

УДК 004.93'14

## Разработка метода распознавания модели автомобиля по видеозаписи

*Кабанов А.В., студент  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»*

*Научный руководитель: Тассов К.Л.  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[iu7@bmstu.ru](mailto:iu7@bmstu.ru)*

### Введение

С недавних пор на дорогах Москвы стали появляться камеры фото- и видео фиксации нарушений правил дорожного движения. На них, как на автоматизированные системы контроля, возложены многие функции, такие как контроль дорожной обстановки, выявление автомобилей, находящихся в розыске, и фиксация превышений скоростного режима.

В основе принципа идентификации нарушителя по видеозаписи лежит принцип распознавания государственного регистрационного знака(ГРЗ) транспортного средства. Однако не редки случаи установки подложного номерного знака с целью избежать ответственности, если ГРЗ находится в розыске, например, при угоне транспортного средства или разбойном нападении.

Возможность определять марку автомобиля по видеозаписи позволит выявлять случаи подлога регистрационного знака, а также решать большой круг аналитических задач, связанных с поиском и выявлением транспортных средств.

Одним из примеров является задача идентификации владельца транспортного средства при помощи камеры видео слежения, в случае, если не удастся полностью распознать ГРЗ. В это случае можно идентифицировать владельца, сделав выборку из федеральной информационной системы ГИБДД по маске распознанных букв номера и отфильтровав по распознанной модели транспортного средства.

В настоящее время существует множество программ для слежения за скоростным режимом, выездом за стоп-линию, или на выделенную полосу для движения

общественного транспорта, но все они основываются на идентификации нарушителей только на основе ГРЗ.

### Анализ предметной области

В настоящее время количество камер слежения за дорожной обстановкой в Москве насчитывается более 600 штук – ими оснащены все главные магистрали и большинство улиц города. В эксплуатацию постоянно вводятся новые камеры и выводятся старые, но схема расположения на дороге всех камер остается одинаковой. Они располагаются либо на ферме, по середине полосы движения (рисунок 1), либо на столбе, стоящем на обочине (рисунок 2).

В данном методе выгодней использовать видеозаписи, полученные с камер, расположенных по середине дороги, так как такое расположение уменьшает искажения и дает лучший результат при распознавании.

Такие камеры располагаются над каждой полосой движения на высоте от 6 до 9 метров, и направлены в противоположную сторону движения потока. Минимальная длина зоны контроля равна 6.5 метров, а минимальная ширина равна 2.5 метра.

Все современные машины имеют характерные детали, такие как капот, решетка радиатора, два крыла, две фары, лобовое стекло, бампер и так далее. Расположение этих элементов у всех автомобилей одинаковое, однако, они могут отличаться по форме, в зависимости от модели автомобиля. Назовем такие детали – характерными. Выделив такие характерные детали на распознаваемом изображении и сравнив их с имеющимися эталонными, можно определить меру схожести, что позволит распознать модель транспортного средства.

