

О методе подсчета посетителей при наклонном расположении камеры*

С.С. Волкова

malysheva.svetlana.s@gmail.com

Вологодский государственный университет, Вологда, Россия

В работе рассматривается метод автоматического подсчета проходящих персон при наклонно расположенной камере. Метод основан на выделении лиц и контрольных точек и дальнейшим анализом траектории их движения. Показаны границы применимости метода и представлены экспериментальные результаты. Метод показывает высокую эффективность даже при большой плотности потока.

Ключевые слова: подсчет посетителей, обнаружение лиц, трекинг

About method of counting of visitors from the camera located slantwise*

S.S. Volkova

Vologda state unievrstity, Vologda, Russia

In this paper deals with the method of automatic counting visitors when analysing videoflow from the camera located slantwise. The method is based on faces and facial points detection in the flow and tracking the trajectory. The limits of applicability of the method are shown. The experimental results are presented. The method shows a high efficiency even at a hight flux density.

Keywords: counting of visitors, face detection, tracking

Введение

Задача подсчета посетителей является актуальной. Местом потенциального использования включают в себя торговый центр, метро, стадионы. Использование подобной системы позволяет увеличить безопасность объекта, а также проводить эффективный мониторинг движения потоков людей.

Методы подсчета посетителей можно разделить на две категории: механические и интеллектуальные [1]. Механические подразумевают использование специального оборудования, основывающегося на принципе отражения лучей от тела человека, либо по принципу прерывания луча. Подобные системы просты в установке и независимы от условий освещения, однако их эффективность падает при увеличении потока людей. Интеллектуальные системы используют анализ видеопотока, способны работать при достаточно плотном потоке людей и способны отличать человека от прочих предметов. Работа посвящена одному из методов интеллектуального подхода для подсчета проходящих людей.

Существующие подходы

В последнее время предложен ряд интеллектуальных методов, предназначенных для решения задачи подсчета посетителей. Основное направление данных работ — устойчивое моделирование фона для отслеживания перемещения объекта. В работе [3] авторы предлагают метод сегментации на основе двунаправленной гистограммы на разностном

изображении. Недостатком метода является возможность ошибки при подобию проекции другого движущегося объекта человеку. В работе [6] авторы используют нейронные сети для идентификации фона на каждом тестовом изображении. В работе [2] предложена схема подсчета при зенитном расположении камеры. Алгоритм основывается на анализе векторов движения и оценке их принадлежности объекту. В работе [5] предложена схема, основанная на построении ограничивающего прямоугольника вокруг каждой из персон. Все вышеупомянутые методы дают удовлетворительный результат при жестком задании условий, статичности фона и низкой плотности потока.

Другая группа интеллектуальных методов [4], [8] основывается на отслеживании головы и плеч людей как наиболее отличительных частей человеческого тела, что приводит к большей точности подсчета в случае большой плотности групп посетителей.

Предлагаемый подход основывается на отслеживании лиц людей в потоке и дальнейшим сопровождением и предсказанием траектории их движения, а также идентификация персон на соседних кадрах при невозможности адекватного отслеживания.

Требования к системе

Для того, чтобы позволить системе достичь производительности в реальном времени, мы налагаем ряд ограничений на видеопоследовательность:

— Последовательность кадров получается с использованием стационарной камеры с фиксированным фокусным расстоянием;

Работа опубликована при финансовой поддержке РФФИ, грант 15-07-20347.

- Люди двигаются по направлению к камере;
- Расположение камеры фиксировано, при этом точка пересечения оптической оси и плоскости земли проецируется на плоскость изображения;
- Лицо человека на кадре видимо и имеет размер не менее 100 пикселей

Графическое представление среды, удовлетворяющей условиям наблюдения, представлена на рис. 1. Следует отметить, что на способы движения и на условия исходного кадра ограничения не накладываются.

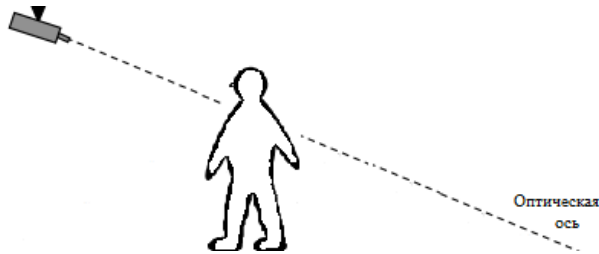


Рис. 1: Схема среды наблюдения, удовлетворяющая условиям эффективной работы метода.

