

# Исследование классических и распределенных подходов для решения задачи детектирования транспортных средств

А.В. Попов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34А, Самара, Россия, 443086

**Аннотация.** В работе исследованы классические подходы к потоковой обработке видеоданных на основе различных алгоритмов. Рассмотрены распределенные подходы. Исследованы аналогичные пути решения задачи транспортной загруженности. Предложен модифицированный алгоритм детектирования транспортных средств.

## 1. Введение

В современном мире задача транспортной загруженности стоит особенно остро. Дорожно-транспортные происшествия, заторы (как следствие, загрязнение воздуха) – вот негативные факторы, влияющие на состояние транспортной ситуации. Решение задачи транспортной загруженности – очень сложная задача. Расширение транспортной инфраструктуры, увеличение размеров тротуаров и расширение автодорог, не может в полной мере разрешить дорожно-транспортную проблему в крупных населенных пунктах.

Современные исследования [1] уходят в разработки интеллектуальных транспортных систем [2], способных прогнозировать движение транспорта на основе мониторинга деятельности для выявления перегрузок на участке. Для лучшего понимания дорожной ситуации, все больше стали полагаться на наблюдение за потоком движения, который бы обеспечивал обнаружение транспортных средств на широкой территории.

Автоматическое обнаружение транспортных средств по данным видеонаблюдения является очень сложной проблемой в компьютерном зрении с важными практическими приложениями, такими как анализ трафика и безопасность. Видеокамеры являются относительно недорогим инструментом наблюдения. Однако просмотр большого объема данных, которые они генерируют, вручную зачастую нецелесообразно. Таким образом, алгоритмы анализа видео, не требующие человеческого вмешательства, могут оказаться куда более полезными.

Системы видеонаблюдения сосредоточены на фоновом моделировании, классификации и отслеживании транспортных средств. Увеличение доступности видеодатчиков и высокопроизводительного оборудования для обработки видео открывает интересные возможности для решения многих проблем понимания видеоданных, среди которых очень важны отслеживание транспортных средств и классификация целей.

Здесь стоит выделить два ключевых аспекта, связанных с отслеживанием движения трафика и распознаванием информации о произошедшем из видеопоследовательностей в режиме реального времени:

1. Видеоданные при проведении анализа должны быть последовательно сегментированы для выделения на них транспортных средств.

2. Поведение этих транспортных средств контролируется (отслеживается) для непосредственного принятия решений.

## 2. Технологии обнаружения и подсчета транспортных средств в видеопотоке

### 2.1. Общая схема алгоритма детектирования

Рассмотрим алгоритм распознавания транспортных средств исходя из данных, полученных с камеры наблюдения на участке магистрали.

Рисунок 1 дает представление о детектировании транспортного средства на видеопоследовательности.



**Рисунок 1.** Концептуальная модель системы обнаружения и подсчета транспортных средств.

Первый кадр рассматривается как эталонный. В качестве входных кадров берутся последующие кадры. Они сравниваются, а фон исключается. Если транспортное средство присутствует во входном кадре, оно будет сохранено. Обнаружение автомобиля отслеживается различными методами: адаптивным фоновым методом и методом анализа больших двоичных объектов [3].

В алгоритме адаптивного вычитания фона первый кадр используется в качестве фона для видеопотока [4]. Архитектура предложенного алгоритма показана на рисунке 2. Полученные видеоданные преобразуются в кадры. На первом этапе вычисляется разница между кадрами (кадры N и N+1). На следующем этапе эти различия сравниваются, а на третьем этапе исключаются пиксели, имеющие одинаковые значения в разнице кадров. Четвертый этап – это этап постобработки, выполняемый над изображением, полученном на третьем этапе, а пятый этап – обнаружение транспортного средства и регулировка области обнаружения автомобиля. На финальном этапе осуществляется подсчет объектов.



**Рисунок 2.** Схема алгоритма.

Общим подходом к обнаружению является извлечение заметных областей из видеопотока с использованием метода фонового моделирования. Проводится вычитание каждого изображения из фоновой сцены. Первый кадр используется как начальный фон и порог результирующего разностного изображения для дальнейшего определения изображения переднего плана. Транспортное средство представляет собой группу пикселей, которые движутся согласованным образом, либо в виде более светлой области на более темном фоне, либо наоборот. Часто транспортное средство может быть того же цвета, что и фон, из-за чего обнаружение становится более трудным.

После регистрации статических транспортных средств фоновое изображение вычитается из видеокadres для получения на переднем плане динамических транспортных средств. Здесь могут быть использованы разные алгоритмы, например, на основе смеси Гауссовских распределений [5,6]. Далее выполняется постобработка для уменьшения шума.

