

РАЗРАБОТКА МЕТОДА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ

DOI: 10.36724/2072-8735-2025-19-2-38-44

Клюев Роман Владимирович,
СКГМИ (ГТУ), г. Владикавказ, Россия

Косцов Алексей Валерьевич,
СКГМИ (ГТУ), г. Владикавказ, Россия;
МАДИ, Москва, Россия, kostsov_msfs@bk.ru

Добаев Александр Заурбекович,
СКГМИ (ГТУ), г. Владикавказ, Россия

Тлехугов Астемир Муратович,
СКГМИ (ГТУ), г. Владикавказ, Россия

Хабаева Камилла Муратовна,
СКГМИ (ГТУ), г. Владикавказ, Россия

Manuscript received 10 January 2025;
Accepted 07 February 2025

Работа подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет средств федерального бюджета по государственному заданию (наименование темы научного исследования "Интеллектуальные системы управления развитием улично-дорожной сети городов"; код научной темы, присвоенной учредителем - FEFG-2024-0005.

Ключевые слова: измерение интенсивности движения, транспортный поток, граничных интервал, анализ видеоряда, компьютерное зрение

Современные тенденции в развитии и трансформации городской среды неразрывно связаны с внедрением передовых компьютерных технологий. Улучшение условий проживания населения в городах - сложная многофакторная задача, важнейшей составляющей которой является создание и поддержание современной транспортной инфраструктуры, обеспечивающей городские передвижения населения. В этой связи необходима актуализация данных о движении транспортных потоков и методов расчета параметров работы улично-дорожной сети городов России. Измерение отдельных характеристик транспортных потоков, таких как количество и типы проезжающих транспортных средств, средняя скорость движения и т.д., в настоящее время можно проводить в автоматическом режиме с использованием современных технических комплексов, включающих измерительные приборы и специализированное программное обеспечение. Расчет других характеристик, например, граничных интервалов времени при пересечении транспортных потоков, производится исключительно на основании натурных измерений и требует значительно больших ресурсов. В статье рассмотрено инновационное программное обеспечение, которое позволяет выполнять автоматизированный сбор данных о характеристиках транспортного потока, в том числе характеристик, измерение которых в автоматическом режиме ранее не производилось. Это особенно актуально для актуализации расчетных методик по определению пропускной способности элементов улично-дорожной сети как основы для назначения мероприятий по повышению качества транспортного обслуживания населения городов.

Информация об авторах:

Клюев Роман Владимирович, д.т.н., профессор, зав. каф. ФГОБУ ВО "СКГМИ (ГТУ)", РСО-Алания, г. Владикавказ, Россия

Косцов Алексей Валерьевич, к.т.н., доцент, зав. лаб., ФГОБУ ВО "СКГМИ (ГТУ)", РСО-Алания, г. Владикавказ, доцент, ФГОБУ ВО "МАДИ", Москва, Россия

Добаев Александр Заурбекович, Старший преподаватель, ФГОБУ ВО "СКГМИ (ГТУ)", РСО-Алания, г. Владикавказ, Россия

Тлехугов Астемир Муратович, м.н.с., ФГОБУ ВО "СКГМИ (ГТУ)", РСО-Алания, г. Владикавказ, Россия

Хабаева Камилла Муратовна, ФГОБУ ВО "СКГМИ (ГТУ)", РСО-Алания, г. Владикавказ, Россия

Для цитирования:

Клюев Р.В., Косцов А.В., Добаев А.З., Тлехугов А.М., Хабаева К.М. Разработка метода автоматизированной обработки характеристик транспортного потока для повышения качества транспортного обслуживания населения городов // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2025. Том 19. №2. С. 38-44.

For citation:

R. V. Klyuev, A. V. Kostsov, A. Z. Dobaev, A. M. Tlekhugov, K. M. Khabaeva, "The development of a method for automated processing of traffic flow characteristics in order to improve the quality of transport services for the urban population," *T-Comm*, 2025, vol. 19, no.2, pp. 38-44. (in Russian)

1. Введение

В условиях сохраняющихся до настоящего времени высоких темпов урбанизации и субурбанизации населения, продолжающихся процессов автомобилизации жителей нашей страны [1], непрерывно происходит увеличение затрат времени населения на транспортные передвижения, что приводит к снижению удовлетворенности населения городской средой. Так, например, в исследовании Peng Nie and Alfonso Sousa-Posa (2018) [2] были изучены взаимосвязи между временем в пути на работу и оценкой субъективного благополучия (оценки качества транспортной системы) в выборке сотрудников в возрасте от 16 до 65 лет в городских районах Китая.

