

21. Кашницкий, Ю. С. Ансамблевый метод машинного обучения, основанный на рекомендации классификаторов. Machine Learning in Python / Ю. С. Кашницкий, Д. И. Игнатов // Journal of Machine Learning Research. – 2011. – № 12. – С. 2825–2830.
22. Izenman, A. J. Modern Multivariate Statistical Techniques, Springer Texts in Statistics. Springer Science+Business Media. – New York, 2013.
23. Breiman, L. Bagging predictors // Machine Learning. – № 24. – 1996. – Р. 123–140.
24. Freund, Y. A Short Introduction to Boosting / Y. Freund, R. E. Schapire // Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence – 1999. – № 14 (5). – Р. 771–780.
25. Breiman, L. Random Forests // Machine Learning. – № 45. – 2001. – Р. 5–32.
26. Wolpert, D. H. Stacked Generalization // Neural Networks. – № 5. – 1992. – Р. 241–259.
27. Как боты меняют проджект-менеджмент? – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://nozbe.com/ru/blog/how-ai-will-change-pm/>.
28. Самый большой список вариантов использования дополненной реальности – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rb.ru/story/ar-cases/>
29. Как искусственный интеллект помогает управлять проектами – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://habr.com/ru/post/466165/>
30. Лучшие инструменты машинного обучения и искусственного интеллекта для разработчиков программ – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://8d9.ru/luchshie-instrumenty-mashinnogo-obucheniya-i-iskusstvennogo-intellekta-dlya-razrabotchikov-programm>
31. ТОП-5 инструментов для машинного обучения – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://datereview.info/article/top-5-instrumentov-dlya-mashinnogo-obucheniya/>
32. Топ-10 инструментов Python для машинного обучения и data-science – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://habr.com/ru/company/skillbox/blog/420819/>
33. Машинное обучение в действии: инструменты и технологии – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://senior.ua/articles/mashinnoe-obuchenie-v-deystvii-instrumenty-i-tehnologii>
34. Коротеев, М. В. (2018). Обзор некоторых современных тенденций в технологии машинного обучения // E-Management. – 2018. – № 1 (1). – С. 26–35. doi: 10.26425/2658-3445-2018-1-26-35.
35. Barber, D. Bayesian reasoning and machine learning / Cambridge University Press. – 2012.
36. Alpaydin, E. (2014). Introduction to machine learning. MIT press.
37. Sra, S. Optimization for machine learning / S. Sra, S. Nowozin, S. J. Wright [eds.]. – 2012. – Mit Press.
38. Kodratoff, Y. Introduction to machine learning // Elsevier. – 2014.
39. Kubat, M. An introduction to machine learning. – Vol. 2. – 2017. – Cham, Switzerland : Springer International Publishing.
40. Dunets, O. Multi-agent System of IT Project Planning / O. Dunets, C. Wolff, A. Sachenko, G. Hladiy, I. Dobrotvor // Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2017). – Bucharest, Romania, 21–23 September, 2017. – Р. 548–552.
41. Ярошенко, Ф. А. Управление инновационными проектами и программами на основе системы знаний Р2М / Ф. А. Ярошенко, С. Д. Бушуев, Х. Танака. – К. :Саммит книга, 2011.

10.03.2020

LIPYANINA-GONCHARENKO K. V., SACHENKO O. A. Using artificial intelligence in project management

The authors reviewed the research in the field of the use of artificial intelligence in project management, examined the problems of artificial intelligence problems and their relationship with project management tasks, identified and analyzed machine-learning methods that can be used in project management.

In research the authors plan: the study of augmented reality in the context of its use in conjunction with the methods of artificial intelligence in project management; development of instrumental and methodological tools for automated machine learning for use in PM.

656.135.2 (476.2)

.

Введение. В XXI веке ни один человек не может представить свою жизнь без автомобилей. Они оказывают влияние как на природу, так и на человека. Общественный транспорт – неотъемлемая составляющая нашей жизни. Но, как и все в нашем мире, система дорожного движения несовершенна. Каждый из нас пользуется автобусами и троллейбусами, а многие каждый день добираются с их помощью на учебу или работу. Однако общественному транспорту необходимо непрерывно развиваться вместе с изменением города, для чего, в свою очередь, нужно финансирование.