На этапе сегментации [7] изображения выполняются следующие шаги:

- Сегментация областей транспортных средств, представляющих интерес. Обнаружение областей, которые могут содержать неизвестный объект.
- На следующем шаге производится извлечение транспортных средств. Основная цель состоит в уменьшении данных путем измерения определенных объектов, которые различают входные шаблоны.
- На этапе финальной классификации на основе информации, представленной дескрипторами, объекту присваивается метка. Проводится исследование по математической морфологии операторов для сегментации серого изображения.

Всегда существуют помехи: нерегулярное движение объекта, шум и прочие факторы. Кроме того, границы транспортного средства зачастую нечеткие. Для регулировки изображения используются медианные фильтры, ответ которых основан на упорядочивании (ранжировании) пикселей, содержащихся в области изображения. После регулировки на выходе имеется двоичное изображение обнаруженного транспортного средства.

Отслеживаемое двоичное изображение формирует входное изображение для подсчета. Это изображение сканируется сверху вниз для обнаружения присутствия транспортного средства. Отслеживаются два счетчика: счетчик, который отслеживает количество транспортных средств и регистр-счетчик, который содержит информацию о зарегистрированном транспортном средстве. При обнаружении нового транспортного средства сначала проверяется, зарегистрирован ли он уже в буфере, если транспортное средство не зарегистрировано, то предполагается, что оно является новым транспортным средством и счетчик увеличивается, в противном случае он рассматривается как часть уже существующего транспортного средства и присутствие транспортного средства пренебрегается. Иногда из-за окклюзий два транспортных средства сливаются вместе и рассматриваются, как единое целое.

Есть три распространенных метода сегментации движения [2]. Это метод разности кадров, метод энтропии маски и метод оптической подачи. Метод разности кадров имеет меньшую вычислительную сложность, и его легко реализовать, но в целом он дает плохой результат по извлечению полных форм определенных типов движущихся транспортных средств. Адаптивное вычитание фона использует текущий кадр и эталонное изображение. Если разница между текущим кадром и опорным выше порогового значения, тогда объект рассматривается как движущийся. Метод оптической подачи может обнаружить движущиеся объекты даже когда камера перемещается, но ему нужно больше времени, в виду большей вычислительной сложности. Также метод чувствителен к шуму. Зона движения обычно кажется довольно шумной в реальных изображениях и оптическая оценка потока включает только локальные вычисления. Таким образом, метод оптического потока не может определить точный контур движущегося транспортного средства. Из приведенных выше оценок видно, что существуют некоторые недостатки в традиционных методах обнаружения движущихся транспортных средств.

## *2.2. Распределенные подходы*

Говоря о решении проблемы транспортной загруженности, нельзя не учесть масштаб решаемой задачи. В общем случае объем данных, получаемых с большого числа камер даже за короткий промежуток времени необычайно высок. При этом часть информации может быть бесполезна, другая – повреждена. Для решения в том числе и этих задач могут использоваться разные подходы [8]. Один из наиболее известных – серверный подход. Здесь аналитическая обработка данных выполняется централизованно на видеосервере, либо ПК, средствами CPU или GPU. Главное преимущество данного способа в том, что используемые мощности позволяют использовать иные алгоритмы обработки в дополнении к основным, чтобы улучшить результаты и при этом не ухудшить производительность системы. Другой подход заключается в распределенной обработке получаемых видеоданных сразу с камер видеонаблюдения. К примеру первичная обработка изображения выполняется прямо на камере видеонаблюдения, а более серьезная постобработка уже выполняется на сервере.

Привлечение распределенных подходов позволяет существенно улучшить результаты работы системы. Использование многопоточности решает проблему обнаружения объектов на кадре – применяются различные алгоритмы для детектирования транспортных средств, к примеру, объект может отслеживаться не только с помощью вычитания фона, но и по линии пересечения, либо с использованием определенных шаблонов для каждого типа объекта (грузовые, легковые, мотоциклы и прочее). Также использование различных шаблонов фона позволяет в значительной степени повысить качество результатов в случае плохой освещенности или плохих погодных условий, а также в разные времена года.

Стоит отметить, что в реальных условиях камера видеонаблюдения находится под воздействием внешних факторов (ветер, осадки), что сказывается на получаемой картинке. Распределенные подходы применяются также для стабилизации изображения, что оказывает существенное влияние на качество результирующих данных и производительность системы.

