

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДСЧЕТА ПАССАЖИРОПОТОКА ОБЩЕСТВЕННОГО ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА

И. А. Волк, Э. М. Кононов, Д. О. Заваленый

*Учреждение образования «Брестский государственный  
технический университет», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. Н. Шуть

**Введение.** В последние десятилетия количество автотранспорта в городах резко возросло практически при сохранении той же организации движения и транспортных магистралей. «Пробки» на основных магистралях городов становятся обычным явлением. В связи с этим остро стоит вопрос оптимального управления транспортными потоками в городах [1]–[6]. В этих условиях общественный транспорт требует особых условий движения, например, по выделенной полосе и т. д.

Также он должен эффективно управляться. Основной характеристикой для эффективного управления является пассажиропоток. Пассажиропоток характеризуется мощностью и является случайной величиной, которая изменяется как от времени, так и от расстояния от начального пункта маршрута (т. е. на различных перегонах маршрута она меняется). Также пассажиропоток изменяется и от направления движения по маршруту (прямое и обратное направление). Данные о мощности пассажиропотока используются для выбора транспорта необходимой вместимости и определения оптимального количества транспортных средств, обеспечивающих рациональную эффективность их использования и высокий уровень обслуживания пассажиров. Систематически собираемая и анализируемая информация о величине пассажиропотока на маршруте является исходной базой для таких расчетов, которые должна постоянно проводить диспетчерская служба.

Автоматический сбор сведений о пассажиропотоках возможен только в автоматических транспортных системах [7]–[9], однако их пока нет. Поэтому актуальной остается задача сбора информации о пассажиропотоках в традиционных городских транспортных системах.

**Постановка задачи.** Поставлена цель обеспечить органы управления городским пассажирским транспортом всех уровней аналитической информацией о фактических объемах и динамике пассажиропотоков на городских и пригородных маршрутах. Это необходимо для оценки текущего состояния перевозок и определения объективных потребностей населения в этом виде услуг.

Система подсчета пассажиров (СПП) заменяет традиционные ручные методы обследования пассажиропотоков. Для сбора исходных данных о числе входящих и выходящих на остановках пассажиров применяются современные технологии автоматического подсчета на основе использования стереокамер, которые устанавливаются в салонах пассажирских транспортных средств (автобусов, троллейбусов, трамваев).

Будет спроектирован и разработан опытный образец системы для подсчета пассажиропотока с использованием инновационной технологии. СПП предназначены для эксплуатации их в режиме реального времени (статистика формируется прямо на борту автобуса, троллейбуса, трамвая).

Целью анализа пассажиропотоков является информационное обеспечение мероприятий, направленных на повышение качества обслуживания пассажиров и эффективности оказываемых услуг.

Полученная информация о пассажиропотоке должна быть пригодной для использования в программном обеспечении (ПО) для оптимизации маршрутов транспортных средств, коммерческого учета числа перевезенных пассажиров, улучшения фискального контроля перевезенных пассажиров, прогнозирования и планирования пассажиропотока на общественном транспорте на основе полученных данных СПП, рекомендаций диспетчеру по эффективному использованию пассажирского транспорта по маршрутам.

**Основная часть.** Для сбора входных данных о пассажиропотоке используется видеорегистратор, который крепится над входом в автобус. Производится запись входа и выхода пассажиров в промежуток времени  $[t_0 - t_3]$ , где  $t_0$  и  $t_3$  – открытие и закрытие дверей автобуса, соответственно. Главной задачей системы подсчета пассажиропотока является выделение на записи объектов, пассажиров и подсчет количества их входов и выходов. Задачу можно разбить на составляющие.

*Создание и модификация фона.* При работе с фоном важной деталью является его динамичность. Со временем фон загрязняется, а также на нем могут появляться инородные объекты, это может пагубно сказаться на выявление объектов. Поэтому использование статичного фона неуместно и необходимо предусмотреть изменение фона со временем. Данное изменение возможно организовать при помощи сигма-дельта-правила, которое можно представить следующими формулами:

$$\begin{aligned} B_t &= B_{t-1} + 1, \text{ если } B_{t-1} < I_t; \\ B_t &= B_{t-1} - 1, \text{ если } B_{t-1} > I_t, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $B_t$  – среднее значение пикселя фона в момент времени  $t$ ;  $I_t$  – значение пикселя кадра в момент времени  $t$ .

Пиксель не принадлежит к фону, если отклоняется он него на некоторое значение. Для оценки отклонения можно использовать среднеквадратичное отклонение, которое можно высчитать следующим образом:

$$\begin{aligned} v_t &= v_{t-1} + 1, \text{ если } v_{t-1} < Nd_t; \\ v_t &= v_{t-1} - 1, \text{ если } v_{t-1} > Nd_t, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $v_t$  – оценка среднеквадратичного отклонения в момент времени  $t$ ;  $d_t$  – отклонение значения пикселя кадра от среднего значения в данном кадре;  $N$  – коэффициент, определяющий максимальное несоответствие пикселя кадра среднеквадратичному значению пикселя фона.