Частный автомобильный транспорт не способен обеспечить высокую провозную способность городских магистралей, т. к. они уже сейчас перегружены и наносят городской среде значительный экологический ущерб [1, 2]. Отсюда следует: чтобы избежать транспортного коллапса, необходимо переходить на общественный транспорт.

Благодаря внедрению новой системы управления городским общественным транспортом, значительно улучшится качество обслуживания пассажиров за счет реформирования городской маршрутной сети, рационального планирования подвижного состава в

зависимости от пассажиропотоков, избегания дублирования маршрутов. Значительно сократятся затраты на осуществление перевозок, упростятся многие бизнес-процессы перевозчиков.

Цифровые технологии постепенно проникают и в сферу общественного транспорта. Транспортным предприятиям постоянно приходится решать непростую задачу в поиске эффективности использования подвижного состава.

Маршрутная сеть, необходимое количество транспортных средств и их вместимость должны быть запланированы для того, чтобы этот транспорт отвечал ожиданиям пассажиров и использовался эффективно [3, 4]. Для того чтобы это спланировать, используют современные технологии автоматического подсчета пассажиров.

По сравнению с ручным подсчетом использование автоматизированной системы подсчета пассажиропотока (АСПП) обходится значительно дешевле. Целью данного проекта является разработка АСПП с использованием датчиков, позволяющих получать 3D-изображение пространства.

Жога Алексей Николаевич, директор ГП «Брестгортранс».

Беларусь, 224001, г. Брест, ул. Красногвардейская, 4/1.

Монтик Николай Сергеевич, студент 4-го курса факультета ЭИС Брестского государственного технического университета.

Шуть Василий Николаевич, к. т. н., доцент кафедры интеллектуальных информационных технологий Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Сбор статистики по пассажиропотоку позволит проектировать новые маршруты, менять действующие и более рационально планировать работу подвижного состава в зависимости от загруженности тех или иных остановок и линий. Этот факт одинаково полезен как пассажирам, так и транспортным предприятиям.

Научная значимость составляющей структуры данного проекта (что также важно для Беларуси в приоритете научно-теоретических разработок в данной области) заключается в системном и полностью автоматизированном подходе к подсчету пассажиропотоков на основе систем компьютерного зрения.

1. Научная и научно-техническая новизна разработки. Задачей, на решение которой направлена данная работа, является учет пассажиропотока во времени и пространстве с целью оптимизации маршрутов транспортных средств, коммерческого учета числа перевезенных пассажиров.

Поставленная задача решается тем, что предлагается использование средств стереозрения для текущего подсчета числа пассажиров в транспортном средстве и по результатам распознавания отличительных признаков пассажиров определения маршрутов следования пассажиров. В частности, в салоне транспортного средства устанавливается две или более стереокамеры, которые полностью обзорают входы и выходы транспортного средства. Подсчет вышедших и вошедших пассажиров производится с помощью специально разработанных алгоритмов выполняемых на бортовом анализаторе. Модуль глобального позиционирования, реализованный на основе технологий GPS и/или ГЛОНАСС, позволяет определять координаты транспортного средства (рис. 1). Временная метка и координаты транспортного средства являются неотъемлемой частью видеоданных. Анализатор производит подсчет пассажиров, вошедших через дверь, и по закрытию дверей их отсылку на удаленный сервер.

Удаленный сервер при помощи модуля аналитики формирует отчеты и др. аналитическую и прогнозную информацию. Пересылка данных с бортового анализатора на удаленный сервер происходит при помощи модуля беспроводной сети, реализованный, например, на основе технологии GPRS и сети Интернет. В случае временной недоступности удаленного сервера бортовой компьютер производит формирование пакета на передачу, который будет передан на удаленный сервер при возобновлении связи. В случае необходимости по запросу со стороны сервера посылается запрос на получение видеоданных с транспортного средства. Бортовой компьютер имеет различные интерфейсы для подключения дополнительных модулей, используемые, например, для расширения числа возможных событий, по которым производится отсылка видеоданных на сервер. В частности возможен вариант, когда к бортовому компьютеру подключаются разнообразные сигнальные датчики, предоставляющие дополнительную информацию о числе вошедших и вышедших пассажиров. В основу работы сигнальных датчиков может быть положен любой физический принцип. Подключение сигнальных датчиков позволяет минимизировать погрешности при подсчете пассажиров.

