

В.И. Жуков, В.С. Слепцов

(Московский государственный университет путей сообщения;
e-mail: sliptsov1990@mail.ru)

О ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ

В рамках антитеррористической программы предлагается создание централизованной системы видеонаблюдения в метрополитене.

Ключевые слова: метрополитен, комплексная система видеонаблюдения.

V.I. Zhukov, V.S. Sleptsov

ABOUT A CENTRALIZED SYSTEM OF VIDEO SURVEILLANCE IN METRO

Within the anti-terror program it is offered to create an integrated system of video surveillance in metro.

Key words: metro, integrated system of video surveillance.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 17 сентября 2015 г.

В Московском метрополитене установлено около 6 *тыс.* камер наружного наблюдения. Видеоинформация хранится 3 дня. Картинка мониторится 24 часа в режиме "online" в ситуационном центре управления милиции на Московском метрополитене на некоторых из 20-30 установленных на каждой станции камер, но при этом используется оптический кабель и видеосигнал представлен в аналоговом виде [1].

Разработка комплексной системы видеонаблюдения является необходимостью в рамках антитеррористической программы создания централизованной системы видеонаблюдения в метрополитене. Основное назначение системы:

- непрерывная или "тревожная" (в часы пик, при проведении массовых мероприятий и др.) видеозапись для контроля в режиме реального времени ситуаций на платформах, в вестибюлях, на эскалаторах, у входов на станцию, у касс и передача изображений от видеокамер на экран монитора дежурного по станции или в Центр мониторинга [2];

- автоматическое обнаружение оставленных вещей, бесхозных предметов в вагонах метро, на путях, на платформах станций, в переходах и извещение об этом соответствующих подразделений [2];

- детектирование определённых видов движения отдельных людей или потока пассажиров, их нестандартного, подозрительного поведения, а также автоматическое оповещение об этом дежурных служб (спасателей, полиции, скорой помощи) для предотвращения хулиганских выходок, попыток суицида, возникновения "живых пробок";

- автоматическая регистрация пассажиров у входов на станции, их идентификация для предотвращения прохода на территорию метрополитена "нежелательных лиц" [2];

- регистрация внештатных ситуаций, возникающих в результате задымления, утечек газа, и обеспечение реакции по ситуации: блокирование или разблокирование дверей, остановка эскалаторов, включение звуковой сигнализации;

- подсчёт пассажиров,двигающихся в том или ином направлении, в определенные часы, на станциях и переходах для сбора статистики, регулирования нагрузки, оптимизации работы служб метрополитена.

Далее приведена блок-схема алгоритма работы систем комплексного видеонаблюдения с применением видеоаналитики.

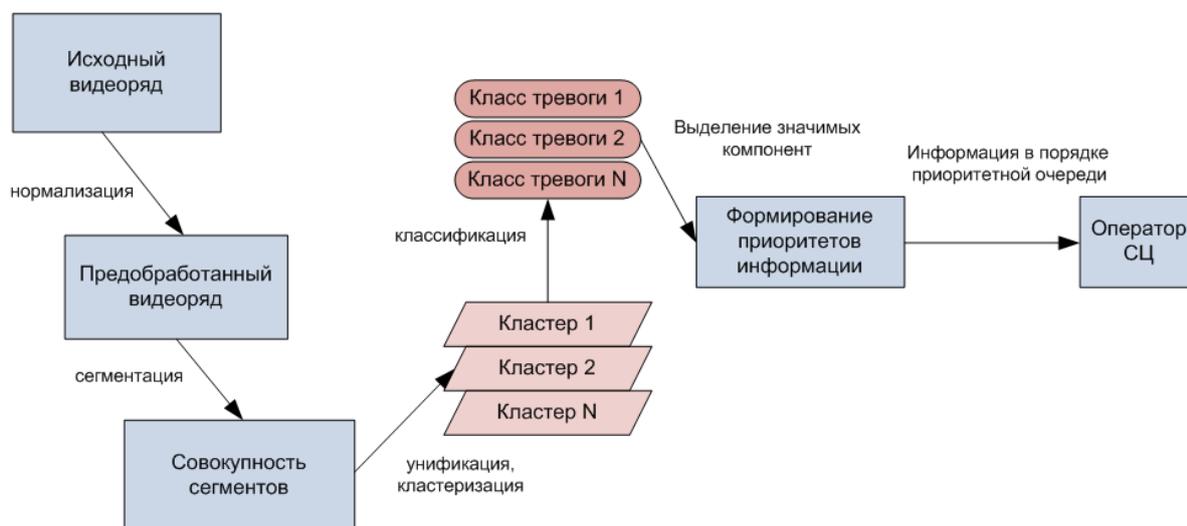


Рис. 1. Блок-схема алгоритма комплексного видеонаблюдения с применением видеоаналитики