Алгоритм подсчета посетителей

Предлагаемый подход основывается на анализе лица и антропометрических точек на каждом кадре видеопотока. Работа состоит из нескольких этапов: получение кадра; выделение лица и контрольных точек; проверка наличия персоны в очереди уже прошедших персон; обновление очереди персон.

При инициализации системы формируется очередь прошедших персон, которая обновляется при получении каждого кадра. При этом время жизни элемента в очереди фиксируется, что позволяет осуществлять учет персон, прошедших спустя некоторое время повторно.

Основной шаг работы — выделение лица и контрольных точек, который базируется на каскадах классификаторов на основе признаков Хаара [7], [10].

Следующий шаг — определение отношения найденных лиц к уже прошедшим персонам в очереди, который состоит из нескольких этапов: проверка по особой точке; экспоненциальное предсказание траектории; идентификация по корреляции (рис. 2).

Первый этап проверки — проверка по особой точке, включает в себя определение смещения каждой из точек лица на соседних кадрах. Если смещение контрольных точек лица не превышает допустимое отклонение — персона в очереди обнаружена и повторный ее учет не требуется. В случае превышения допустимого смещения производится переход на следующие шаги, которые необходимы в тех случаях, когда персона резко изменила положение

лица или в случае перекрытия персоны в плотном потоке людей.

Второй шаг — экспоненциальное предсказание траектории, который осуществляет предсказание положения точек лица каждого из элемента в очереди в следующий момент времени методом экспоненциального сглаживания по каждой из координат точки.

Экспоненциальное сглаживание временного ряда x_t осуществляется по следующей рекуррентной формуле:

$$S_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)S_{t-1}, \quad (1)$$

где S_t — значение экспоненциальной средней в момент t , а S_{t-1} — в момент $t-1$; $0 < \alpha < 1$ — параметр сглаживания.

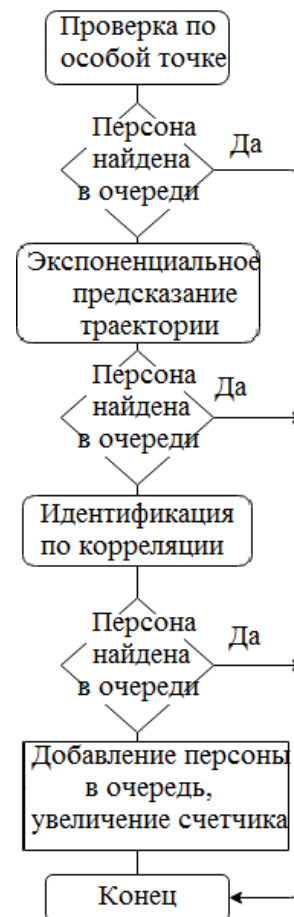


Рис. 2: Схема работы алгоритма поиска персоны в очереди уже прошедших персон.

$$S_t = S_{t-1} + \alpha(x_t - S_{t-1}) \quad (2)$$

Выражение (1) можно преобразовать к выражению (2), где экспоненциальная средняя в момент t выражена как экспоненциальная средняя предшествую-

щего момента S_{t-1} плюс доля α отклонения текущего наблюдения x_t от экспоненциальной средней S_{t-1} момента $t - 1$.

Последовательно используя (1), можно выразить экспоненциальную среднюю S_t через значение временного ряда:

$$S_t = \alpha \sum_{i=0}^{t-1} (1 - \alpha)^i x_{t-i} + (1 - \alpha)^t S_0, \quad (3)$$

где S_0 - начальные условия для первого применения (1) при $t = 1$.

Так как $1 - \alpha < 1$, то при $t \rightarrow \infty$ $(1 - \alpha)^t \rightarrow 0$ и, согласно (3), имеем

$$S_t = \alpha \sum_{i=0}^{t-1} (1 - \alpha)^i x_{t-i}, \quad (4)$$

т.е. S_t - взвешенная сумма всех членов ряда. При этом веса падают экспоненциально в зависимости от давности наблюдения [9].

В случае, когда координаты предсказанной точки отклоняются на допустимое значение от точки на кадре, персона считается в очереди найденной.

Для неидентифицированных по первым двум шагам лицам производится третий этап проверки — идентификация по корреляции.

