

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКА В ГОРОДСКОМ ТРАНСПОРТЕ**

В последние десятилетие количество автотранспорта в городах резко возросло, однако организация движения осталась прежней. "Пробки" на основных магистралях городов уже давно стали обычным явлением. В связи с этим остро стоит вопрос оптимального управления транспортными потоками в городах. В этих условиях правильное функционирование общественного транспорта нарушается и становится неэффективным. Таким образом, общественный транспорт требует особых условий движения, например, движение по выделенной полосе. Наряду с этим он обязан иметь рационально построенную сеть. Характеристикой, определяющей эффективность работы общественного транспорта, является пассажиропоток.

Пассажиропоток является случайной величиной, которая зависит от многих параметров, а именно:

- времени суток;
- расстояния от начального пункта маршрута (т. е. на различных перегонах маршрута эта величина принимает разные значения);
- направление движения по маршруту (прямое и обратное направление).

Данные о мощности пассажиропотока используются для выбора транспорта необходимой вместимости, определения оптимального количества транспортных средств на маршруте в разное время суток и для составления наиболее подходящего графика прибытия транспортных средств на различные остановочные пункты. Это обеспечивает рациональность и 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 регулярно проводить диспетчерская служба для адаптации режима работы общественного транспорта под различные тенденции изменения пассажиропотока с течением времени.

Автоматический сбор сведений о пассажиропотоках возможен только в автоматизированных транспортных системах. Но реально существующих примеров полностью автоматизированных транспортных систем пока не существует. Поэтому актуальной остаётся задача сбора информации о пассажиропотоках в традиционных городских транспортных системах.

На сегодняшний день существует не один подход к решению поставленной задачи: турникетный способ, инфракрасные датчики, нажимные датчики. Каждый из этих методов имеет свои существенные недостатки. Турникетный способ в значительной степени замедляет процесс посадки/высадки пассажиров, что приводит к продолжительным остановкам транспортных средств на остановочных пунктах, что в свою очередь приводит к снижению качества обслуживания, т. к. пассажиры будут вынуждены тратить намного больше времени на переезд из одной точки в другую. Метод с использованием инфракрасных датчиков требует закупки качественных точных и, как следствие, дорогих, устройств. К тому же, правильная работа данных устройств зависит от благоприятных погодных условий. Соответственно, объективные данные такой метод будет предоставлять только при подходящих погодных условиях, что не является приемлемым. Идея использования нажимных датчиков невероятно труд-

но реализуема, т. к. при достаточно мощном пассажиропотоке, когда из автобуса выходят много людей, измерять их количество практически невозможно. Вдобавок, данный датчик не даёт информации о направлении движения людей. Для получения такой информации, эти датчики должны иметь очень большую точность и плотность точек отслеживания для определения формы стопы, и, как следствие, направления движения. Это потребует колоссальных затрат на разработку и производство таких устройств. В данной статье рассмотрен подход, основанный на анализе видеозаписей, выполненных на камеры, установленные в салоне автобуса.

Подходы к анализу видео и нахождению на нем объектов можно отнести к двум категориям: алгоритмические и интеллектуальные. Первые используют «статические» алгоритмы анализа видеокadres. К таким подходам относятся: удаление фона(background subtraction), выделение контуров методом Кенни (Canny edge detection), анализ результатов применения фильтра Лапласа(Laplace filter), анализ оптического потока(optical flow analysis) и др. Вторые же используют методы машинного обучения, а именно свёрточные нейронные сети. Этот подход нельзя назвать статичным, так как в отличие от алгоритмических подходов точность тут зависит от качества обучения сети, а потому результаты могут изменяться даже в рамках одной архитектуры.

В предлагаемом методе подсчета пассажиров можно выделить следующие пункты:

1. Детектирование объектов.
2. Отбрасывание объектов всех классов, кроме тех, что помечены как «человек».
3. Сохранение информации об обнаруженном человеке, а именно его положение на видеокadre.
4. Дальнейшее отслеживание детектируемых объектов.
5. Повторное обнаружение объектов через некоторый период времени.

Первым шагом работы алгоритма является детектирование объектов при помощи глубокой нейронной сети под названием YOLO. Данная архитектура на данный момент является одной из лидирующих в сфере распознавания объектов. Название сети является сокращением от английской фразы “Ты смотришь лишь раз” (You Only Look Once). В этой фразе скрыт основной принцип работы сети. В отличие от других существующих аналогов, таких как сети вида R-CNN, где для одного и того же изображения должно производиться многократное пропускание через сеть, оценивание входного изображения в сети YOLO из-за особенностей подхода к распознаванию производится лишь один раз. Это обеспечивает высокую скорость работы алгоритма. Данная сеть способна распознавать большое количество различных классов объектов, поэтому полученные данные необходимо отфильтровать, выбрав только объекты интереса, которыми в данном случае являются пассажиры (label “person”).