Исходная видеоинформация поступает с камер непрерывным видеопотоком. Далее этот видеопоток разделяется на фрагменты с использованием видеоаналитики. Каждый фрагмент соответствует объекту или событию, которые представляют интерес для оператора. Алгоритмы видеоаналитики выделяют признаки каждого фрагмента, и по этим признакам каждому фрагменту назначается свой приоритет (степень важности). Далее все фрагменты можно поместить в приоритетную очередь и обрабатывать в порядке важности.

Ранжирование, необходимое для оптимизации реагирования в случае возникновения происшествия или ЧС в метрополитенах, при организации пассажироперевозок, может производиться на основе кластерного анализа единичных матриц событий. Технология ранжирования на основе кластерного анализа позволяет задавать приоритеты видеоинформации с разных источников (видеокамер) по важности, также позволяет задавать приоритет для событий, генерируемых модулями видеоаналитики. Такими событиями могут быть пересечение сигнальной линии, обнаружение пожара, детектирование праздничества, что обеспечивает большую гибкость работы оператора минимальными усилиями.

Цель кластерного анализа – на основании данных, содержащихся в некотором множестве X , разбить анализируемые объекты I на целое (m) число кластеров $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_m$ таким образом, чтобы объекты одного кластера были сходными, в разных кластерах были разнородными, в то же время каждый объект I_i принадлежал только одному подмножеству разбиения [3].

Таким образом, разбиения, удовлетворяющие некоторому критерию оптимальности, являются решением задачи кластерного анализа.

Целевой функцией может быть функционал, выражающий уровни желательности различных разбиений и группировок. В качестве целевой функции можно принять внутригрупповую сумму квадратов отклонения:

$$W = \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2 = \sum_{j=1}^n x_j^2 - \frac{1}{n} (\sum_{j=1}^n x_j)^2,$$

где x_j – это значения j -го события.

Определим понятия схождения и разнородности таким образом: i -й и j -й элементы попадут в один и тот же кластер, если расстояние между точками X_i и X_j будет относительно малым, в то время как элементы попадут в разные кластеры, если это расстояние будет достаточно большим. Иначе говоря, возможность попадания в одну или в разные группы объектов диктуется расстоянием между X_i и X_j из E_p , где E_p – евклидово p -мерное пространство.

Неотрицательная вещественнозначная функция $d(X_i, X_j)$ называется функцией расстояния (метрикой), если:

а) $d(X_i, X_j) \geq 0$, для всех X_i и X_j из E_p ;

б) $d(X_i, X_j) = 0$, при $X_i = X_j$;

в) $d(X_i, X_j) = d(X_j, X_i)$;

г) $d(X_i, X_j) \leq d(X_i, X_k) + d(X_k, X_j)$,

где X_i, X_j и X_k – любые три вектора из E_p [36].

В этом случае расстоянием между X_i и X_j будет $d(X_i, X_j)$, оно эквивалентно расстоянию между I_i и I_j соответственно выбранным характеристикам (F_1, F_2, \dots, F_p) .

Представим n измерений X_1, X_2, \dots, X_n в виде матрицы данных $p \times n$ [3]:

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{p1} & X_{p2} & \dots & X_{pn} \end{pmatrix} = (X_1, X_2, \dots, X_n).$$

Аналогичным образом расстояния между парами векторов $d(X_i, X_j)$ могут быть представлены в виде симметричной матрицы расстояний:

$$D = \begin{pmatrix} 0 & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & 0 & \dots & d_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{p1} & d_{p2} & \dots & 0 \end{pmatrix}.$$

Заметим, что диагональные элементы $d_{ii} = 0$ для $i = 1, 2, \dots, n$.