В исследовании показано, что более длительное время в пути на работу связано с более низким уровнем как удовлетворенности жизнью и транспортной системой, особенно когда время в пути на работу составляет более одного часа в день. В исследовании (Louafi Bouzouina, Ioannis Baraklianos et al, 2021) также [3] показано, что крайне важным аспектом выбора места жительства населения играет транспортная доступность территорий: особое внимание в исследовании уделяется оценке удовлетворенности качеством транспортного обслуживания в зависимости от удаленности мест проживания от мест приложения труда. В исследовании показано, что удаленность от мест приложения труда играет важнейшую роль в выборе места жительства.

Таким образом можно констатировать, что в условиях крупных и крупнейших городов, увеличение затрат населения на транспортные передвижения формируют негативное отношение к городской среде в целом и во многом определяют выбор места проживания, а мероприятия по развитию транспортных систем и увеличению скоростей сообщения напротив способствуют развитию городских и пригородных территорий (Baum-Snow N., 2007) [4], повышению удовлетворенности населения качеством городских пространств, повышению экологического благополучия городских территорий.

Увеличение затрат времени населения на совершение поездок способствует также и повышению расходов на передвижения по городу: в исследовании Michael L. Anderson, Fangwen Lu et al. (2017) [5] показано, что задержки в движении автомобилей (пробки) играют важнейшую роль не только в формировании экономических показателей работы транспортных систем, но и в формировании экономических показателей работы города в целом. В исследовании особо подчеркивается, что дополнительно к традиционным показателям, учитываемым при оценке экономических показателей работы транспорта, необходимо учитывать научно обоснованные показатели, учитывающие снижение удовлетворенности жителей при увеличении загрузки дорожных сетей и увеличению задержек в движении автомобилей.

В этих условиях, одной из важнейших задач по повышению качества городской среды является сокращение затрат времени населения на транспортные передвижения, что может быть достигнуто различными путями. Одним из мероприятий, направленных на снижение затрат времени населения городов на передвижение является оптимизация работы светофорных объектов, режимов работы нерегулируемых и саморегулируемых (кольцевых) пересечений за счет более точного учета современных режимов движения транспортных потоков.

За последние десятилетия существенно изменилась структура парка автомобилей и их динамические качества, поэтому применение широко изученных и апробированных закономерностей движения транспортных потоков должно быть верифицировано для современных условий движения на регулируемых, нерегулируемых и саморегулируемых (кольцевых) пересечениях в условиях крупных и крупнейших городов нашей страны.

Наиболее широко используемые методы изучения закономерностей движения автомобилей основаны на проведении натурных наблюдений за режимом движения транспортных потоков, которые, как правило, выполняются путем записи видеоряда с последующей обработкой полученных данных в камеральных условиях. Обработка видеоряда производится в ручном или полуавтоматическом режиме, что приводит к существенным затратам времени на проведение таких исследований и ограничивает их проведение из-за высокой трудоемкости.

Цель данной статьи – разработка инновационного программного обеспечения, позволяющего на основе машинного зрения обеспечивать обработку данных о характеристиках транспортных потоков, которые используются для установления величин пропускной способности элементов улично-дорожной сети в автоматическом режиме.

Несмотря на ограничения данного метода, предполагается, что он позволит повысить точность определения характеристик движения транспортных потоков, которые являются основой для разработки мероприятий по повышению качества транспортного обслуживания городских территорий, являются основой для построения сетей «умного города» и применения компонентов интеллектуальных транспортных систем [6, 7]. Проведение измерений интенсивности дорожного движения традиционно применяется при изучении особенностей отдельных узлов дорожной сети [8-10], комплексной оценке эффективности работы ее работы [11], проектировании дорожно-транспортной инфраструктуры [12]. Учет интенсивности движения может проводиться визуально или с использованием технических средств и специализированного программного обеспечения.

