

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ АЛГОРИТМА ВИДЕО-РАСПОЗНАВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА БАЗЕ МЕТОДА ВИРТУАЛЬНЫХ ДЕТЕКТОРОВ

И.А. Кутейников

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
Россия, 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64
E-mail: ivankuteynikov09@gmail.com

Ключевые слова: метод виртуальных детекторов, алгоритмы компьютерного зрения, характеристики транспортных потоков, оптимизация частоты кадров, вычислительная сложность, анализ данных.

Аннотация: В работе представлена работа метода виртуальных детекторов для видео-распознавания характеристик транспортных потоков, таких как интенсивность, плотность и средняя скорость. Этот метод позволяет проводить более гибкое и адаптивное аналитическое исследование, а также оптимизировать использование ресурсов. Кроме того, исследуется оптимизация вычислительной сложности алгоритма видео-распознавания, необходимая для повышения точности и скорости работы, что позволяет существенно снизить нагрузку на вычислительные ресурсы и обеспечить точность и оперативность распознавания даже при сниженной частоте обработки. В работе представлена система мониторинга динамики транспортных потоков на базе метода виртуальных детекторов - «ViDeS» (Virtual Detectors System) для которой проведен анализ эффективности распознавания в зависимости от частоты кадров. Разработанное программное обеспечение позволяет повысить эффективности управления транспортными потоками и оптимизацию логистических процессов в промышленных комплексах.

1. Введение

Автоматизация является неотъемлемой частью современной жизни, позволяя делать повседневные задачи более управляемыми. Одним из наиболее эффективных способов автоматизации задач является использование видео камер, которые становятся все более совершенными, и могут выполнять широкий спектр функций, включая распознавание изображений и видео [1].

Однако, несмотря на прогресс, достигнутый в аппаратном и программном обеспечении камер, все еще существуют проблемы, когда дело доходит до автоматизации задач распознавания.

В большинстве задач распознавания используются стационарные камеры. Основные различия заключаются в условиях, в которых прибывает захватываемая область – сцена. К примеру, на производстве, когда имеется возможность унифицировать угол съемки, освещенность, типы детектируемых объектов и модели камеры, задача распознавания становится довольно тривиальной.

Когда же задача включает в себя распознавание в динамически меняющихся условиях, не позволяющих однозначно определить оптимальные параметры для всех

возможных сценариев, в этих случаях требуется разработка специализированного программного обеспечения. В частности, одной из проблем является то, что различные камеры работают с разной частотой кадров, что может повысить нагрузку на систему и затруднить точное распознавание объектов и деталей в режиме реального времени.

Эта проблема особенно актуальна при распознавании транспортных потоков, когда камеры используются для мониторинга дорожного движения и получения таких характеристик как интенсивность, плотность и средняя скорость. Разница в частоте кадров может привести к неточным показаниям, что может иметь серьезные последствия для систем управления дорожным движением [2].

Для преодоления этой проблемы были реализованы подходы для анализа данных и адаптации к изменяющейся частоте кадров, обеспечивающие точность распознавания. Они интегрированы в разработанную систему мониторинга динамики транспортных потоков на базе метода виртуальных детекторов - «ViDeS» (Virtual Detectors System) [3].

В работе рассмотрены проблемы автоматизации задач с использованием видеоданных с разной частотой кадров и способы их решения, которые были разработаны для повышения точности распознавания.

2. Повышение производительности в задачах распознавания

Задачи распознавания видео требуют больших вычислительных ресурсов из-за большого объема данных, которые необходимо обрабатывать в режиме реального времени. Видеокадры должны быть проанализированы и интерпретированы для выявления паттернов или объектов, что требует значительных вычислительных мощностей.

Чтобы уменьшить потребление вычислительных ресурсов, необходимых для задач распознавания по видеоданным, можно применить несколько стратегий:

1. Уменьшить разрешение видео.
2. Уменьшить частоту кадров видео.
3. Использовать специализированное оборудование.
4. Использовать методы сжатия данных.
5. Внедрять эффективные алгоритмы.
6. Использовать распределенные вычисления.

В рамках работы подробно исследуется второй подход. Частота кадров (frame rate) или FPS (Frames Per Second) - это количество кадров, снимаемых камерой в секунду. Хотя в задачах распознавания обычно предпочтительна более высокая частота кадров, существуют ситуации, когда более низкая частота кадров может быть выгодна. Одним из основных преимуществ использования видео с более низкой частотой кадров является уменьшение объема данных, которые необходимо обработать, что может привести к ускорению обработки и снижению потребности в ресурсах.

Кроме того, при использовании более низкой частоты кадров требуется меньше пропускной способности канала передачи данных и места для хранения, что может привести к снижению затрат и более эффективному использованию вычислительных ресурсов.