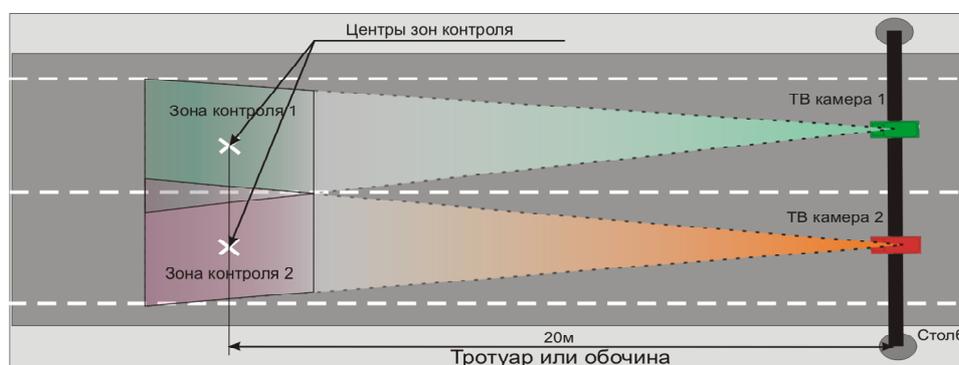


Рис. 1. Пример расположения камеры на ферме

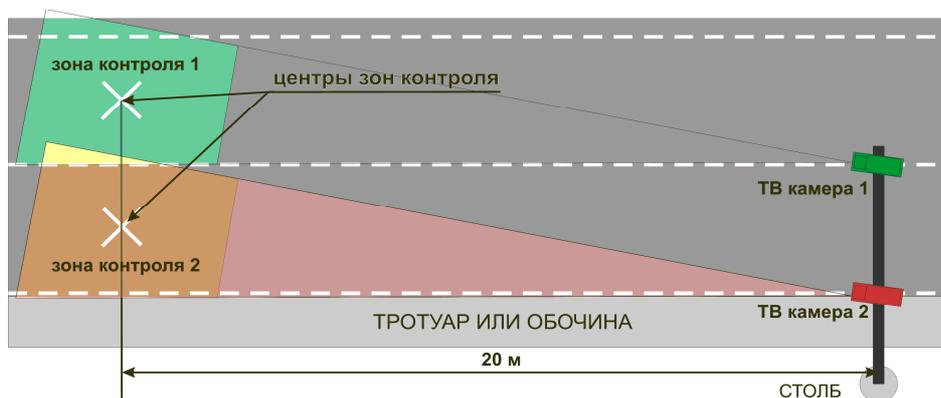


Рис. 2. Пример расположения камеры на столбе на обочине

Имея априорные знания о месте расположения этих деталей на машине, а так же владея информацией о схеме расположении камер на дороге, можно разработать алгоритм сегментации, адаптированный специально под распознавание модели транспортного средства, что позволит улучшить качество и точность распознавания.

Алгоритм распознавания можно разбить на следующие этапы:

- выявление движения в кадре;
- выбор наилучшего кадра;
- удаление фона;
- выделение краев и сегментация;
- идентификация характерных деталей автомобиля.

Входными данными для метода должны являться кадры изображения машин, полученных из видеозаписи с видеокамер слежения за дорожным движением, а так же база знаний, где содержится информация о моделях транспортных средств и информация о принадлежащих им характерным деталям. В результате работы алгоритма должна быть получена информация о модели распознаваемого транспортного средства, либо сообщение о невозможности распознавания.

### **Выделение движения в кадре**

Обнаружение факта наличия движущегося автомобиля в кадре является предварительной фильтрацией при обработке кадра видеозаписи. В случае отсутствия движения данный кадр не сегментируется, что позволяет значительно сэкономить вычислительные ресурсы.

Существуют различные подходы к обнаружению и выделению движущихся объектов в кадре. Одним из них является метод накопления и вычитания базового кадра. Рассмотрим его подробнее.

### **Метод фонового кадра**

Метод фонового кадра, для обнаружения наличия движущихся объектов, предлагает вычислять разность текущего кадра с некоторым кадром, который бы содержал исключительно неподвижные области фона (базовый кадр). Такой подход дал бы существенное увеличение вероятности обнаружить любой объект, как самый медленный, так и быстрый, причём именно в той точке, в которой он находился в данный момент. Иначе данный метод называется методом вычитания или сегментации фона.

Большой проблемой здесь является способ построения базового кадра, поскольку он должен обладать несколькими свойствами:

- если кадр представляет собой кадр реального изображения, он должен минимально отстоять по времени от текущего кадра;
- если базовый кадр подготавливается искусственно, он должен содержать минимальное количество движущихся элементов, иначе неизбежны ложные срабатывания на объекты, которых на текущем кадре уже нет;
- минимальный уровень шума. Перед обновлением базового кадра необходимо проводить фильтрацию.

Существует два подхода к построению базового кадра. Первый основан на кумулятивном его накоплении с использованием всех кадров потока. При таком способе построения базовый кадр неизбежно содержит элементы движущихся объектов, однако при вычислении разности между текущим и базовым кадром различия в интенсивности соответствующих пикселей, принадлежащих движущемуся объекту, всё же являются значительным и позволяют обнаружить движение. Плюсом такого способа является его простота. Однако при вычислении разности необходимо использовать дополнительные методы шумоподавления, поскольку порог сравнения в данном случае не может быть высоким (в силу специфики базового кадра). В противном случае движение будет просто упущено, а при небольших значениях порога маска движения будет неизбежно фиксировать большое количество пикселей шума.

Второй подход выглядит более интеллектуальным, поскольку при его использовании базовый кадр строится исключительно из неподвижных областей, взятых с каждого из текущих кадров. Для этого на входе алгоритма необходимо иметь выходные данные детектора движущихся объектов от обработки предыдущего кадра. Используя эту информацию, алгоритм помечает области, где на предыдущем кадре были обнаружены движущиеся объекты, после чего при попиксельном копировании текущего кадра в базовый пиксели помеченных областей пропускаются. Таким образом, базовый кадр никогда не содержит никаких элементов движущихся объектов, что достигается ценой сравнительно небольшого усложнения алгоритма.