Проведение измерений с использованием средств видеодетекции и их последующей обработкой имеет ряд преимуществ по сравнению с проведением натурных измерений: для проведения измерения достаточно одного человека с видеокамерой; полученная видеозапись, при выборе правильного ракурса, может служить основой для нескольких измерений с проведением анализа разных полос и направлений движения. Кроме того, видеозапись может быть обработана в автоматизированном или полуавтоматизированном режиме, что позволяет значительно сократить трудозатраты на проведение измерений.

2. Разработка программного обеспечения для обработки характеристик транспортного потока

В рамках выполнения работ по изучению интенсивности транспортного потока г. Владикавказа, было разработано программное обеспечение, позволяющее накапливать информацию о движении транспорта, а также осуществлять ее дальнейший анализ и обработку. Измерение интенсивности транспортного потока с использованием разработанного программного обеспечения осуществляется в несколько этапов:

1. Проведение видеосъемки движения автомобилей на пересечении автомобильных дорог или получение видеозаписи движения из других источников. При проведении видеосъемки, необходимо подобрать ракурс таким образом, чтобы пересечение автомобилей на видеозаписи, движущихся по разным полосам, было минимальным. Как правило, такой ракурс можно подобрать, если видеокамера располагается значительно выше автомобильного потока. Также источником данных могут быть записи уличных систем видеонаблюдения или систем видеонаблюдения торговых объектов. Серьезных требований к качеству видеозаписей не предъявляется: в рамках испытаний приемлемого результата удавалось добиться на видеозаписях с разрешением 1280x720 пикселей, – запись подобного качества позволяют вести все современные видеокамеры. Для обеспечения более точного определения временных интервалов на записи, битрейт (количество кадров в секунду) записи рекомендуется устанавливать равным 30 или 60.

2. Обработка видео с использованием алгоритмов машинного зрения. На анализируемой полосе движения определяется контрольная область фиксации проезда автомобилей по ней. Область должна располагаться непосредственно перед перекрестком и пересекаться каждым, движущимся по анализируемой полосе автомобилем. Пересечение области пешеходами, автомобилями, движущимися по другим полосам, должно быть минимальным. В ходе обработки на видео автоматически выделяются движущиеся автомобили, а также фиксируются кадры начала и окончания пересечения автомобилями области фиксации проезда. Пример выделенных кадров представлен на рисунке 1 (контрольная область на изображении выделена белым прямоугольником).



Рис. 1. Выделение кадров начала и окончания пересечения движущимся автомобилем области фиксации: а) – проезд автомобиля контрольной области фиксации; б) – освобождение автомобилем контрольной области фиксации

Несмотря на то, что выбор оптимального алгоритма распознавания не входил в задачи текущей разработки и его подбор может стать темой отдельного исследования, в рамках данной работы было проанализировано несколько алгоритмов машинного зрения и архитектур нейронных сетей, предназначенных для выделения движущихся транспортных средств. Для обработки видеоряда использовались программы написанные на языке программирования Python и открытая библиотека компьютерного зрения OpenCV.

При обработке видеофайлов, записанных в дневное время и ясную погоду хорошо показал себя алгоритм выделения движущихся объектов и их контуров. При этом производится поиск пересечения найденных контуров движущихся объектов с контрольной областью [13, 14]. Данный алгоритм отличается высокой скоростью работы и высокой точностью, однако совершенно не подходит для анализа движения в ночное время, так как в контуры движения объектов попадает движение световых пятен фар автомобилей. Кроме того, данный алгоритм выделяет все движущиеся объекты, включая пешеходов, животных и т.д. В рамках решения поставленной задачи эта проблема решается правильным подбором расположения контрольной области, однако в дальнейшем развитии алгоритмов анализа транспортных потоков это может стать существенной проблемой.

Также для анализа видеофайлов, записанных в других условиях, использовалось несколько предобученных вариантов нейронных сетей с архитектурой YOLO, находящихся в свободном доступе. Архитектура YOLO является одной из самых популярных открытых архитектур нейронных сетей, предназначенных для решения задач компьютерного зрения, в том числе решения задач детекции различных объектов на изображении [15, 16]. При достаточном уровне вычислительных ресурсов, нейронные сети, использующие данную архитектуру, позволяют осуществлять детекцию объектов на видеозаписи в режиме реального времени [17].