3. Метод виртуальных детекторов

Метод виртуальных детекторов основан на анализе видеоданных, получаемых со стационарных камер наблюдения, и извлечении соответствующих характеристик транспортных потоков, таких как интенсивность, плотность и средняя скорость

движения. Процесс включает в себя несколько основных этапов, в том числе обнаружение, отслеживание и анализ данных. Алгоритмы компьютерного зрения позволяют идентифицировать и отслеживать транспортные средства на видеокдрах, что дает возможность точно оценить характеристики транспортного потока [4].

Одним из ключевых преимуществ метода виртуальных детекторов является его масштабируемость. Имеющаяся инфраструктура видеонаблюдения может быть перепрофилирована для мониторинга дорожного движения путем внедрения необходимых программных алгоритмов. При этом отпадает необходимость в установке дополнительного оборудования и снижаются сопутствующие расходы. Кроме того, метод виртуальных детекторов обеспечивает гибкость в настройке мест и параметров мониторинга, что позволяет инженерам по организации дорожного движения адаптироваться к изменяющимся условиям движения и требованиям [5].

Виртуальные детекторы размещаются на заданном видеокadre. Детектор - это прямоугольная область на изображении, которая используется для регистрации и накопления цветовых нарушений.

На каждом кадре детектор вычисляет значение метрики, задаваемой на основе цветовых свойств пикселей в своей области, а затем полученные значения метрик используются для детектирования наличия транспортного средства в кадре. Этот метод очень эффективен, поскольку он позволяет обнаруживать и идентифицировать транспортные средства с высокой степенью точности даже в сложных условиях освещения и погоды (рис. 1).

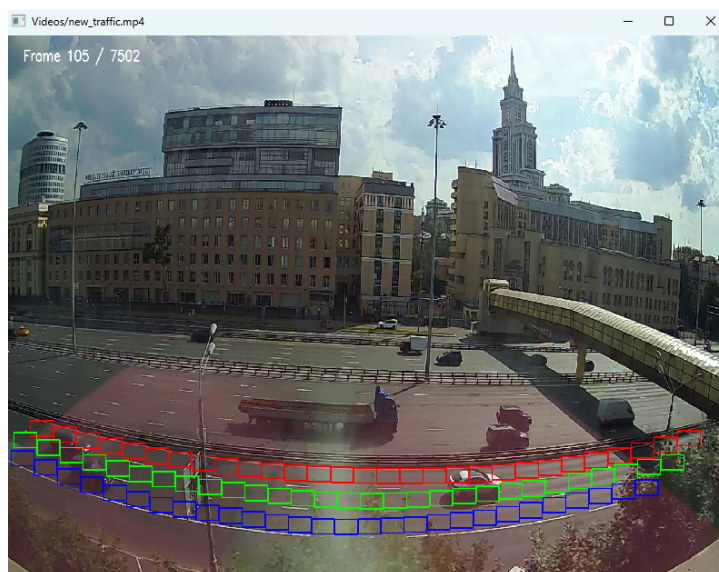


Рис. 1. Размещение детекторов для трех полос.

4. Результаты обработки видео с разной частотой кадров

Обработка данных, соответствующих Таблице 1, заняла ~ 75 мин. на системе с процессором Intel(R) Core(TM) i5-10400F 2,90 ГГц и 8 ГБ оперативной памяти. Такая скорость обработки затрудняет использование «ViDeS» в качестве системы мониторинга в реальном времени, но в целом она подходит для автономной обработки.

Таблица 1 Входные данные.

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Разрешение видео	1920 x 1080	Количество полос	3

Угол обзора	112	Количество детекторов на полосу	20
Частота кадров	25 FPS	Ширина детектора, пикселей	15
Продолжительность видео	60 мин	Высота детектора, пиксели	15
Временной интервал	10:00-11:00	Количество посчитанных вручную транспортных средств	1852

Для увеличения скорости обработки была предпринята попытка обрабатывать не все кадры, а каждый n -й кадр, что будет соответствовать $FPS = [25/(n+1)]$. Результаты исследования для данных представлены в Таблице 2.

Таблица 2. Результаты обработки видео с переменной частотой кадров.

Параметр /n FPS	0 25	1 12	2 8	3 6	4 5
Среднее время обработки, мин	75	55	45	40	35
Время обработки от продолжительности целого видео, %	+16%	-9%	-25%	-34%	-42%
Размер файла с результатами обработки, Мб	86	43	28	21	17
Количество транспортных средств, посчитанных детекторами	1945	1722	1518	1370	1055
Точность подсчета транспортных средств, %	+5%	-7%	-18%	-26%	-43%

Как видно из таблицы 2, с уменьшением количества видеок кадров увеличивается скорость обработки и уменьшается расход памяти на хранение данных, но точность детектирования снижается. При обработке каждого 4-го кадра, точность детектирования снизилась почти на 50%, что означает, что многие автомобили были либо не обнаружены, либо объединены и рассматривались как одно транспортное средство.