Новизна состоит в совокупном использовании модуля глобального позиционирования, бортового компьютера, видеокамер для обзора салона транспортного средства и автоматической обработки полученных с видеокамер изображений с помощью средств технического зрения для подсчета пассажиров в салоне транспортного средства. Указанные свойства позволяют получить следующий эффект – учет пассажиропотока во времени и пространстве.

К техническим преимуществам полезной модели по сравнению с известными аналогами относятся следующие: отсутствие накопительной ошибки, возникающие ошибки носят эпизодический характер, которые не влияют на подсчет пассажиров при последующих итерациях подсчета; возможность ручной проверки в режиме прямой трансляции или просмотр записанного видео с камеры с целью проверки норм безопасности и контроля за воздействиями на работу системы.

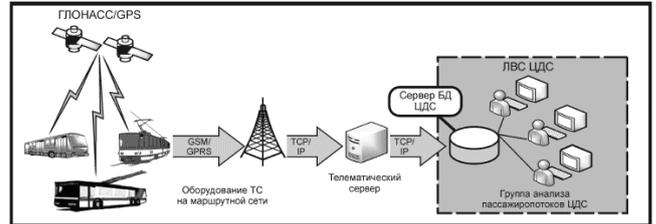


Рисунок 1 – Схематическое отображение технологического процесса сбора и обработки информации в системе подсчета пассажиров

2. Автоматическая система подсчета пассажиропотока (АСПП).

АСПП состоит из аппаратной части и анализирующего полученную статистику комплекса программ. Аппаратная часть состоит из набора стереокамер и анализирующего модуля. Стереокамера устанавливается над каждой дверью в автобусе. Весь корпус камеры можно спрятать за обшивку в автобусе, если позволяет место. Если дверь широкая и один датчик не может обработать все дверное пространство, то необходимо установить 2 сенсора на дверь. Все сенсоры соединены с анализатором (обрабатывающим устройством на базе GPU). Так же анализатор подключен к бортовому компьютеру для отслеживания открытия/закрытия дверей.

Таким образом, комплект аппаратуры на один автобус состоит из 3 сенсоров и одного бортового компьютера (рис. 2). Простота в установке и применении делают эту систему не только удобной, но и выгодной. Система может быть достаточно быстро переставлена с одного транспортного средства на другое и использоваться для проведения периодических обследований пассажиропотока.

Сенсор представляет из себя плату с распаянной ней двумя CMOS матрицами. Плата синхронизирует кадры с камер. Синхронизированные кадры передаются по USB 3.0 в анализатор (рис. 3).

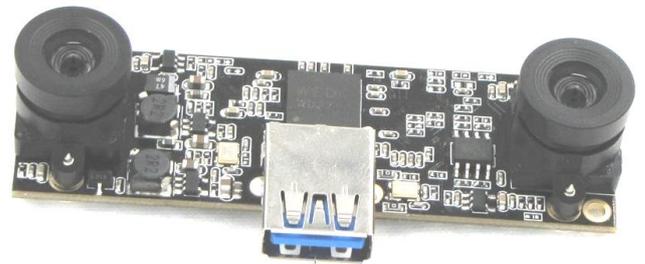


Рисунок 3 – Стереокамера

Прием и обработка сигналов осуществляется на бортовом анализаторе (рис. 4) при поступлении сигнала от бортового компьютера об открытии дверей. Поступившая стереопара обрабатывается набором фильтров, ищутся точки соответствия и строится карта глубин. Анализатор так же определяет направление движения пас-



Рисунок 2 – Схема АСПП в автобусе

сажира, что позволяет подсчитать количество зашедших и вышедших пассажиров. Так же система может работать в режиме «черного» ящика, когда видео записывается на запоминающее устройство, а в конце рабочего дня переносится на рабочую стационарную станцию для дальнейшей обработки.