## *2.3. Использование геолокационных данных в решении задачи транспортной загруженности*

Кардинально иной подход в решении задачи транспортной загруженности может быть применен с использованием спутниковых систем слежения. Системы ГЛОНАСС и GPS позволяют с достаточно высокой точностью определять местонахождение транспортного средства, вычислять скорость его движения и прочие параметры, необходимые для анализа состояния дороги.

Эти системы используются, например, в сервисе Яндекс.Пробки [9]. Человек, находясь за рулём, использует навигатор, который дает сервису знание о местоположении автомобилиста. Анонимные данные об объекте приходят на сервера с периодичностью в несколько секунд. По последовательности точек составляется маршрут движения, определяется скорость транспортного средства. Информация с разных навигаторов на участке магистрали поступает в систему и обрабатывается. Далее алгоритм, в зависимости от результатов анализа, окрашивает участок дороги в тот или иной цвет, тем самым иллюстрируя, насколько загружена дорога. Пользователь в итоге получает карту пробок.

Стоит также отметить, что такие системы, как правило, всегда распределенные, чего требует обработка огромного потока данных. Процессы распараллелены на несколько рабочих серверов для увеличения производительности.

Очевидным преимуществом данного подхода является относительная дешевизна решения. В отличие от подхода с видеодетектированием, здесь не требуется тратить средства на техническое оснащение наблюдаемой области. Спутниковые системы сейчас очень активно используются, а информация от пользователей посредством навигаторов приходит «бесплатно». Остается лишь верно обработать полученные данные. Здесь бывают сложности. К примеру, на пустой дороге проехал один автомобиль с достаточно низкой скоростью. Система определит, что дорога загружена, так как будет иметь данные о низкой проходимости участка и низкой скорости движения. Другой пример – отслеживание транспортных средств при прохождении через участки, где спутниковое детектирование недоступно, например, в длинных тоннелях. В таких случаях алгоритм просто теряет пользователя, так как он

отсутствует слишком продолжительный промежуток времени. Ну и наконец разные типы транспортных средств могут негативно сказаться на вычислении пропускной способности (велосипедисты, мотоциклисты и т.д.), хотя эта проблема наименее значимая.

Использование же системы видеодетектирования в данном случае дает более точные результаты: тип средства определяется исходя из маски, камеры могут быть установлены в труднодоступных местах, где отсутствует связь со спутником, а проблема с неверным определением загруженности участка и вовсе не стоит – камера работает в режиме реального времени.

Рассмотренные «неинвазивные» подходы [10,11] (не предполагающие вмешательство в дорожное покрытие) сейчас выглядят более предпочтительными. Однако стоит упомянуть также об «инвазивных» подходах, к которым относятся:

- Индуктивные детекторы [12,13],
- Пневматические дорожные каналы [14],
- Пьезоэлектрические сенсоры [11].

В настоящей работе рассматривается решение задачи детектирования транспортных средств.

### 3. Алгоритм детектирования транспортных средств

Типичной проблемой классических алгоритмов являются окклюзии. Основываясь на известных подходах в данной работе предложен другой способ для отслеживания, так называемый метод сканирования с помощью матрицы. Данный метод позволит улучшить результаты, определять транспортное средство с большей вероятностью.

Метод состоит из двух этапов. На первом матрица выходного изображения сканируется горизонтально, начиная с первого координатного значения по оси X, суммируются пиксельные значения в соответствующем столбце. Значение координат по оси X увеличивается на единицу и вычисляется общее пиксельное значение в следующем столбце. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет найдено последнее значение в направлении X. В результате вычисляются общие пиксельные значения каждого столбца. Каждое общее значение сравнивается с определенным пороговым значением, чтобы определить координату X, где транспортное средство начинается или заканчивается в пределах изображения. На втором этапе метод горизонтального сканирования повторяется вертикально, таким образом, вычисляя общее значение пикселя в каждой строке, а затем применяя пороговое значение для определения координат Y, где транспортное средство начинается или заканчивается в пределах изображения. Фоновое изображение, содержащее транспортное средство, однородно, так как оно уже установлено в белый или черный цвет в конце первой фазы. Кадры представляются в черно-белом формате – бинарное изображение, по которым происходит обнаружение объекта. Отслеживаемое бинарное изображение формирует входное изображение для подсчета. Изображение сканируется сверху вниз для обнаружения присутствия транспортного средства.

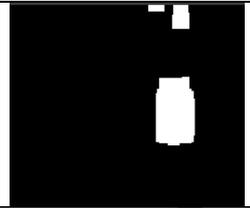
### 4. Результаты эксперимента

В таблице 1 представлены результаты работы алгоритма. Показан входной кадр, его бинарная адаптация, по которой определяется область движущегося объекта.