Возможен и третий подход, основанный на обновлении базового кадра текущим в те моменты, когда на текущем кадре нет движения. Он подходит для случаев малоподвижных сцен.

### **Выбор наилучшего кадра**

При обработке видеозаписи важно выделить такой кадр, где распознаваемое транспортное средство занимает максимальную площадь кадра, то есть находится максимально внизу. Это обуславливается тем, что при этом расположении характерные детали наиболее различимы, что позволит сократить ошибки сегментации.

Так как вычислительно сложно заведомо предсказать положение автомобиля в следующем кадре, было принято решение использовать кадр, при котором автомобиль пересек бы фиксированную область в кадре. Для обнаружения факта пересечения автомобилем заданной области, предлагается производить сканирование по строкам снизу-вверх.

Важно заметить, что сканирование по строкам является вычислительно сложной операцией. Для увеличения быстродействия предлагается проводить сканирование кадра с уменьшенным разрешением

### **Выделение краев**

Резкое изменение яркости изображения интересно по нескольким причинам. Во-первых, такие резкие изменения чаще всего возникают на границах объектов — это может быть изображение светлого предмета на темном фоне или темного предмета на светлом фоне. Во-вторых, резкие изменения яркости часто бывают следствием изменения отражательной способности на достаточно характерных структурах — как полосы на

зебре или пятна на леопарде. Наконец, к резким изменениям яркости изображения также часто приводят резкие изменения ориентации поверхности.

Точки изображения, в которых яркость изменяется особенно сильно, часто называют краями или краевыми точками. Требуется связать краевые точки с границами предметов или другими значащими элементами.

### **Алгоритм Кэнни**

Алгоритм детектора границ Кэнни не ограничивается вычислением градиента сглаженного изображения. В контуре границы оставляются только точки максимума градиента изображения, а не максимальные точки, лежащие рядом с границей, удаляются. Здесь также используется информация о направлении границы для того, чтобы удалять точки именно рядом с границей и не разрывать саму границу вблизи локальных максимумов градиента. Затем с помощью двух порогов удаляются слабые границы. Фрагмент границы при этом обрабатывается как целое. Если значение градиента где-нибудь на прослеживаемом фрагменте превысит верхний порог, то этот фрагмент остается также «допустимой» границей и в тех местах, где значение градиента падает ниже этого порога, до тех пор, пока она не станет ниже нижнего порога. Если же на всем фрагменте нет ни одной точки со значением большим верхнего порога, то он удаляется. Такой гистерезис позволяет снизить число разрывов в выходных границах.

Шагами алгоритма Кэнни является:

- убрать шум и лишние детали из изображения;
- рассчитать градиент изображения;
- сделать края тонкими (edge thinning);
- связать края в контура (edge linking).

### **Сегментация и идентификация**

Каждый из алгоритмов сегментации имеет определенную область применения, которая зависит от входных данных, от требований для распознавания, от объемов вычислений и скорости принятия решений. Для каждой конкретной задачи нужно подбирать алгоритм, отвечающий необходимым требованиям. Тем не менее, данных алгоритмов сегментации недостаточно и требуется интеллектуальный анализ полученных областей для выявления отношений между фрагментами, например, использование

признаков формы. Понятно, что в зависимости от набора признаков можно получить ряд разбиений, наиболее оптимальное из которых будет определяться в соответствии с определенным набором решающих правил.

Всеми сегментируемыми объектами в данной работе являются автомобили различных марок и моделей. Все они имеют разный размер, цвет и форму, однако, и обладают общими конструктивными особенностями, используя которые можно существенно улучшить алгоритм сегментации.

Метод выделения характерных деталей транспортного средств будет состоять из следующих этапов:

- сегментация методом водораздела;
- поглощение внутренних сегментов;
- идентификация сегментов;
- морфологическое сглаживание характерных деталей.

### **Определение характерных деталей**

Для наглядности, отсегментируем характерные детали автомобиля на видеокадре с камеры слежения. Результат представлен на рисунке 3.