Данная система отлично справляется с любыми неблагоприятными условиями окружающей среды, такими как повышенная или недостаточная освещенность, температурные перепады, загрязненность и влажность, вибрация. Это позволяет ей с очень высокой степенью точности определить физическое присутствие людей и отслеживать их передвижения в зоне действия сенсора.



Рисунок 4 – Пример анализатора Nvidia Jetson TX1

Карта глубины (рис. 5) позволяет детально определять объекты в области двери транспортного средства и измерять их габариты. Люди, проходящие в зоне действия сенсора через дверь, фиксируются устройством, которое также определяет их рост, что делает возможным сегментировать пассажиров при анализе данных (взрослый/ребенок). Эти данные могут также служить хорошей основой для детального анализа распределения выручки, позволяя транспортной компании изучить своих пассажиров и оценить эффективность маршрутов и их загруженность.

Алгоритм фиксирует все перемещения пассажиров в области двери. Типичные ситуации, когда пассажиры, зайдя в транспортное средство, не продвигаются по салону дальше первых ступенек или двигаются, но по диагонали, также легко распознаются и корректно записываются. Не являются проблемой для работы системы и очень большие толпы людей или их скопления вокруг дверей перед выходом. Все эти факторы позволяют существенно снизить погрешность подсчета при остановках.

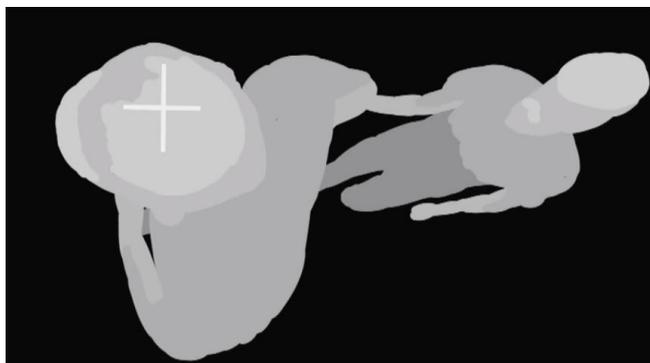


Рисунок 5 – Карта глубины, полученная по стереопаре разработанным алгоритмом

3. Информация аналитической обработки. На первом этапе аналитической обработки в диспетчерском центре (или в центре

обработки данных) системой автоматически формируется следующая первичная информация:

3.1. Информация о маршруте и рейсах, на которых проводится обследование:

- дата обследования;
- вид транспорта;
- имя маршрута;
- номер выхода;
- дата ввода в действие маршрута;
- номер смены;
- тип рейса;
- марка транспортного средства.

3.2. Информация о пассажирообмене на остановках рейса:

- уникальный код пункта обследования (остановки);
- время прохождения остановки;
- число вошедших пассажиров на остановке;
- число вышедших пассажиров на остановке;
- наполнение салона.

Первичная информация представлена в виде таблицы, дополнительно к которой формируется таблица следующего содержания:

- дата обследования;
- вид транспорта;
- имя маршрута;
- номер выхода;
- марка транспортного средства;
- время отправления из пункта А (план);
- время отправления из пункта А (факт);
- время отправления из пункта Б (план);
- время отправления из пункта Б (факт).

В результате обследования и аналитической обработки собранных материалов пользователь получает пространственные и временные характеристики пассажиропотоков как на отдельных маршрутах, так и на маршрутной сети в целом, в том числе и следующие основные показатели транспортной работы:

- число перевезенных пассажиров на прямом и обратном рейсах маршрута;
- наполнение салона на перегоне;
- пассажирооборот остановки (число вошедших и вышедших пассажиров);
- пассажирооборот на крупных остановочных пунктах как сумма пассажирооборотов по всем маршрутам, обслуживающим данную остановку;
- удельное наполнение салона;
- число пассажиров, проехавших между каждой парой остановок маршрута (межостановочные корреспонденции);
- коэффициент неравномерности пассажиропотока (часовой, внутрисуточной);
- средняя дальность поездки;
- распределение подвижного состава между маршрутами и по часам суток;
- потребность в подвижном составе на маршрутах и по часам суток.