На рисунке 3 представлен интерфейс системы, использующий описанный выше алгоритм для детектирования транспортных средств.

Проведенные тесты в условиях хорошей освещенности показали хорошую работоспособность алгоритма – в 90% случаев транспортное средство детектируется корректно, в 10% случаев происходили окклюзии. Однако сторонние факторы оказывают влияние на работу алгоритма. Например, результаты ухудшаются в темное время суток или во время дождя. Решения этих задач планируется достичь комбинированием классических подходов с распределенными.

**Таблица 1. Результаты детектирования.**

№	Входной кадр	Бинарное изображение	Обнаружение
1			
2			
3			



**Рисунок 3. Интерфейс системы.**

**5. Заключение**

В работе рассмотрена система, позволяющая решать задачу транспортной загруженности магистрали на основе данных видеонаблюдения. Предложена модификация базового алгоритма детектирования транспортных средств. Рассмотрены распределённые подходы, которые применяются для улучшения производительности и точности работы системы. Также рассмотрены иные подходы, применяющиеся для решения поставленной задачи.

Отмечается, что подход видеодетектирования объектов обладает рядом преимуществ, которые позволяют покрыть недостатки иных подходов. Однако существенным недостатком выглядит количество требуемого оборудования. Для минимизации затрат и повышения качества системы могут быть использованы комбинированные подходы.

## 6. Литература

- [1] Ha, S. Improved Vehicles Detection & Classification Algorithm for Traffic Surveillance System / S. Ha, L.H. Pham, H.M. Tran, P. Ho // Journal of Information Assurance and Security. – MIR Labs, USA, 2014.
- [2] Tsai, Y.M. An intelligent vision-based vehicle detection and tracking system for automotive applications / Y.M. Tsai, C.C. Tsai, K.Y. Huang, L.G. Chen // Proceedings of the IEEE International Conference on Consumer Electronics, 2011. – 113-114.
- [3] Toufiq, P. A Framework for Feature Selection for Background Subtraction / P. Toufiq, A. Egammal, A. Mittal // Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2006. – Vol. 2. – P. 1916-1923.
- [4] Stauffer, C. Adaptive back-ground mixture models for real-time tracking / C. Stauffer, W.E.L. Grimson // Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 1999. – Vol. 2. – P. 252.
- [5] Monnet, A. Background modeling and subtraction of dynamic Scenes / A. Monnet, A. Mittal, N. Paragios, V. Ramesh // Proceedings of the Ninth IEEE International Conference on Computer Vision. – 2003. – Vol. 2. – N. 1305.
- [6] Sun, J. Back-ground Cut / J. Sun, W. Zhang, X. Tang, H.Y. Shum // ECCV'06, Lecture Notes in Computer Science, 2006. – N 3952.
- [7] Shotton, J. Contour-based Learning for Object Detection / J. Shotton, A. Blake, R. Cipolla // Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Computer Vision. – 2005. – Vol. 1. – 503-510.
- [8] Интеллектуальные системы видеонаблюдения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://video-praktik.ru/st\\_intellektualnoe\\_videonabljudenie.html](http://video-praktik.ru/st_intellektualnoe_videonabljudenie.html) (6.11.2017).
- [9] Как работают Яндекс.Пробки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yandex.ru/company/technologies/yaprobki> (13.11.2017).
- [10] Traffic counting methods [Electronic resource]. – Access mode: <http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch9en/meth9en/ch9m2en.html> (13.11.2017)
- [11] A summary of vehicle detection and Surveillance Technologies used in Intelligent Transportation Systems [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/pubs/vdstits2007/vdstits2007.pdf> (15.11.2017)
- [12] Marsh Products, Inc. [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.marshproducts.com> (15.11.2017).
- [13] RAI Products [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.raiproducts.com/vehicle-detection-systems.html> (16.11.2017).
- [14] International Road Dynamics Inc. [Electronic resource]. – Access mode: [http://www.irdinc.com/products/sensors\\_accessories/on\\_road\\_sensors/](http://www.irdinc.com/products/sensors_accessories/on_road_sensors/) (16.11.2017).

# Research of classical and distributed approaches to solve the problem of detecting

A.V. Popov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Samara National Research University, Moskovskoye shosse, 34, Samara, Russia, 443086

**Abstract.** The article examines classical approaches to streaming video data based on different algorithms. Considered distributed approaches. Researched similar solutions to the problems of transport congestion. Presents the modified algorithm for the detection of vehicles.

**Keywords:** streaming video, object detection, transport congestion problem, video surveillance, distributed technologies, image processing, data science.