Функция $s(X_i, X_j) = s_{ij}$ будет называться мерой сходства в случае:

1) $0 \leq s(X_i, X_j) < 1$ при $X_i \neq X_j$;

2) $s(X_i, X_i) = 1$;

3) $s(X_i, X_j) = s(X_j, X_i)$.

Объединим пары значений мер сходства в матрицу сходства:

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & 1 & \dots & s_{2n} \\ s_{p1} & s_{p2} & \dots & 1 \end{pmatrix}.$$

В этом случае s_{ij} называют коэффициентом сходства. Если каждый вектор измерения X_i состоит из нулей и единиц, эту величину называют коэффициентом ассоциации или парным коэффициентом сопряженности [4].

Иерархические методы представляют собой процедуры создания последовательности вложенных разбиений, исходя из данных матрицы близости [4]. Представим объекты $I = (I_1, I_2, \dots, I_n)$ как множество кластеров $\{I_1\}, \{I_2\}, \dots, \{I_n\}$.

Выберем два из них, например, I_i и I_j , которые более близки друг к другу, и объединим их в один кластер.

Тогда новое множество кластеров будет размерности $n - 1$: $\{I_1\}, \{I_2\}, \dots, \{I_i, I_j\}, \dots, \{I_n\}$.

Повторяя процесс, получим последовательные множества кластеров: $(n - 2), (n - 3), (n - 4), \dots$. В итоге получим кластер, совпадающий с первоначальным множеством $I = (I_1, I_2, \dots, I_n)$ и состоящий из n объектов.

Эти методы предполагают, что каждый кластер описывается только одним центром (геометрический центр точек в K -средних или математическое ожидание кластера в методе максимизации ожидания), и этим центром является мода соответствующего распределения.

В качестве исходной информации для кластерного анализа используем единичные матрицы уязвимостей. Под единичными матрицами понимаются совокупности элементарных ячеек. Каждой ячейке присваивается весовая характеристика в зависимости от расположения на ней признаков уязвимости на основе имеющихся информационных ресурсов [5].

Для осуществления процедуры типологии анализируемых ячеек необходимо определить набор параметров, который предполагает: выбор показателей, весовых коэффициентов, метода обработки исходных данных, определяющей последовательности визуализации [6].

Видеоаналитика с ранжированием событий дает возможность более точно оценивать ситуацию и тем самым уменьшать время реагирования:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4,$$

где T – время реагирования;

t_1 – время от происшествия до принятия сигнала "опасное событие";

t_2 – время обработки входящей информации и анализа риска;

t_3 – время принятия решения;

t_4 – время ликвидации последствий.

**Сравнительная таблица времени от происшествия
до принятия сигнала "опасное событие"**

	Классическое видеонаблюдение	Видеоаналитика	Видеоаналитика с ранжированием событий
Время активной работы оператора	100 %	10,9 %	3,1 %
Среднее время реакции оператора	~ 10 с	~ 3 с	~ 5 с
Число пропущенных событий	60,7 %	1,5 %	0,0 %

Таким образом, на основе кластерного анализа время реагирования уменьшится на 50 % за счёт уменьшения времени от происшествия до принятия сигнала "опасное событие" и времени обработки информации и анализа риска, При этом снижаются требования к концентрации внимания оператора. Это приводит к уменьшению времени реакции оператора, а также практически исключает случаи пропуска важных событий.

Литература

1. <http://www.mosmetro.ru/about/information>.
2. **Дубченко Е.Г.** Правила технической эксплуатации метрополитенов Российской Федерации. 25.09.2001. 110 с.
3. **Власенко В.Д.** Кластерный анализ: методические указания к изучению курса и задания к лабораторным работам для студентов математических и экономических специальностей. Хабаровск: изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2006. 32 с.
4. **Chen C.H., Pau L.F., Wang P.S.P.** The Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision. World Scientific Publishing Co., 1998. 1004 p.
5. **Стратегия** управления риском. <http://risk.keldysh.ru/risk/g11.htm>.
6. **Nicholson A., Dalziell E.** Risk assessment and management: a road network reliability study // Transport Network Reliability. Proceedings of the 1st International Symposium on Transport Network Reliability (Instr). 2003. 245 p.