Р.А. Шаталин, П.Е. Овчинников, В.Р. Фидельман

МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ НЕХАРАКТЕРНОГО ПОВЕДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

(Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

За последние годы множество алгоритмов для обнаружения конкретных нештатных ситуаций было предложено и реализовано на основе строгих правил [1]. Их применение ограничено особыми требованиями к сцене или типам обнаруживаемых аномалий. Для устранения этих недостатков было предложено несколько статистических подходов к задаче видеонаблюдения. Одним из них является обнаружение нехарактерного поведения как отклонения от модели, сформированной на основе примеров нормального поведения.

В различных областях применения было предложено множество статистических методов для обнаружения подобных аномалий [2]. Одним из распространенных среди них является метод опорных векторов с одним классом [3]. Другим распространенным подходом к обнаружению аномалий является оценка характерных взаимозависимостей между признаками с помощью метода главных компонент [4].

В данной работе предложен метод обнаружения нехарактерного поведения, создающий модель нормального поведения путем вычисления главных компонент для набора векторов характеристик примеров. Для обнаружения аномального поведения используется невязка при проекции и обратной проекции вектора признаков на неполный набор векторов главных компонент.

Метод

Предлагаемый метод был реализован в виде алгоритма оценки аномальности поведения на видеоизображениях, который состоит из следующих этапов. Для каждого кадра видеопоследовательности объекты отделяются от фона сцены с помощью самоорганизующейся искусственной нейронной сети, предложенной в работе [5]. Параметры сети были выбраны с помощью критерия качества выделения фона на основе морфологических операторов [6]. Для каждого пикселя, принадлежащего объекту, оценивается скорость движения с помощью метода оценки оптического потока. Для компенсации влияния перспективной проекции методом плоской гомографии [7] рассчитываются вектора смещения – проекции векторов оптического потока на плоскость пола. В качестве вектора характеристик движения берется последовательность значений модулей векторов смещения для каждого пикселя на изображении.

Данный способ извлечения признаков поведения используется в предлагаемом методе следующим образом. На стадии обучения оператор указывает кадры, которые содержат только «нормальное» поведение. Для этих кадров извлекаются векторы признаков поведения и для получившегося набора векторов находятся главные компоненты. Ортонормированный набор из векторов главных компонент представляет собой модель нормального поведения. На стадии

анализа поведения в сцене текущий вектор характеристик поведения $\vec{F}$ проецируются на ортонормированный набор векторов главных компонент и проецируются обратно. Поскольку в общем случае такой набор векторов является неполным и не представляет собой базиса, то при таком преобразовании может быть потеряна некоторая составляющая вектора $\vec{F}$. Далее эта составляющая называется вектором невязки и её можно вычислить из следующего выражения:

$$\vec{R} = \vec{F} - \vec{P} \tag{1}$$

где $\vec{R}$ – вектор невязки, $\vec{F}$ – текущий вектор характеристик, $\vec{P}$ – вектор характеристик, полученный после проекции $\vec{F}$ на набор векторов главных компонент и проецирования обратно.

Одной из возможных оценок аномальности на основе вектора невязки $\vec{R}$ является относительная невязка, которая определяется следующим выражением:

$$r = \frac{\left|\vec{R}\right|}{\left|\vec{F}\right|} \tag{2}$$

где r – относительная невязка, $\left|\vec{R}\right|$ – норма вектора невязки, $\left|\vec{F}\right|$ – норма вектора характеристик поведения.

Другой возможной оценкой является максимальная невязка, которая представляет собой максимальное значение среди модулей компонент вектора $\vec{R}$. Хотя такая оценка аномальности является размерной и подвержена влиянию шума, она позволяет учесть только наибольшее отклонение от модели нормального поведения.

Для тестирования предлагаемого метода был также реализован алгоритм, где для обнаружения нехарактерного поведения используется метод опорных векторов с одним классом. При этом в качестве оценки аномальности текущего вектора характеристик поведения использовалось значение функции принятия решения [3].

Результаты экспериментов

Работа алгоритмов была проверена, как на видеозаписях лаборатории университета Калифорнии в Сан Диего (UCSD) [8], так и на экспериментально полученных видео. Видеозапись «Работа и ремонт» была сделана в компьютерном классе ННГУ. На нем в качестве нормального поведения была взята работа за компьютером, а в качестве нештатного – манипуляции с задней панелью системного блока. Видеозапись лаборатории UCSD содержит пешеходную улицу, обычная ходьба по которой была взята за нормальное поведение, а проезд транспортных средств – за нештатное. Из каждого видео бралось ограниченное число примеров нормального поведения, на которых обучались алгоритмы. Затем вычислялись значения оценок аномальности для всех кадров с нормальным и нештатным поведением из выбранного видео, на основе которых рассчитывались равные уровни ошибок. Параметры метода опорных векторов с одним классом были подобраны таким образом, чтобы минимизировать равный уровень ошибок.