4. Результат работы программного комплекса

Полученные показатели и характеристики маршрутной сети представляются в виде отчетных форм. Результат работы программного комплекса дают уникальную возможность судить о мощности, напряженности пассажиропотока по отдельным частям маршрута или в целом по его длине, объеме перевозок. Графически пассажиропотоки изображаются в виде эпюр (рис. 6, 7, 8), где по оси ординат откладываются их величины, а по оси абсцисс – дискретно время суток, дни недели, месяцы года, спрямленная длина маршрута и указывается направление движения.

Из эпюр видно, что городским пассажироперевозкам характерны резкие колебания пассажиропотока по часам суток (возрастают в часы поездок населения на работу и с работы и уменьшаются в утренние, дневные и вечерние «не пиковые» часы), а также по дням

недели (в предвыходные дни пассажиропоток возрастает, а в будние уменьшается).

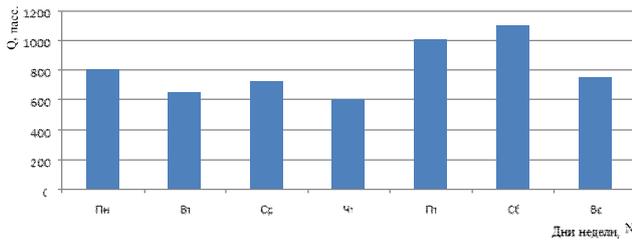


Рисунок 6 – Эпюра распределения пассажиропотока по дням недели

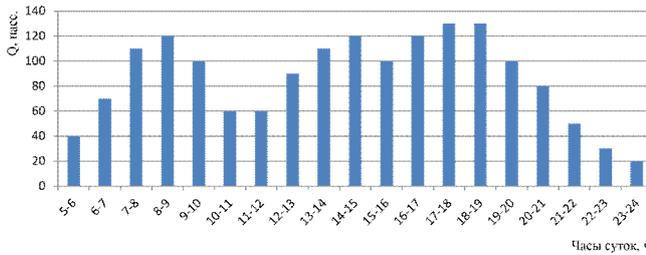


Рисунок 7 – Эпюра распределения пассажиропотока по часам суток

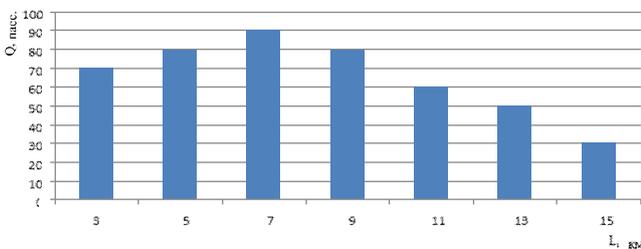


Рисунок 8 – Эпюра распределения пассажиропотока по длине маршрута

Разработка алгоритма краткосрочного прогноза пассажиропотока связана с учетом многих факторов, которые образуются как под действием причинно-следственных связей, так и по причине неопределенности. Последние усложняют задачу и требуют использовать в комплексе функциональные и вероятностно – статистические методы для получения конкретных решений. Задача краткосрочного прогнозирования заключается в определении значения пассажиропотока $y(t_{n+1}), y(t_{n+2}), \dots$, если известны значения $y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_n)$ и значения факторов, влияющие на прогнозное значение потока в моменты t_0, t_1, \dots, t_n и в моменты t_{n+1}, t_{n+2} .