На рис. 2 показана гистограмма длины активации, соответствующей длине транспортного средства, для случаев обработки с промежутком 0 - 4 кадра. Для наглядности представлены значения длины активации от 0 до 35 кадров. Присутствуют и более длинные значения активаций, но их количество невелико, и они в основном представляют несколько автомобилей, идущих подряд один за другим.

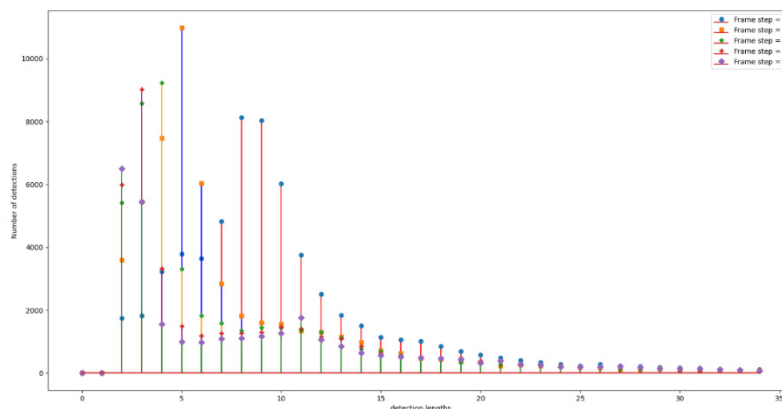


Рис. 2. Гистограмма длин непрерывных активаций (транспортных средств).

Из графика видно, что большинство значений лежат в диапазоне от 2 до 15 и в целом напоминают нормальное логарифмическое распределение. Более того, с

увеличением пропуска кадров асимметрия увеличивается. По результатам анализа можно сделать вывод, что для повышения производительности можно пропускать 1-2 кадра без серьезной потери точности. При обработке видео с FPS=25 - средняя длина легкового автомобиля колеблется в пределах 6-15 кадров, грузового автомобиля и автобуса 16-24. Из рис. 2 видно, что при увеличении n на 1 средняя длина транспортного средства уменьшается на 20% и при $n = 3-4$ становится практически неотличимой от шума и ложных срабатываний, что и объясняет значительное падение точности обнаружения.

5. Заключение

Выбор характеристик камеры является важным фактором при разработке системы распознавания видео, при этом такие факторы, как частота кадров, играют важную роль в определении точности и эффективности системы.

Хотя более высокая частота кадров может показаться логичным выбором для задач распознавания видео, более низкая частота кадров часто может быть более выгодной, поскольку снижает вычислительные требования и повышает эффективность системы. Однако необходимо позаботиться о том, чтобы FPS оставался достаточным для точного захвата и интерпретации необходимых деталей.

Снижение вычислительных требований в задачах распознавания видео важно, поскольку эти задачи могут требовать очень больших вычислительных ресурсов. Такие методы, как пропуск кадров и оптимизация алгоритмов, могут помочь снизить вычислительные требования без ущерба для точности и надежности.

Разработанная система «ViDES» позволяет проводить гибкую настройку для задач детектирования транспортных потоков, включая задание частоты кадров для распознавания. Выбрав соответствующие компоненты и методы, можно создать конфигурацию, которая будет эффективной и действенной в задаче детектирования транспортных потоков и повышении общей производительности.

Список литературы

1. Buslaev A.P., Yashina M.V., Kotovich I.S. On problems of intelligent monitoring for traffic // Logic Journal of the IGPL. 2011. No. 19 (2). P. 384-394.
2. Яшина М.В., Розентблат Г.М., Солиев Ю.С., Кутейников И.А., Доткулова А.С. Математические методы для управления дорожной инфраструктурой. Часть I. М.: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2021. 164 с.
3. Kuteynikov I.A. Development of a System «ViDeS» for Monitoring the Dynamics of Traffic Flows Based on the Virtual Detectors Method // 2022 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex (TIRVED), 2022, P. 1-7, DOI: 10.1109/TIRVED56496.2022.9965453.
4. Кутейников И.А. Развитие методов виртуальных детекторов для видеомониторинга характеристик транспортных потоков // Математические методы для управления дорожной инфраструктурой. М.: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2023. Глава 6. С. 140-158.
5. Yashina M.V., Bugaev A.S., Kuteynikov I.A., Kuznetsov M.A. Evaluation of Recovery Accuracy of Vehicles Flow Characteristics by Video Sensor Views // 2022 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. IEEE, 2022. P. 1-4. DOI: 10.1109/IEEECONF53456.2022.9744271.