Значения равных уровней ошибок для алгоритмов при разном количестве обучающих примеров приведены в таб. 1. Из табл. 1 видно, что для видео «Работа и ремонт» наименьший равный уровень ошибок был достигнут при использовании относительной невязки и составил около 2 процентов. При этом для видео лаборатории UCSD наилучший результат был достигнут при использовании максимальной невязки. Этот факт можно объяснить следующим образом. Для максимальной эффективности в сценах с большим количеством людей оценка аномальности должна учитывать только наибольшее отклонение от нормального поведения. Тем не менее, максимальная невязка чувствительна к шуму, что делает относительную невязку более надежной в простых сценах. Из этого следует, что выбор между двумя оценками зависит от количества объектов в сцене.

Таблица 1

Равные уровни ошибок для алгоритмов обнаружения нехарактерного поведения для видео «Работа и ремонт» и видео лаборатории UCSD

Название видео	Количество обучающих примеров	Метод опорных векторов с одним классом	Относительная невязка	Максимальная невязка
Работа и ремонт	3	9,9%	5,1%	8,6%
Работа и ремонт	5	4,1%	4,0%	8,4%
Работа и ремонт	7	3,1	1,8%	7,1%
UCSD	5	22,6%	49,6%	22,5%
UCSD	10	23,5%	52,6%	25,4%
UCSD	15	24,2%	49,1%	25,5%
UCSD	20	27,4%	50,6%	26,2%
UCSD	25	26,9%	48,8%	24,5%

Из табл. 1 видно, что равный уровень ошибок для метода опорных векторов с одним классом незначительно отличается от минимальных значений, причем оптимальные параметры данного метода были одинаковы для обеих видеозаписей. Из этого следует, что зависимость эффективности относительной и максимальной оценок от количества объектов в сцене является недостатком предлагаемого метода.

Из табл. 1 видно, что для видео лаборатории UCSD с ростом количества обучающих примеров наблюдается слабая тенденция к снижению равного уровня ошибок для максимальной невязки. Этот результат можно объяснить большим количеством движущихся объектов, что приводит к существенной вариации значения максимальной невязки между кадрами и неэффективности относительной невязки. При этом для видео «Работа и ремонт» с одним человеком увеличение количества обучающих примеров уменьшает равный уровень ошибок для максимальной и относительной невязки. На основе этого можно сделать вывод о способности предложенного алгоритма к обучению.

Выводы

В данной работе предложен метод обнаружений нехарактерного поведения на основе метода главных компонент. Метод составляет модель нормального поведения на основе примеров, что позволяет применить его в широком диапазоне условий. Для тестирования были реализованы алгоритмы оценки аномальности поведения в сцене на основе предложенного метода и метода опорных векторов с одним классом. Результаты экспериментов при разном количестве обучающих примеров свидетельствуют о способности предлагаемого метода к обучению. Показатели точности обоих методов в проведенных экспериментах совпадают в пределах величины. При этом наибольшей эффективностью для сцен с большим количеством движущихся объектов обладает максимальная невязка, а для простых сцен – относительная невязка. Данная зависимость от сложности сцены является недостатком предложенного метода в сравнении с методом опорных векторов. Дальнейшие исследования будут направлены на создание единой оценки аномальности.

Литература

1. Popoola, O. Video-Based Abnormal Human Behavior Recognition — A Review / O. Popoola, K. Wang // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, 2009, V. 39(5), P. 489-504.
2. Chandola, V. Anomaly detection: A survey / V. Chandola, A. Banerjee, V. Kumar // ACM Computing Surveys (CSUR), 2009, V. 41(3), 72 p.
3. Schölkopf, B. Estimating the support of a high-dimensional distribution / B. Schölkopf, J. Platt, J Shawe-Taylor, A. Smola, R. Williamson // Neural computation, 2001, V. 13(7), P. 1443-1471.
4. Jolliffe, I. Principal Component Analysis, Series: Springer Series in Statistic / I. Jolliffe // NY: Springer, 2002, 488 p.
5. Maddalena L. A Self-Organizing Approach to Background Subtraction for Visual Surveillance Application / L. Maddalena, A. Petrosino // IEEE Transactions on Image Processing, 2008, V. 17(7), P. 1168-1177.
6. Шаталин, Р.А. Критерий качества выделения фона с использованием морфологических операторов для задач обнаружения нештатных ситуаций / Р.А. Шаталин, П.Е. Овчинников // Системы управления и информационные технологии, 2014, Т. 56(2), С. 190-194.
7. Antonakaki, P. Detecting Abnormal Human behavior using Multiple Cameras / P. Antonakaki, D. Kosmopoulos, S. Perantonis // Signal Proccesing, 2009, V. 89(9), P. 1723-1738.
8. Mahadevan, V. Anomaly Detection and Localization in Crowded Scenes / V. Mahadevan, W. Li, V. Bhalodia, N. Vasconcelos // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2014, V. 36(1), P. 18-31.