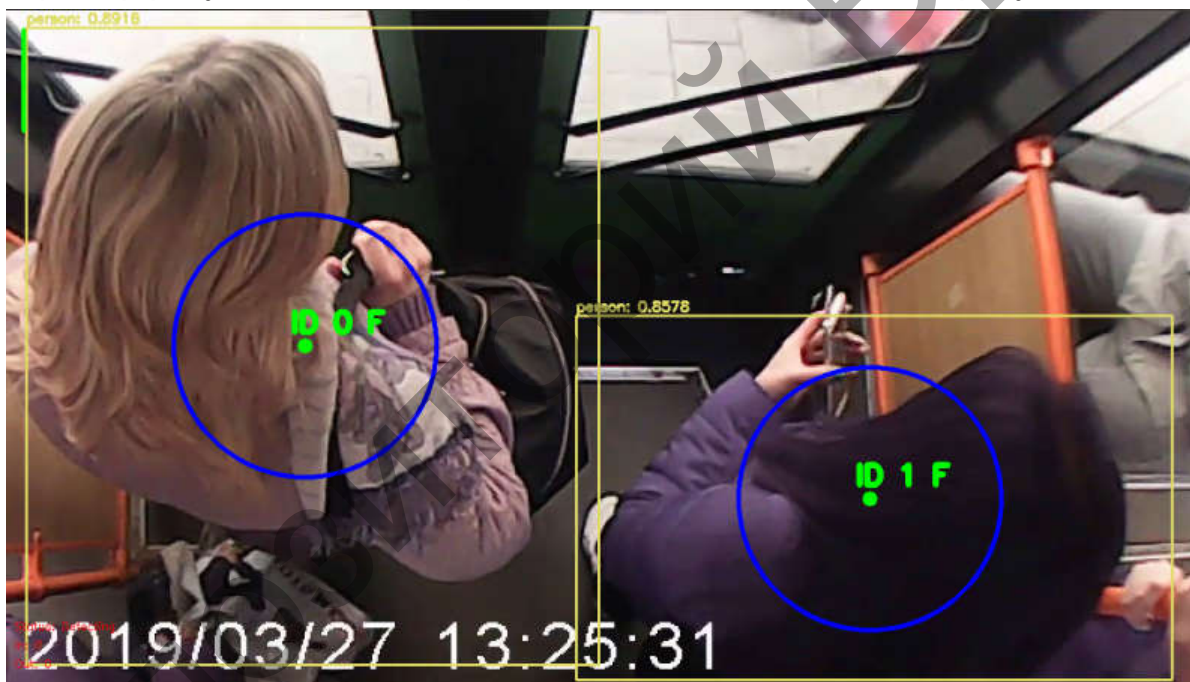
Используя рассмотренную выше сеть, можно с достаточной точностью распознать на кадре человека, но, даже несмотря на сравнительно высокую скорость работы алгоритма, использование лишь детектирования для отслеживания объектов является плохим выбором с точки зрения производительности. Использование же алгоритмов отслеживания ROI вызовет минимальные потери точности, но даст ощутимый прирост производительности, что является критичным фактором при обработке большого массива данных. Отслеживание не требует тщательного анализа каждого кадра и является сравнительно быстрой процедурой. Принцип работы строится на задании области объекта на одном кадре и его нахождении на последующих. Это позволяет отслеживать изменение положения объекта от кадра к кадру.

Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки, но использование их в рамках одной системы помогает нивелировать недостатки обоих. Информация об объектах представляется в виде координат прямоугольных областей, в которых был обнаружен объект, что не является удобным форматом хранения положения на кадре, так как области могут менять свои размер и форму с течением времени. Поэтому для работы удобнее использовать координаты центроидов для каждой полученной прямоугольной области, так как даже при деформации формы объекта, его центр в большинстве случаев остается статичным.

Вычислив координаты центроидов объектов, найденных на текущем и предыдущем кадре, программа сопоставляет их и находит связи между ними на основе специальных алгоритмов, после чего присваивает им уникальные ID. Таким образом, система “воспринимает” одинаковый объект на разных кадрах в самом деле как один и тот же объект.

Последним пунктом в решении задачи сбора информации о пассажирах является анализ передвижения найденных центроидов. На основе истории передвижений каждого объекта система причисляет его к вошедшим или вышедшим, а после обработки массива данных составляется необходимая статистика, на что и была нацелена разработка.

Пример результата детектирования можно наблюдать на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Демонстрация работы детектирования**

Данные, полученные при помощи разработанной системы помогут скорректировать работу транспортной сети таким образом, чтобы максимизировать прибыль и минимизировать убытки транспортных компаний, а также помогут значительно улучшить имеющийся экологический фон городов.

#### **Список цитированных источников**

1. Алгоритмы планирования траектории мобильного робота в неизвестной динамической среде / А. А. Большаков, М. Ф. Степанов, А. М. Степанов, Ю. А. Ульянина. – М., 2003.
2. Интеллектуальные транспортные системы в дорожном движении / В. Г. Кочерга. – М., 2001.
3. Информационные технологии в управлении / А. А. Полякову. – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2007.