Потребное число автобусов по каждому часу определяется согласно выражению:

$$A_{рас} = \frac{y_{jl}^{kl} \cdot T_0 \cdot k_T}{q \cdot T \cdot g}, \quad (1)$$

где $A_{рас}$ – необходимое число автобусов по конкретному часу; y_{jl}^{kl} – значение прогнозируемого пассажиропотока по рассчитываемому часу периода движения; $k_T = 1,5$ – коэффициент неравномерности пассажиропотока во времени ($k_T = \frac{Q_{max}}{Q_{cp}}$, где Q_{max} –

максимальный часовой пассажиропоток, пасс., Q_{cp} – среднечасовой пассажиропоток, пасс.); $q = 20$ – номинальная вместимость автобуса, пасс.; $T = 1$ – период времени представления информации, ч.; $g = 1$ – коэффициент наполнения автобуса; $T_0 = 1,2 \pm 0,5$ – время оборота автобусов на маршруте, ч.

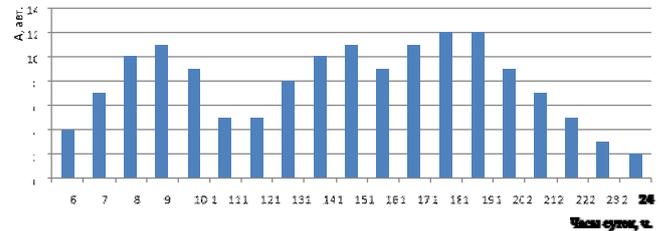


Рисунок 9 – Диаграмма выпуска автобусов на линию по часам суток

Интервал движения, как и число автобусов на линии, изменяется по часам движения в зависимости от величины пассажиропотоков и определяется зависимостью:

$$t_{рас} = \frac{T_0}{A_m}. \quad (2)$$

Таким образом, данные методы подсчета количества пассажиров, перевозимых единицей городского пассажирского транспорта, позволяют получать объективные данные об объемах пассажирских перевозок на транспорте. Это позволяет судить о реальной загруженности транспорта пассажирами, а также после накопления статистики вести эффективный прогноз востребованности перевозок. Наличие информации о наполнении салона вместе с текущим местоположением транспорта на маршруте позволит кардинально изменить подход к диспетчерскому управлению, перейдя от регулирования интервала на конечной остановке к динамическому изменению расписания при нештатных изменениях дорожных условий и спроса на перевозку (рис. 9).

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Капский, Д. В. Методика расчета экологических потерь при координированном регулировании транспортно-пешеходных потоков / Д. В. Капский, Ю. А. Врубель, Д. В. Навой, Д. В. Рожанский // Проблемы развития транспортных систем городов : материалы XVI Международной научно-практической конференции, 16–17 июня. – Екатеринбург : АМБ, 2010. – С. 195–201.
- Капский, Д. В. Ways of Realization of the Coordinated Main Management of Traffic in Minsk / Д. В. Капский, Э. М. Воробьев // Transport and Telecommunication. – 2006. – Volume 7, No 3. – P. 479–483.
- Аземша, С. А. Оценка неравномерности использования вместимости общественного пассажирского транспорта / С. А. Аземша // Логистический аудит транспорта и цепей поставок: материалы II Международной научно-практической конференции. – 26 апреля 2019 г. / Отв. редактор С. А. Эртман. – Тюмень : ТИУ, 2019. – 460 с. – С. 16–23.
- Azemsha, S. The Study of the Trolley Buses Occupancy / S. Azemsha // Global Journal of Management and Business Research: F Real Estate, Event and Tourism Management – 2019. – Volume 19 Issue 1 Version 1.0 – P. 6–15. – URL : https://globaljournals.org/GJMJB_R_Volume19/2-The-Study-of-the-Trolley-Buses.pdf.

11.03.2020

AZEMSHA S. A., ZHOGAL A. N., MONTIK N. S., SHUT V. N. Passenger traffic counting system in buses for urban passenger transport

Collecting statistics on passenger traffic will allow you to design new routes, change existing ones and more efficiently plan the operation of rolling stock depending on the load of certain stops and lines. This fact is equally useful for both passengers and transport companies.

The scientific significance of the component structure of this project (which is also important for Belarus in the priority of scientific and theoretical developments in this area) consists in a systematic and fully automated approach to calculating passenger traffic based on computer vision systems.