

**УДК 339.54.012**

**Малышев Евгений Сергеевич**, магистрант факультета информационных технологий и анализа данных, ФГБОУ ВО РАНХиГС, Москва

## **ПРОБЛЕМА АНОНИМНОГО ПОДСЧЕТА ПАССАЖИРОВ В ОБЩЕСТВЕННОМ ТРАНСПОРТЕ**

### **Аннотация**

В статье рассматривается проблема двойного подсчета пассажиров в системах многокамерного мониторинга пассажиропотока на основе видеонаблюдения. В таких условиях один и тот же человек может наблюдаться с разных ракурсов и ошибочно учитываться системой несколько раз. Проанализированы распространенные подходы к устранению дубликатов и показаны их ограничения по ресурсоемкости и приватности. Предложен анонимный метод исключения повторного учета на базе нейросетевого детектирования, трекинга и краткоживущих цифровых сигнатур (эмбеддингов), позволяющий сопоставлять наблюдения одного пассажира между камерами без установления личности.

### **Annotation**

The article addresses the problem of double counting passengers in multi-camera passenger flow monitoring systems based on video surveillance. In such conditions, the same person may be observed from different angles and mistakenly counted multiple times by the system. Common approaches to eliminating duplicates are analyzed, and their limitations in terms of computational cost and privacy are shown. An anonymous method is proposed to prevent repeated counting, based on neural-network detection, tracking, and short-lived digital signatures (embeddings), enabling the system to match observations of the same passenger across cameras without establishing identity.

**Ключевые слова:** пассажиропоток; компьютерное зрение; многокамерное наблюдение; трекинг объектов; эмбединги; анонимность.

**Keywords:** passenger flow; computer vision; multi-camera monitoring; multi-object tracking; embeddings; privacy.

В современных системах видеомониторинга пассажиропотока одной из ключевых задач является исключение двойного подсчета одного и того же пассажира. В салоне общественного транспорта обычно установлено несколько камер наблюдения с перекрывающимися секторами обзора, что вызывает риск повторного учета: один и тот же человек может появиться на нескольких камерах и быть посчитан несколько раз [1]. Типичные причины дублирования включают различия ракурсов, из-за которых система распознает одного человека как разных при смене угла обзора или пересечении траекторий пассажиров, что может приводить к сбоям. Если суммировать детекции со всех камер без специальной обработки, двойной подсчет неизбежен [2].

Существует несколько подходов к решению этой проблемы. Одним из вариантов является построение единой 3D-сцены путем совмещения обзоров камер или установки дополнительных сенсоров. Теоретически, зная пространственные координаты изображения, можно вычислять положение пассажиров в метрическом пространстве салона и сопоставлять объекты с разных камер. Такой подход во многом решает проблему наложений и позволяет напрямую получать число уникальных объектов. Однако данный способ неэффективен по ресурсам и сложен во внедрении [1].

Другой путь устранить дублирование – идентификация каждого пассажира с последующим учетом личностей. Тем не менее, такой метод нарушает требование анонимности и конфиденциальности. Более того, при смене ракурса, освещения или частичном закрытии лица точность прямой идентификации падает – один и тот же пассажир, может быть, не распознан системой, что снова приведет к его двойному учету [3].

Таким образом, требуется способ, который одновременно сохраняет анонимность, устойчив к изменению ракурса и частичным перекрытиям, технологически прост для внедрения, предотвращает повторный учет одного человека, попавшего в разные камеры.

На основе анализа современных подходов предлагается следующее решение проблемы двойного подсчета, а именно применение нейросетевого трекинга с короткоживущими уникальными цифровыми сигнатурами (эмбедингами) для каждого пассажира [4]. Данный способ сможет решить проблему двойного подсчета путем сравнения эмбедингов найденных пассажиров с разных ракурсов камер наблюдения. Он не требует больших вычислительных ресурсов, как подход с созданием 3D-сцены, прост во внедрении, так как не зависит от расположения камер и пространства внутри транспортного средства, а также полностью анонимен, ведь временный эмбединг присваивается изображению пассажира, а не конкретной личности.

Алгоритм работает в реальном времени и условно состоит из следующих этапов:

1. На каждом кадре видеопотока выполняется обнаружение людей с помощью детектора объектов, например YOLO или Faster R-CNN. Нейросеть выделяет границы фигур пассажиров на изображении с высокой точностью даже в сложных условиях освещения и частичных перекрытиях. Современные детекторы обеспечивают точность обнаружения, близкую к 92–99% [5].
2. Для каждого обнаруженного человека вычисляется эмбединг с помощью нейросетевой модели. Этот эмбединг представляет собою сжатое описание визуального облика пассажира и служит своего рода «отпечатком», но без привязки к личности.
3. На основе эмбедингов система проводит сопоставление текущих детекций с ранее наблюдавшимися. Если новый вектор признаков близок к какому-либо сохраненному в базе активных треков, пассажир распознается как уже учтенный – тогда обновляются координаты его

траектории, и повторный счет не происходит. Если же эмбединг не похож ни на один из существующих, создается новый трек, считающийся новым пассажиром.