Выделенные детали имеют следующие конструктивные особенности:

- отсутствует пересечение характерных деталей;
- отсутствует наложение характерных деталей;
- на границе всех характерных деталей присутствует перемена цвета, обозначающая конструктивные зазоры между деталями.

Используя данные знания рассмотрим метод сегментации и способы улучшения алгоритма сегментации.



Рис. 3. Выделенные характерные детали автомобиля

### Метод водораздела

В сегментации методом водораздела рассматривается абсолютная величина градиента изображения как топографической поверхности. Пиксели, имеющие наибольшую абсолютную величину градиента яркости, соответствуют линиям водораздела, которые представляют границы областей. Вода, помещённая на любой пиксель внутри общей линии водораздела, течёт вниз к общему локальному минимуму яркости. Пиксели, от которых вода стекается к общему минимуму, образуют водосбор, который представляет сегмент. На начальном этапе нужно получить матрицу градиентов, как в случае с определением краев. Получится карта высот ландшафта. Чем резче границы, тем круче будут стены. Идея метода состоит в том, чтобы постепенно «наливать воду» в «ямы» и искать получившиеся «озера» (рисунок 4).

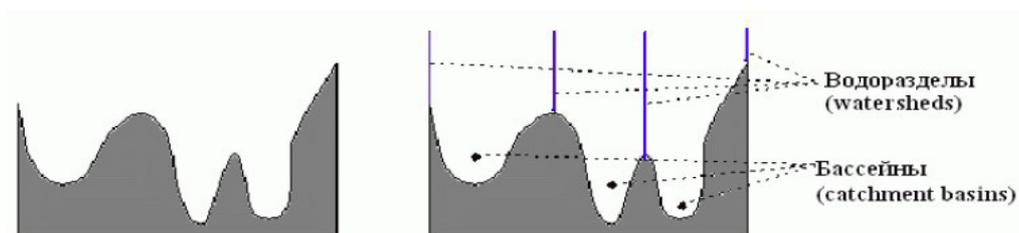


Рис. 4. Иллюстрация алгоритма водораздела.

На рисунке 4 слева — профиль интенсивностей изображения, справа — локальные минимумы определяют бассейны, локальные максимумы — линии водораздела.

Алгоритм водораздела дает множество небольших регионов. Хотя он и очень чувствителен к шуму, в результате своей работы он находит все локальные минимумы.

### **Морфологическое сглаживание**

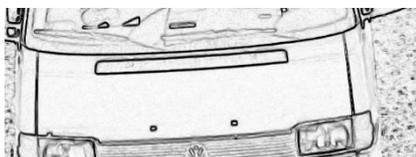
Сегменты, получающиеся в процессе построения, иногда могут иметь очень хаотичную структуру. Для их сглаживания используется морфологическое сглаживание. При его описании «соседними» для данного пиксела считаются его восемь соседей. Таким образом, у углового пиксела области  $U$  - три соседних, у пиксела на границе кроме угловых – 5 соседних, у внутренних - по 8 соседей.

Один шаг работы алгоритма морфологического сглаживания заключается в следующем. Перебираем все пиксеты по границе области  $U$ . Если очередной пиксел принадлежит сегменту  $i$ , а более половины его соседей - к сегменту  $j \neq i$ , то относим этот пиксел к сегменту  $j$ , в противном случае ничего не делаем. Таким образом, за один шаг мы перебираем все пиксеты на границе сегмента.

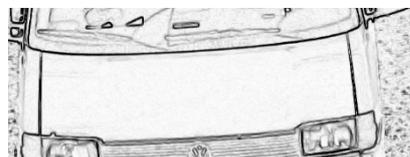
Применением морфологического сглаживания к данному сегменту будем называть результат последовательного выполнения описанных выше шагов алгоритма. Работа алгоритма прекращается, если на очередном шаге алгоритма сегментация не изменилась.

Хорошо известно, что описанный выше алгоритм морфологической сегментации закончит свою работу за конечное количество шагов, и дает хорошие результаты по сглаживанию сегментов.

### **Поглощение сегментов**



До выполнения шага



После выполнения шага

Рис. 5. Результат поглощения сегментов

При выполнении этого шага воспользуемся информацией о том, что никакая характерная деталь не накладывается и не пересекается с никакой другой.

При обнаружении одного сегмента внутри другого, оба сегмента объединяются в один. Этот шаг позволит избежать выделения деталей, не являющихся характерными, к примеру, форсунок омывателя ветрового стекла (рисунок 5), или избавиться от ошибок сегментации, связанных бликами солнца.

