

# ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ НАРУШИТЕЛЯ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ОХРАННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*В. Е. Кононова, В. Н. Дюпин*

СарФТИ НИЯУ МИФИ, г. Саров Нижегородской обл.

## Введение

На сегодняшний день системы постоянного наблюдения за процессами, протекающими в окружающей среде (системы мониторинга) являются ключевым звеном в автоматизированных системах (АС) охраны объектов (ОО). АС ОО применяются для реализации систем антитеррора сотрудниками спецслужб (например, реализации системы охраны граждан при проведении чемпионата мира по футболу), а также реализации систем контроля преодоления и пересечения охраняемых зон в интересах частных юридических лиц (например, реализации системы охраны складов магазина).

Объектом исследования данной работы является система мониторинга (СМ) продовольственного магазина. Цель данной работы заключается в повышении автоматизации СМ в части выявления нарушителя и предупреждения противоправных действий нарушителя. Следует учесть, что основной проблемой при проектировании СМ является стохастический, слабо формализованный характер процессов, протекающих в АС ОО.

Для достижения цели данной работы необходимо решить следующий перечень задач:

- 1) определить объекты защиты и границы контролируемых зон;
- 2) формализовать модель поведения нарушителя;
- 3) классифицировать модель поведения;
- 4) реализовать модель противодействия нарушителю;
- 5) верифицировать имитационную модель.

## Определение объектов защиты и границ контролируемых зон

Охраняемое предприятие можно рассматривать как систему, состоящую из статических и динамических объектов. Статическими объектами являются товары магазина, подлежащие охране. Также к статическим объектам относится инвентарь магазина (стеллажи, кассы, корзины, рекламные плакаты и т. д.). Динамическими объектами являются посетители магазина (покупатели и нарушители) и рабочий персонал магазина (кассиры и охранники).

Задача охраны магазина сводится к предотвращению проноса посетителями магазина товаров мимо касс магазина. Для организации охраны магазина

вводятся понятия контролируемых зон магазина, включающих:

- 1) зону входа посетителей в магазин;
- 2) зону покупок;
- 3) зону выхода посетителей из магазина.

Зона входа посетителей в магазин является самой безопасной зоной. В этой зоне покупатели арендуют крупногабаритные корзины для покупок в магазине (габариты корзин подобраны оптимально с точки зрения объемов закупок в магазине и незаметного выноса корзины за территорию магазина). Наличие корзины у покупателя фиксируется охранником магазина как намерение покупателей приобрести товар в магазине.

Зона покупок – зона взаимодействия покупателя с товаром магазина. Зона покупок занимает основную площадь магазина и характеризуется умеренным уровнем угрозы для охраны магазина. В данной зоне охранники осуществляют контроль над поведением покупателей с целью выявления гипотетического нарушителя. Гипотетического нарушителя выделяет несвойственное поведение покупателя, например, беспокойная походка (покупатель постоянно оглядывается по сторонам), пронос товара магазина за подмышкой или в кармане. Следует учесть, что зона покупок может быть поделена на внутренние зоны контроля в зависимости от цены товара, расположенного на внутренних зонах.

Зона выхода покупателя из магазина – зона повышенного контроля системы безопасности магазина. Область пересечения зоны покупок и зоны выхода покупателя из магазина составляют торговые ряды касс магазина. Задача охранника в зоне выхода покупателя из магазина состоит в предотвращении проноса покупателя товара магазина мимо касс магазина.

## Формализация модели поведения нарушителя

Математическая модель поведения нарушителя представляет собой формализованное описание сценариев воздействия нарушителя на систему в виде логико-алгоритмической последовательности действий нарушителя, количественных значений, характеризующих результаты действий, и функциональных зависимостей, описывающих протекающие процессы взаимодействия нарушителя с элементами охраняемого объекта и системы охраны [1].

Поскольку человек является сложной, открытой, саморазвивающейся системой, то для формализации

модели его поведения применяют метод имитационного моделирования. Имитационное моделирование – метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему (построенная модель описывает процессы так, как они проходили бы в действительности), с которой проводятся эксперименты, с целью получения информации об этой системе. Модель поведения нарушителя в таком методе исследования называется имитационной моделью.