4. На основе полученных данных производится точный подсчет. В каждый момент времени известно текущее число людей в салоне, а за поездку фиксируется общее количество уникальных пассажиров. Даже если человек появился на нескольких камерах, он учитывается как одна сущность. Таким образом, каждый пассажир присутствует в статистике ровно один раз.

В результате сформулированный анонимный метод предотвращения повторного учета пассажиров в многокамерном салоне, основан на сопоставлении краткоживущих сигнатур. В отличие от 3D-подходов, он не требует построения пространственной модели салона и сложной калибровки. А также не предполагает распознавание личности как методы персональной идентификации: эмбединги используются только для технической ассоциации наблюдений в пределах ограниченного интервала и не предназначены для долговременного хранения идентификаторов.

Ключевое преимущество подхода – баланс между точностью учета и приватностью: система стремится к подсчету уникальных пассажиров, но не раскрывает их идентичность. При этом на практике следует учитывать ограничения качества видеоданных. Ошибки возможны при сильных перекрытиях, резких изменениях освещения или при недостаточном разрешении камер. Снизить риск ложных объединений разных людей в одного пассажира помогает настройка порога сходства, использование нескольких кадров для подтверждения совпадения и ограничение времени жизни сигнатур, чтобы исключить нежелательные сопоставления.

Двойной подсчет пассажиров является естественной проблемой многокамерного видеомониторинга в салоне транспорта при перекрывающихся полях обзора. Предложенный подход на базе детекции, трекинга и сопоставления краткоживущих эмбедингов позволяет устранять дубли без

построения 3D-сцены и без персональной идентификации. Метод может рассматриваться как практический компромисс между простотой внедрения, вычислительной реализуемостью и соблюдением требования анонимности.

### Литература

1. *Radovan A., Mršić L., Đambić G., Mihaljević B.* A Review of Passenger Counting in Public Transport Concepts with Solution Proposal Based on Image Processing and Machine Learning // Eng. – 2024. – Vol. 5. – Art. 172. – DOI: 10.3390/eng5040172
2. *Lin H.-Y., Kao S.-F., Wang C.-C.* A Passenger Detection and Action Recognition System for Public Transport Vehicles // Journal of Intelligent & Robotic Systems. – 2024. – Vol. 110. – Article 155. – DOI: 10.1007/s10846-024-02194-0.
3. *Kortli Y., Jridi M., Al Falou A., Atri M.* Face Recognition Systems: A Survey // Sensors (Basel). – 2020. – Vol. 20, no. 2. – Article 342. – DOI: 10.3390/s20020342.
4. *Ye M., Shen J., Lin G., Xiang T., Shao L., Hoi S. C. H.* Deep Learning for Person Re-Identification: A Survey and Outlook // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2022. – Vol. 44, No. 6. – P. 2872–2893. – DOI: 10.1109/TPAMI.2021.3054775.
5. *Плахтий А.Д., Корчагин Д.С.* Обзор и выбор методов автоматизированного подсчета пассажиров на общественном наземном транспорте для эффективного управления перевозками // Вестник СибАДИ. 2025. Т. 22, №2. С. 238–247. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-2-238-247>

### Literature

1. *Radovan A., Mršić L., Đambić G., Mihaljević B.* A Review of Passenger Counting in Public Transport Concepts with Solution Proposal Based on Image Processing and Machine Learning. Eng. 2024;5:172. DOI: 10.3390/eng5040172.
2. *Lin H.-Y., Kao S.-F., Wang C.-C.* A Passenger Detection and Action Recognition System for Public Transport Vehicles. Journal of Intelligent & Robotic Systems. 2024;110:155. DOI: 10.1007/s10846-024-02194-0.

3. Kortli Y., Jridi M., Al Falou A., Atri M. Face Recognition Systems: A Survey. *Sensors (Basel)*. 2020;20(2):342. DOI: 10.3390/s20020342.
4. Ye M., Shen J., Lin G., Xiang T., Shao L., Hoi S. C. H. Deep Learning for Person Re-Identification: A Survey and Outlook. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2022;44(6):2872–2893. DOI: 10.1109/TPAMI.2021.3054775.
5. Plakhtii A. D., Korchagin D. S. Review and Selection of Methods for Automated Passenger Counting in Public Ground Transport for Efficient Transportation Management. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal (Vestnik SibADI)*. 2025;22(2):238–247. DOI: 10.26518/2071-7296-2025-22-2-238-247.