Найденные в открытом доступе обученные варианты нейросетей с архитектурой YOLO позволили автоматически выделить на видеозаписях контуры легковых автомобилей (объект car), грузовых автомобилей (объект truck) и мотоциклов (объект motorcycle), а также определить пересечение контуров указанных объектов с контрольной областью фиксации.

Несмотря на хорошие показатели детекции объектов, незначительно зависящих от времени съемки и погодных условий, используемые нейронные сети показали и ряд недостатков. Первым недостатком можно считать низкую скорость работы по сравнению с алгоритмом детекции движущихся объектов. Вторым недостатком являются пробелы в детекции – на 3-5 процентах кадров объект не детектируется без видимых причин. Для большинства задач компьютерного зрения (например, контроль нарушений или распознавание «своих» автомобилей) это не является проблемой, однако при решении задачи выделения кадров начала и окончания пересечения автомобилем контрольной области, этот недостаток является существенным и приводит к выделению большого количества некорректных кадров и замедлению их верификации и дальнейшей обработки.

Можно предположить, что нейронные сети, позволяющие добиться наилучших результаты редко выкладываются в свободный доступ и, как правило, являются интеллектуальной собственностью и коммерческой тайной разработчиков.

Это позволяет сделать вывод, что для оптимизации работы необходимо использование коммерческих систем распознавания или разработка обучающих наборов данных и обучение своих моделей нейросетей, оптимальных для решения данной задачи.

3. Загрузка данных – выделенные на предыдущем этапе пары кадров загружаются в специально разработанное программное обеспечение. Результат анализа видеозаписи сохраняется в отдельную папку, в которую выгружаются файлы изображений, содержащие выделенные кадры, и текстовый файл, содержащий данные о них. Файлы изображений имеют имена вида «<номер кадра>.jpg» и содержат выделенные кадры начала или окончания пересечения автомобилями контрольной области. Текстовый файл содержит множество строк, каждая из которых содержит два номера, разделенные пробелом. Первый номер соответствует номеру кадра начала пересечения контрольной области автомобилем, второй – окончание пересечения контрольной области этим же автомобилем.

Сохраненные в указанном формате данные загружаются в разработанное программное обеспечение. Для каждого кадра, кроме самого изображения, сохраняются его номер в видеоряде, сведения о месте, времени и условиях съемки, сведения о формате и качестве видеозаписи.

Загруженные данные имеют иерархическую структуру: каждый загруженный кадр подчинен сущности «КадрыАвтомобилей» (содержит набор из пар кадров), которая, в свою очередь, подчинена сущности «Замер» (содержит данные об измерении и обработанной видеозаписи).

4. Предварительная обработка загруженных данных. Все загруженные данные проходят ручную верификацию с помощью специально разработанного интерфейса – оператору выводится множество пар кадров, с предполагаемыми началом и окончанием пересечения автомобилем контрольной области. Одновременно выводится не более девяти пар кадров. Оператор может отметить неверно выделенные пары, нажав клавишу с номером пары на клавиатуре или кликнув по ней мышкой. Отмеченные оператором кадры отмечаются как некорректные, выделяются красным цветом и не участвуют в дальнейшей обработке. Переход к следующему набору пар кадров осуществляется нажатием кнопки «Далее» или пробела на клавиатуре. Кроме того, для каждой пары можно установить тип автомобиля, пересекающего контрольную область. Пример интерфейса верификации данных представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Пример интерфейса ручной верификации данных

5. Определение интервалов движения автомобилей – после окончания верификации на основании подтвержденных оператором пар кадров автоматически генерируются данные об интервалах между автомобилями на полосе. Интервал определяется как разница между кадрами начала пересечения контрольной области парой последовательно движущихся автомобилей, но, в зависимости от настроек, алгоритм определения интервала может быть изменен. Для каждого интервала фиксируются данные кадров его начала и окончания (в том числе изображения), а также вычисляется его длина. Длина интервала l вычисляется по следующей формуле (1):

$$l = \frac{k_n^{\text{нач}} - k_{n-1}^{\text{нач}}}{FPS}, \quad (1)$$

где $k_n^{\text{нач}}$ и $k_{n-1}^{\text{нач}}$ – номера кадров начала пересечения контрольной области последовательно движущимися автомобилями; FPS – количество кадров в секунду на видеозаписи.

