tu Song-Chun Zhu* **Parsing Images into Regions, Curves, and Curve Groups**
http://www.stat.ucla.edu/~ztu/publication/ijcv_curve.pdf
- 12) *James Bruce Tucker Balch Manuela Veloso* **Fast and cheap color image segmentation for interactive robots**
<http://www.cs.cmu.edu/~trb/papers/wirevision00.pdf>
- 13) *Вадим Конушин Владимир Вежнев*
Методы сегментации изображений: автоматическая сегментация
<http://cgm.computergraphics.ru/content/view/147>
- 14) *Byung-Gyu Kim Jae-Ick Shim Dong-Jo Park*
Fast image segmentation based on multi-resolution analysis and wavelets
<http://www.loni.ucla.edu/twiki/pub/CCB/CcbBiologicalProjects/sdarticle.pdf>
- 15) *Eitan Sharon Achi Brandt Ronen Basri* **Fast Multiscale Image Segmentation**
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.6.8656&rep=rep1&type=pdf>
- 16) *Nicolas Forcadel Carole Le Guyader Christian Gout*
Generalized fast marching method: Applications to image segmentation
<http://cermics.enpc.fr/~forcadel/Publi/FGL.pdf>
- 17) *Antonio Criminisi Toby Sharp Andrew Blake* **Geodesic image segmentation**
http://research.microsoft.com/users/antcrim/papers/Criminisi_eccv2008.pdf
- 18) *Tapas Kanungo Byron Dom Wayne Niblack David Steele*
A fast algorithm for MDL-based multi-band image segmentation
<https://eprints.kfupm.edu.sa/17619/1/17619.pdf>
- 19) *Leo Grady* **Random walks for image segmentation**
<http://cns-web.bu.edu/~lgrady/grady2006random.pdf>
- 20) *Peter I. Corke Helen I. Anderson* **Fast image segmentation**
http://repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1883&context=cis_reports



Спасибо за внимание!

Вопросы?