Необходимо также учитывать, что объект, который считается инородным на изображении, может быть объектом интереса (пассажиром), тогда сливание его с фоном происходить не должно, и фон остается в покоящемся состоянии.

*Выявление движения.* Имея фон, данный пункт не вызывает трудностей. К движущимся пикселям можно причислить все пиксели, отклоняющиеся от среднего значения фона на значение, большее, чем среднеквадратичное отклонение, определенное в предыдущем пункте.

*Выявление объектов.* Выявление объектов происходит с использованием данных о движении и фоне. Для выявления контуров на изображении применяется алгоритм Канны, который выполняет следующие действия: убирает шум и лишние де-

тали, высчитывает градиент изображения, находит направления контуров и в конечном итоге создает изображение контуров. Среди контуров движущихся объектов распознаются и выделяются контуры человека. Информация о положении и форме объекта сохраняется для дальнейшего использования. Как упоминалось в пункте про выделение фона, если объект классифицируется как пассажир, модификация фона в данном регионе не производится.

*Прослеживание траектории движения объектов.* На основе сведений об объектах на изображении эти данные соотносятся с данными следующего кадра и выявляются соответствия между объектами на изображении. Траектории регистрируются как для объектов, распознанных как люди, так и для инородных объектов, пока последние не стали частью фона.

*Регистрация входа и выхода выявленных объектов.* Если распознанный объект проходит заданную линию входа, то он считается вошедшим в транспорт, если же выделенный пассажир выходит из области видимости через линию входа, то он считается вышедшим. Во время входа пассажира в транспорт объект может быть классифицирован не как пассажир, допустим из-за того, что на кадре доступна только его часть во время входа. Так как производится регистрация траекторий для каждого объекта, даже неклассифицированный пассажир имеет траекторию движения, по которой можно зарегистрировать вход в автобус.

**Заключение.** Анализ данных, полученных при помощи разработанной системы, позволит выявить пики пассажиропотока по всевозможным базисам: часам, дням, месяцам. Это, в свою очередь, даст возможность оптимизации транспортной системы города.

#### Литература

1. Анфилец, С. В. Анализ результатов моделирования транспортных потоков перед светофором / С. В. Анфилец, В. Н. Шуть // Восьмая междунар. науч.-техн. конф. : в 4 т. / БНТУ. – Минск, 2010. – Т. 3. – С. 111–112.
2. Оптимизация управления автотранспортом перед светофором в улично-дорожной сети города / В. Н. Шуть [и др.] // Вестн. БрГТУ // Физика, математика, информатика. – 2008. – № 5. – С. 110–112.
3. Шуть, В. Н. Функциональные зависимости в автотранспортном потоке и их характеристики / В. Н. Шуть // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения : межвуз. сб. науч. тр. – Хабаровск, 2008. – С. 84–91.
4. Касьяник, В. В. Видеодетектирование транспортных потоков / В. В. Касьяник, В. Н. Шуть // Восьмая междунар. науч.-техн. конф. : в 4 т. / БНТУ. – Минск, 2010. – Т. 3. – С. 110–111.
5. Сашко, А. Н. Оптимизация распределения автотранспортных потоков в пределах городской транспортной сети / А. Н. Сашко, В. Н. Шуть // Проблемы и перспективы развития евроазиатских транспортных систем : материалы Второй междунар. науч.-практ. конф., 11 мая 2010 г. / ЮУрГУ ; под ред. О. Н. Ларина, Ю. В. Рождественского. – Челябинск, 2010. – С. 204–20.
6. Anfilets, S. Evaluating The Effectiveness Of The Adaptive Control System In Brest Region / S. Anfilets, V. Shuts // International Congress Of Heavy Vehicles, Road Trains And Urban Transport. – Минск, 2010. – С. 222–226.
7. Shuts, V. Mobile Autonomous robots – a new type of city public transport / V. Shuts, V. Kasyanik // Transport and Telecommunication. – 2011. – V. 12, № 4. – P. 52–60.
8. Пролиско, Е. Е. Высокопроизводительный вид городского пассажирского транспорта на базе современных информационных технологий / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сб. науч. тр. по мат. междунар. заоч. науч.-практ. конф., Воронеж, 2016 г. / ВГЛУ. – Воронеж, 2016. – Т. 4, № 5, ч. 3. – С. 336–341.
9. Пролиско, Е. Е. Динамическая модель работы транспортной системы «ИНФОБУС» / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы : материалы науч.-техн. конф., Брест, 25–28 мая 2016 г. / БрГТУ. – Брест, 2016. – С. 49–54.