6. Определение типа интервала – разделение сформированных на предыдущем этапе временных интервалов необходимо для определения граничного интервала, то есть временного интервала, который необходим водителю для начала движения во вторичном направлении. При этом для каждого сформированного интервала с помощью специального интерфейса отмечается его тип – принятый, отказанный или отклоненный.

Интервал определяется как принятый, если на момент его начала на второстепенной дороге был автомобиль, который к его окончанию успел совершить маневр.

Интервал определяется как отказанный, если на момент его начала на второстепенной дороге был автомобиль, положение которого к его окончанию не изменилось (не успел совершить маневр).

Интервал определяется как отклоненный, если его длина превысила пороговое значение 10 секунд или на второстепенной дороге отсутствовали автомобили. Такие интервалы не используются в дальнейшем расчете.

Пример интерфейса, позволяющего определить типы интервалов, представлен на рисунке 3.

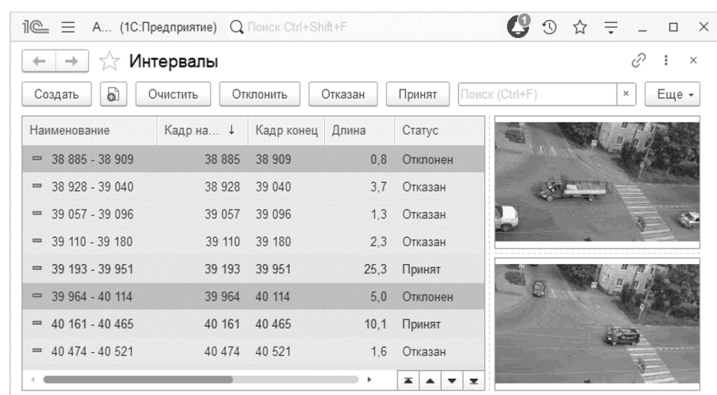


Рис. 3. Пример определения типов интервалов

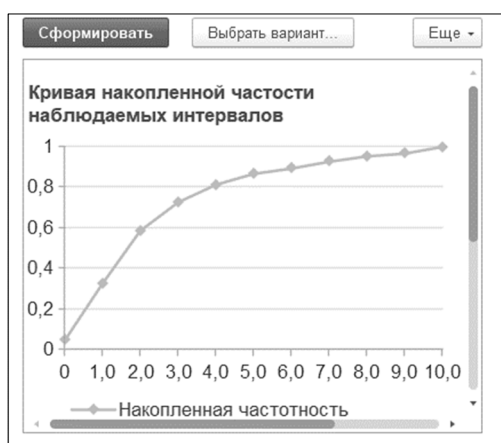
Оператор, переходя с помощью стрелок на клавиатуре между строками отдельных интервалов, просматривает соответствующие этому интервалу кадры в правой части окна, и нажимает одну из трех кнопок «Отклонить», «Отказан» или «Принят», устанавливая соответствующий статус для текущего интервала. Нажатием соответствующей кнопки тип интервала может быть очищен. На все кнопки формы назначены

горячие клавиши, поэтому установку типов интервалов можно осуществлять без использования мыши, что значительно ускоряет работу оператора.

После окончания обработки в системе аккумулируется достаточное количество информации для проведения анализа транспортного потока с использованием различных методик: данные о количестве и составе проезжающего транспорта, данные об интервалах между автомобилями и их типами. На основании собранной информации строятся различные отчеты, в том числе, с графическим представлением информации. На рисунке 4, в качестве примера, представлены график, предназначенный для определения граничного интервала методом Раффа, и график кривой накопленной частоты наблюдаемых интервалов, построенных в программе.