### **Свободные сегменты**

Так как характерной деталью автомобиля является самостоятельный конструктивный элемент, можно определить такой размер, меньше которого существование такого элемента было бы невозможно в силу своих конструктивных особенностей и требований к решающим задачам.

Не смотря на то, что минимальный размер детали может меняться в зависимости от ее типа, возможно выделить такой размер, меньше которого ни одна характерная деталь быть не может. Обозначим такой размер переменной *minSegmentSize*.

При обнаружении сегмента размером меньше *minSegmentSize*, можно сделать предположение о погрешности сегментации, либо о сегментировании детали, не являющийся характерной.

### **Идентификация**

Получив набор сегментов, необходимо связать множество характерных деталей с выделенными сегментами, другими словами, идентифицировать их.

Каждая характерная деталь имеет свои уникальные конструктивные особенности, рассмотрев которые мы будем иметь возможность однозначно отнести сегмент к той или иной детали.

В аналитическом разделе были выявлены характерные детали идентификации модели. Ими будут являться:

- капот;
- лобовое стекло;
- фары.

При расположении камеры на ферме по середине дороги, для идентификации, все детали можно отсортировать по занимаемой площади в порядке уменьшения. В этом случае отметим, что капот, лобовое стекло и крыша займут лидирующие позиции, хотя и

последняя не будет являться характерной деталью. Для идентификации капота и лобового стекла отсортируем первые три элемента списка по положению низшей точки сегмента. Очевидно, что согласно конструкции автомобиля, в отсортированном списке первыми двумя элементами будут являться капот и лобовое стекло соответственно.

Для идентификации фар, необходимо создать список из всех сегментов, расположенных ниже капота, размер которых больше, чем *minSegmentSize*. Упорядочив данный список сегментов по занимаемой площади, фарами головного света будут являться те сегменты, абсолютное значение разниц площадей у которых – минимальна.

### Экспериментальный раздел

По описанному методу было разработано программное обеспечение, позволяющее выделять характерные элементы автомобиля по видеозаписи. Для проведения эксперимента была взята видеозапись с камеры видео слежения, расположенная на ферме по середине полосы движения, аналогично схеме на рисунке 1, сделанное в светлое время суток, на которой зафиксировано 300 проезжающих автомобилей.

Был определен критерий корректности сегментации – отклонение границы сегмента от конструктивных зазоров детали не более, чем на величину *maxInaccuracyValue*. Значение данной величины было определено экспериментально, и было установлено в размере 1.3% от ширины транспортного средства. Кроме того, выносилось решение о невозможности сегментации элемента, если после проведения процедуры идентификации элемент не был найден.

Процент ошибок сегментации метода был подсчитан отдельно для каждой детали, результаты приведены в таблице ниже, показывающей оценку корректности сегментации.

	Сегментировано успешно, %	Сегментировано с ошибкой, %	Невозможность сегментации, %
Лобовое стекло	95%	5%	0%
Капот	96%	4%	0%
Фары	92%	6%	2%

Результаты эксперимента показали, что фары являются наиболее сложными элементами для сегментации, в то время как капот, и лобовое стекло – наиболее легкими. Это обуславливается соответствующими размерами обозначенных деталей.

#### Заключение

В данной статье были описаны алгоритмы для реализации метода распознавания модели автомобиля по кадру видеозаписи. Используя этот метод при постобработке видеок кадров, можно выделить характерные детали, а в дальнейшем - получить информацию о модели распознаваемого транспортного средства, что позволит лучше контролировать дорожную ситуацию, а в сочетании с алгоритмом распознавания номерного знака, позволит выявлять значительно большее количество нарушений.

Дальнейшими направлениями работы может являться сравнение выделенных элементов автомобиля с множеством уже известных и разработка экспертной системы для принятия решения об отнесении автомобиля к той или иной модели.

#### Список литературы

1. Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Бондаренко А.В., Ососков М.В. Моржин А.В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения. М.: Физматкнига, 2010. 689 с.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
3. Потапов А.А., Гуляев Ю.В., Никитов С.А. / Под ред. А.А. Потапова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008, 496 с.
4. Роджерс Д. Алгоритмические основы машинной графики. М.: Мир, 1989, 512 с.
5. Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю. Компьютерная обработка и распознавание изображений. СПб: СПбГУИТМО, 2008. 752 с.
6. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. М.: БИНОМ, 2006. 752 с.