На первом этапе построения имитационной модели проводится сбор входных данных. Входными данными АС является последовательность изображений (кадров), которые поступают с видеокамер СМ через небольшие промежутки времени (видеопоток). Скорость видеопотока определяется отношением количества изображений, поступающих на сенсорную матрицу видеокамеры в единицу времени (от 3 – 30 изображений в секунду). Ниже представлены 2 кадра видеопотока на момент времени съемки первой секунды (рис. 1а) и второй секунды (рис. 1б).

На втором этапе осуществляется анализ соседних кадров видеопотока с целью отделения статической области кадра (области заднего фона) от области динамических объектов (посетителей магазина) кадра. На рис. 2 представлен результат отделения области динамического объекта от заднего плана для кадра рис. 1а (см. рис. 2).

На третьем этапе динамические объекты разбиваются на сегменты. Для получения сегментов у каждого объекта выделяется граница  $L$ . Границы объ-

ектов делятся на отрезки в соответствии со следующим алгоритмом:

- 1) выбирается самая верхняя точка кривой  $M^T$ ;
- 2) вычисляется направление нормали  $n^T$  в точке  $M^T$ ;
- 3) выполняется обход кривой  $L$  против часовой стрелки до точки, направление нормали в которой перпендикулярно  $n^T$ ;
- 4) выполняется обход кривой  $L$  по часовой стрелке с разбиением кривой на отрезки с условием, что направления нормалей на концах отрезков противоположны друг другу;
- 5) концы получившихся отрезков смыкаются, образуя сегмент объекта.

На четвертом этапе вычисляются центры сегментов динамических объектов, являющиеся характерными точками сегментов.

Поведенческие модели динамических объектов определяются динамикой движения центров сегментов этих объектов на кадрах видеопотока.

### Классификация модели поведения

Для реализации задачи классификации в АС ОО были введены эталонные модели поведения покупателей магазина, основанные на открытых наборах данных проекта BML Walker лаборатории «Bio motion», исследующей природу перцептивных представлений. На рисунках ниже представлены 4 фазы движения поведенческих моделей разозленного покупателя (рис. 3) и модели движения настороженного покупателя (рис. 4).



а



б



Рис. 2. Результат выделения области динамического объекта

Рис. 1. Кадры видеопотока: а – первая секунда съемки, б – вторая секунда съемки

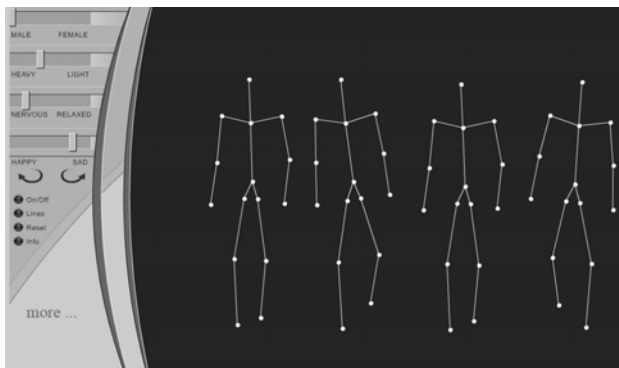


Рис. 3. Модель движения разозленного покупателя

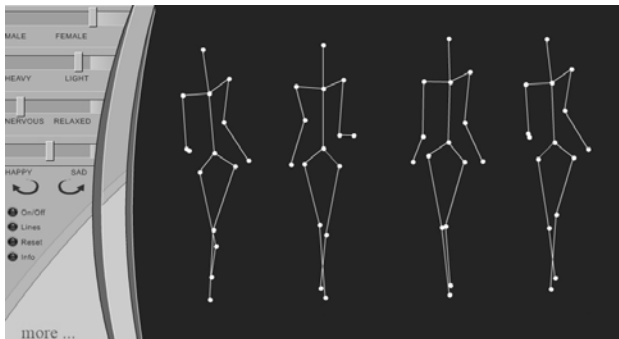


Рис. 4. Модель движения настроженного покупателя

Анализ движения характерных точек, расположенных на поверхности динамического объекта позволяет выдвигать гипотезы о физической форме исследуемого покупателя, его возрасте, весе, поле, настроении и т. д.