а)



б)

Рис. 4. Примеры графиков, построенных на основании собранных данных: а) – распределение принятых и отвергнутых интервалов; б) – кривая накопленной частоты наблюдаемых интервалов

Обсуждение и выводы

Результаты пробных измерений характеристик движения транспортных потоков при помощи разработанного инновационного программного обеспечения, позволяющего на основе машинного зрения обеспечивать обработку данных о характеристиках транспортных потоков показали, что использование такого программного обеспечения позволяет значительно упростить и ускорить процесс сбора и обработки информации для анализа транспортных потоков городов России. Так, для обработки данных видеозаписи длительностью 15 минут потребовалось в среднем 11 минут 42 секунды, в том числе 4 минуты 40 секунд на верификацию кадров и

7 минут 02 секунды – на определение типов интервалов между автомобилями. Ручное внесение результатов натурных наблюдений потребовало значительно больше времени – не менее 20 минут на ввод данных и их дальнейшую обработку. Данные обработки сохраняются в программе, могут быть легко перепроверены, а также проанализированы с использованием различных методов и алгоритмов.

Со временем, накопление в системе определенного массива данных и хранение в системе дополнительной информации о проводимых измерениях, позволят значительно расширить возможности исследователей при проведении анализа. Накопление информации о месте проведения замера позволит проводить анализ каждого места изменения в различное время суток, время года и в различные погодные условия. Хранение информации о времени замера и погодных условиях позволит проводить комплексный анализ особенностей движения транспортного потока в зависимости от этих параметров.

На основании сохраняемых в системе данных может быть в дальнейшем подготовлен качественный набор данных, позволяющий провести обучение собственных нейронных сетей, решающих задачу измерения характеристик транспортных потоков в автоматическом режиме.

Благодарности

Работа подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет средств федерального бюджета по государственному заданию (наименование темы научного исследования «Интеллектуальные системы управления развитием улично-дорожной сети городов»; код научной темы, присвоенной учредителем – FEFG-2024-0005.

Литература

1. Mingzhi Zhang, Zhaocheng Li, Hongyun Si, Long Cheng, Xiangyu Zhou, Bowen Wang. Urban Travel Time and Residential Location Choice: The Impacts of Traffic Congestion // *Sustainable Cities and Society*. 2023. Vol. 99. ISSN 2210-6707. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.10497>
2. Peng Nie, Alfonso Sousa-Posa. Commute Time and Subjective Well-being in Urban China // *China Economic Review*. 2018. Vol. 48. ISSN 1043-951X. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2016.03.002>
3. Louafi Bouzouina, Ioannis Baraklianos, Patrick Bonnel, Hind Aissaoui. Renters vs Owners: The Impact of Accessibility on Residential Location Choice: Evidence from the Lyon Urban Area, France (1999-2013) // *Transport Policy*. 2021. Vol. 109, pp. 72-84. doi: 10.1016/j.tranpol.2021.05.022.
4. Nathaniel Baum-Snow. Suburbanization and Transportation in a Monocentric Model // *Journal of Urban Economics*. 2007. Vol. 62. No. 3, pp. 405-23. doi:10.1016/j.jue.2006.11.006
5. Michael L. Anderson, Fangwen Lu, Yiran Zhang, Jun Yang, Ping Qin. Superstitions, Street Traffic, and Subjective Well-Being // *Journal of Public Economics*. 2017. Vol. 142. ISSN: 0047-2727. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2017.09.005>
6. Garg T., Kaur G. A Systematic Review on Intelligent Transport Systems // *Journal of Computational and Cognitive Engineering*. 2023. Vol. 2. No. 3, pp. 175-88. doi: <https://doi.org/10.47852/bonviewJCCE202245>.
7. Autili M., Chen L., Englund C., Pompilio C., Tivoli M. Cooperative intelligent transport systems: choreography-based urban traffic coordination // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2021. No. 22(4), pp. 2088-2099. doi: <https://doi.org/10.1109/TITS.2021.3059394>

8. *Kostcov A.V.* Investigation of the length of sections of influence of entrances to multilane highways // *Science and technology in the road industry*, 2019. No. 1(87), pp. 20-21.

9. *Martyakhin D.S., Komarova T.K.* Study of capacity of U-turn lanes at regulated intersections // *Science & technology in roads & bridges*, 2020. No. 2(96), pp. 31-33.

10. *Komarova T.* Mathematical modeling of car and pedestrian traffic at unregulated junctions // *Izvestiya KSASU*, 2021. No. 3(65), pp. 163-174. doi: 10.52409/2073-1523-2022-65-163

11. *Mikhailov A., Golovnykh I.* Modern trends in the design and reconstruction of urban street and road networks. Novosibirsk: Nauka, 2024. 267 p.