Каждое из найденных лиц масштабируется к малому размеру, положение нормализуется согласно обнаруженных антропометрическим точкам.

Алгоритм корреляции двух лиц состоит из двух шагов — фильтрация изображения лица и подсчет коэффициента схожести.

Фильтрация позволяет частично избавиться от проблемы освещенности, а также устраняет мелкие шумы на изображении. Фильтр основывается на выравнивании гистограммы в скользящем окне, их суммирование и согласно выровненным значениям — выравнивание гистограммы яркости на суммарном изображении.

Коэффициент схожести вычисляется с использованием корреляции Пирсона, которая для изображений X и Y определяется как:

$$r_{XY} = \frac{cov_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y}, \quad (5)$$

где $\sigma_X \sigma_Y$ - стандартное отклонение яркости точек, cov_{XY} - ковариация.

Ковариация определяется как

$$cov_{XY} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}). \quad (6)$$

В случае если корреляция между двумя лицами превышает допустимый порог, персона считается в очереди обнаруженной.

В случае отсутствия лица в очереди персон на всех трех этапах, счетчик увеличивается, информация о персоне заносится в очередь.

Экспериментальные результаты

Для подсчета эффективности работы системы было проанализировано 5 видеороликов снятых с различных камер, длительность каждого составляла от 5 до 10 минут, число человек на каждом из кадров составляло от 0 до 10 человек. Пересечения траекторий персон в каждом из роликов содержатся. Для каждого ролика отмечалось количество реально прошедших людей человеком-экспертом и количество ответов системы. Эффективность определялась отношением количества верно подсчитанных проходов к количеству реально прошедших. Средняя эффективность по роликам составляет 89%. При этом в случае нечастого появления групп людей эффективность стремится к 100%.

Заключение

В работе представлен метод подсчета посетителей, показывающий высокую эффективность, при этом среднее время обработки одного кадра не превышает 50 мс., что позволяет осуществлять подсчет в режиме реального времени. Метод основывается на выделении лиц и контрольных точек, дальнейшего анализа изменения их положения и отслеживания траектории движения. Введение дополнительных шагов предсказания положения точек, а также подсчета корреляции между лицами позволяет учитывать проходы, независимо от наличия пересечений групп людей в плотном потоке.

Литература

- [1] *Barandiaran J., Murguia B., Boto F.* Real-Time People Counting Using Multiple Lines // Image Analysis for Multimedia Interactive Services, pp. 159 – 162, 2008.
- [2] *Chen C.H., Chang Y.C., Chen T.Y., Wang D.J.* People Counting System for Getting In/Out of a Bus Based on Video Processing // IEEE Computer Society, Eighth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, pp. 565-569, 2008.
- [3] *Honglian M., Huchuan L., Mingxiu Z.* A Real-time Effective System for Tracking Passing People Using a Single Camera // Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation, Chongqing, China, pp. 6173-6177, 2008.
- [4] *Huazhong Xu, Pei L., Lei M.* A People Counting System based on Head-shoulder Detection and Tracking in Surveillance Video // International Conference on Computer Design and Applications, pp. VI-394 –VI-398, 2010.
- [5] *Kim J. W., Choi K. S., Choi B. D., Ko S. J.* Real-time Vision-based people counting system for security door // International Technical Conference on Circuits/Systems Computers and Communications, pp. 1416-1419, 2002.

- [6] *Schofield A.J., Mehta P.A., Stonham T.J.* A System for Counting People in Video images using Neural Networks to identify the Background scene // Journal of Pattern Recognition, Vol. 29, Issue no. 8, pp. 1421-1428, 1996.
- [7] *Viola P., Jones M.* Rapid object detection using a boosted cascade of simple features.// Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. December 2001, vol. 1, pp. 1063-6919
- [8] *Xing J., Haizhou Ai, Liwei L., Shihong L.* Robust Crowd Counting Using Detection Flow// Image Processing (ICIP), 2011, 18th IEEE International Conference on, pp. 2061 - 2064 , 2011
- [9] *Назаров М.Г.* Курс социально-экономической статистики: Учебник для вузов// Под ред. проф. М.Г. Назарова. — М.: Финстатинформ, ЮНИТИ-ДАНА, 2000 - 771 с.
- [10] *Мальшева С.С.* Модифицированный алгоритм локализации элементов лица на основе метода Виолы-Джонса // Искусственный интеллект и принятие решений, №1, 2015. — С. 35-44