Классификация модели поведения сводится к сопоставлению характерных точек исследуемой модели точкам эталонных моделей. Алгоритм сопоставления точек моделей заключается в поэтапном наложении множества точек исследуемой модели  $M_0$  на множество точек эталонной модели  $M_i$  (где  $i$  – номер эталонной модели) и вычисления вероятности совпадения моделей  $P_i$ . Для вычисления  $P_i$  вокруг каждой точки  $m_k$  (где  $k$  – номер точки исследуемой модели) множества  $M_0$  вводится  $\epsilon$  окрестность и вычисляется отношение количества попадания  $s_i$  точек множества  $M_i$  в  $\epsilon$  окрестности точек множества  $M_0$  к общему количеству точек множества  $M_0$  [2].

### Реализация модели противодействия нарушителю

Реализация модели противодействия нарушителя правил АС ОО в контексте данной работы сводится к формализации правил взаимодействия между покупателем и охранником и заключается в построении продукционной модели знаний. Продукционные модели – это наиболее распространенные на текущий день модели представления знаний, где знания

описываются с помощью правил алгебры логики «если-то» (явление – реакция).

Преимущества применения продукционных моделей заключаются в двух тезисах:

1) оперирование простым и точным механизмом использования знаний, основанным на алгебре исчисления высказываний (Булевой алгебре);

2) представление знаний с высокой однородностью, описываемых по единому синтаксису.

Эти две отличительные черты определили широкое распространение методов представления знаний правилами. Программные средства, оперирующие со знаниями, представленными правилами, получили название продукционных систем (или систем продукции) и впервые были предложены Постом в 1941 году [3].

Общим для систем продукции является то, что они состоят из трех основных элементов:

1) набора правил, используемых как база знаний (БЗ), который чаще всего называют базой правил;

2) рабочей памяти – области хранящей предпосылки, касающиеся отдельных задач, а также результаты выводов, получаемых на основе этих предпосылок;

3) механизма логического вывода, использующего правила в соответствии с содержимым рабочей памяти.

Для демонстрации цепочки рассуждений в продукционной модели в работе представлен пример модели противодействия нарушителю.

Входными предпосылками модели противодействия являются утверждения вида «покупатель оглядывается по сторонам», «покупатель прячет товар за пазуху», «покупатель не взял корзину».

БЗ модели противодействия содержит 3 правила:

1) если покупатель нервничает, и покупатель прячет товар за пазуху, и покупатель не собирается совершать покупки, то покупатель является нарушителем;

2) если покупатель оглядывается по сторонам, то покупатель нервничает;

3) если покупатель не взял корзину, то покупатель не собирается совершать покупки;

4) если покупатель является нарушителем, то покупателя необходимо задержать.

На начальном этапе построения цепочки рассуждения входные предпосылки заносятся в рабочую память. Исходя из содержимого рабочей памяти, подтверждаются второе и третье правила БЗ. Результат подтверждения этих правил заносится в виде суждений «покупатель нервничает» и «покупатель не собирается совершать покупки» в БЗ. Содержимое рабочей памяти подтверждает первое правило БЗ, продуцирующее новое суждение в БЗ «покупатель является нарушителем». Совокупное содержимое рабочей памяти подтверждает четвертое правило БЗ, формирующее заключение «покупателя необходимо задержать».

Ниже представлена полная схема продукционной модели (рис. 5).

ток СМ, из которого АС ОО извлекает набор динамических объектов. Требуется разбить исходное



Рис. 5. Продукционная модель противодействия нарушителю

### Верификация имитационной модели

Для проверки имитационной модели поведения использовались пять видеотрепков из материалов мобильных репортеров, посвященных кражам в продуктовых магазинах. При тестировании имитационной модели в трех случаях АС ОО заподозрила посетителя магазина в противоправных действиях.

### Заключение

Таким образом, данная работа посвящена разработке имитационной модели нарушителя в системе мониторинга охранного предприятия, основанной на алгоритмах поиска и классификации динамических объектов в видеопотоке СМ, а также алгоритме реакции АС ОО на действия динамических объектов системы в соответствии с правилами продукционной модели. При такой постановке задачи дан видеопото-

множество объектов на классы поведения, т. е. для каждого объекта найти класс поведения, которому он принадлежит. В результате получения новой информации проводится анализ продукционной модели АС ОО, по итогам которого возможна коррекция существующих правил взаимодействия АС ОО с исследуемыми объектами.

### Литература

1. Локтев Д. А. Разработка и исследование методов определения параметров статичных и движущихся объектов в системе мониторинга: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17. М., 2015.
2. Семенов В. А. Теория вероятностей и математическая статистика. СПб.: Питер, 2013.
3. Спицын В. Г. Представление знаний в информационных системах. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.