12. *Pospelov P.I., Kostin S.V., Nemchinov D.M., et al.* Designing streets and roads in cities and urban districts. Moscow: Publishing House "Petropolis", 2022. 232 p.

13. *Zivkovic Z. van der Heijden F.* Efficient Adaptive Density Estimation per Image Pixel for the Task of Background Subtraction // *Pattern Recognition Letters*, 2006. Vol. 27. No. 7, 2006, pp. 773-780.

14. *Ngo H.H.* Vehicle-detection-based traffic density estimation at road intersections // *International Journal of Open Information Technologies*. 2023. Vol. 11. No. 7, pp. 39-46.

15. *Terven Ju., Córdova-Esparza D.M., Romero-González Ju.A.* A comprehensive review of YOLO architectures in computer vision: from YOLO v1 to YOLO v8 and YOLO-NAS // *Machine Learning and Knowledge Extraction*. 2023. Vol. 5. No. 4, pp. 1680-1716.

16. *Darmadi Doni H.N.* Traffic counting using YOLO version-5 (a case study of Jakarta-Cikampek toll road) // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2024. Vol. 1321. No. 1, pp. 012-015.

17. *Rani N.G., Priya N.H., Ahilan A., Muthukumaran N.* LV-YOLO: Logistic vehicle speed detection and counting using deep learning based YOLO network // *Signal, Image and Video Processing*. 2024. Vol. 18. No. 10, pp. 7419-7429.

THE DEVELOPMENT OF A METHOD FOR AUTOMATED PROCESSING OF TRAFFIC FLOW CHARACTERISTICS IN ORDER TO IMPROVE THE QUALITY OF TRANSPORT SERVICES FOR THE URBAN POPULATION

Roman V. Klyuev, SKGMI (GTU)", Vladikavkaz, Russia

Aleksey V. Kostsov, SKGMI (GTU), Vladikavkaz, Russia;

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia, kostsov_msfs@bk.ru

Alexander Z. Dobaev, SKGMI (GTU), Vladikavkaz, Russia

Astemir M. Tlekhugov, SKGMI (STU), Vladikavkaz, Russia

Kamilla M. Khabaeva, SKGMI (STU), Vladikavkaz, Russia

Abstract

Modern trends in the development and transformation of urban environments are intrinsically linked to the adoption of advanced computer technology. Improving living conditions for city dwellers is a complex, multifaceted task, with the most significant component being the establishment and maintenance of modern transportation infrastructure that supports urban mobility. In this context, it is essential to update information regarding traffic flow and methods for calculating parameters of street and road networks in Russian cities. Measuring individual characteristics of traffic flows, such as the number and types of passing vehicles, average speed, etc., can now be carried out automatically using modern technical systems, including measuring instruments and specialized software. The calculation of other characteristics, for example, boundary time intervals when crossing traffic flows, is carried out solely on the basis of field measurements and requires significantly more resources. The article explores innovative software that allows automated collection of data on the characteristics of traffic flow, including characteristics that have not previously been measured automatically. This is particularly significant for updating methods for estimating capacity of street and road elements as a basis for implementing measures to enhance transportation services for urban populations.

Keywords: measurement of traffic intensity, traffic flows, video sequence analysis, computer vision.

References

- [1] Mingzhi Zhang, Zhaocheng Li, Hongyun Si, Long Cheng, Xiangyu Zhou, and Bowen Wang, "Urban Travel Time and Residential Location Choice: The Impacts of Traffic Congestion," *Sustainable Cities and Society*. 2023. Vol. 99. ISSN 2210-6707. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.10497>
- [2] Peng Nie and Alfonso Sousa-Posa, "Commute Time and Subjective Well-being in Urban China," *China Economic Review*. 2018. Vol. 48. ISSN 1043-951X. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2016.03.002>
- [3] Louafi Bouzouina, Ioannis Baraklianos, Patrick Bonnel, and Hind Aissaoui, "Renters vs Owners: The Impact of Accessibility on Residential Location Choice: Evidence from the Lyon Urban Area, France (1999-2013)," *Transport Policy*, 2021. Vol. 109, pp. 72-84. doi: 10.1016/j.tranpol.2021.05.022.
- [4] Nathaniel Baum-Snow, "Suburbanization and Transportation in a Monocentric Model," *Journal of Urban Economics*, 2007. Vol. 62. No. 3, pp. 405-23. doi:10.1016/j.jue.2006.11.006
- [5] Michael L. Anderson, Fangwen Lu, Yiran Zhang, Jun Yang, and Ping Qin, "Superstitions, Street Traffic, and Subjective Well-Being," *Journal of Public Economics*. 2017. Vol. 142. ISSN: 0047-2727. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2017.09.005>
- [6] T. Garg and G. Kaur, "A Systematic Review on Intelligent Transport Systems," *Journal of Computational and Cognitive Engineering*, 2023. Vol. 2. No. 3, pp. 175-88. doi: <https://doi.org/10.47852/bonviewJCE202245>.
- [7] M. Autili, L. Chen, C. Englund, C. Pompilio, M. Tivoli, "Cooperative intelligent transport systems: choreography-based urban traffic coordination," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2021, no. 22(4), pp. 2088-2099. doi: <https://doi.org/10.1109/TITS.2021.3059394>
- [8] A. V. Kostcov, "Investigation of the length of sections of influence of entrances to multilane highways," *Science and technology in the road industry*, 2019, no. 1(87), pp. 20-21.
- [9] D. S. Martynikhin, T. K. Komarova, "Study of capacity of U-turn lanes at regulated intersections," *Science & technology in roads & bridges*, 2020, no. 2(96), pp. 31-33.
- [10] T. Komarova, "Mathematical modeling of car and pedestrian traffic at unregulated junctions," *Izvestiya KSASU*, 2023, no. 3(65), pp. 163-174. doi: 10.52409/2073-1523-2022-65-163
- [11] A. Mikhailov, I. Golovnykh, "Modern trends in the design and reconstruction of urban street and road networks," Novosibirsk: Nauka, 2004. 267 p.
- [12] P. I. Pospelov, S. V. Kostin, D. M. Nemchinov, et al., "Designing streets and roads in cities and urban districts," Moscow: Publishing House "Petropolis", 2022. 232 p.
- [13] Z. Zivkovic, F. van der Heijden, "Efficient Adaptive Density Estimation per Image Pixel for the Task of Background Subtraction," *Pattern Recognition Letters*, 2006. Vol. 27, No. 7, 2006, pp. 773-780.
- [14] H. H. Ngo, "Vehicle-detection-based traffic density estimation at road intersections," *International Journal of Open Information Technologies*. 2024. Vol. 11. No. 7, pp. 39-46.
- [15] Ju. Terven, D. M. Cordova-Esparza, Ju. A. Romero-Gonzalez, "A comprehensive review of YOLO architectures in computer vision: from YOLO v1 to YOLO v8 and YOLO-NAS," *Machine Learning and Knowledge Extraction*. 2023. Vol. 5. No. 4, pp. 1680-1716.
- [16] Darmadi, H. N. Doni, "Traffic counting using YOLO version-5 (a case study of Jakarta-Cikampek toll road)," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2024. Vol. 1321. No. 1, pp. 012-015.
- [17] N. G. Rani, N. H. Priya, A. Ahilan, "Muthukumaran N.(2024). LV-YOLO: Logistic vehicle speed detection and counting using deep learning based YOLO network," *Signal, Image and Video Processing*. 2024. Vol. 18. No. 10, pp. 7419-7429.

Information about authors:

Roman V. Klyuev, Doctor of technical sciences, Professor, Head. Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "SKGMI (GTU)", Republic of North Ossetia-Alania, Vladikavkaz, Russia

Aleksey V. Kostsov, Ph.D., Professor, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "SKGMI (GTU)", Republic of North Ossetia-Alania, Vladikavkaz, Russia;
Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)", Moscow, Russia

Alexander Z. Dobaev, Senior lecturer, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "SKGMI (GTU)", Republic of North Ossetia-Alania, Vladikavkaz, Russia

Astemir M. Tlekhugov, Junior Researcher, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "SKGMI (STU)", Republic of North Ossetia-Alania, Vladikavkaz, Russia

Kamilla M. Khabaeva, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "SKGMI (STU)", Republic of North Ossetia-Alania, Vladikavkaz, Russia