

## ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

### Введение

В настоящее время проектированию систем безопасности (систем физической защиты) уделяется особое внимание. Наилучшее качество проектирования самих систем начинается с высокой эффективности их проектирования. Особо важные объекты (аэропорты, атомные электростанции, объекты нефтяной и газовой промышленности, участки государственной границы, ядерно-опасные объекты, метро и т. п.) во многом зависят от качества экспертных знаний, квалификации самих экспертов, качества организации и взаимодействия различных рабочих групп, участвующих в процессе проектирования, а также от качества самого процесса проектирования.

Решение задач анализа и синтеза систем физической защиты (СФЗ) осложняется рядом особенностей:

- сложная опосредованная связь показателей качества СФЗ и показателей качества информационной системы;
- необходимость учета большого числа показателей;
- преимущественно качественный характер показателей, учитываемых при анализе и синтезе СФЗ;
- существенная взаимосвязь этих требований, имеющих противоречивый характер;
- трудность получения исходных данных [1].

Такие особенности делают практически невозможным применение стандартного математического аппарата, в том числе теорию вероятности и математической статистики. Это привело к тому, что при проектировании СФЗ используется качественная экспертная информация для последующей обработки. Перспективным направлением разработки методов принятия решений при исходной экспертной информации является лингвистический подход на базе теории нечетких подмножеств и лингвистических переменных. Теория нечетких подмножеств имеет дело с экспертной информацией.

В настоящее время не существует единой системной классификации математических моделей функционирования СФЗ из-за ограниченного числа исходных данных. Приведем некоторые значимые модели:

1. Из всех множеств функционирования СФЗ выбраны наиболее серьезные: множество источников угроз, множество зон защиты объекта, множество инженерных средств охраны.

2. Модель категорирования объектов. Целью этой модели является обоснование достаточности качественных и количественных требований к уровню защищенности объекта. Может быть разложена на две модели — по степени потенциальной опасности в случае реализации угроз и по уязвимости.

3. Модель нарушителя выступает в двух ипостасях: предназначена для оценки уязвимости объекта и для задания уровня защищенности (некая зависимость результата от условий).

4. Модель оценки эффективности выполнения СФЗ функций обнаружения, задержки и нейтрализации.

В работе представлен краткий обзор применяемых математических средств в процессе проектирования СФЗ [2].

### 1. Модель объекта — граф

Основные функции СФЗ, о которых сказано выше (обнаружение, задержка, реагирование), характеризуются соответствующими параметрами-критериями: вероятностью, временем преодоления и временем реакции охраны.



Наиболее критичным из них является вероятность обнаружения, так как, если этот критерий не будет соблюден, все остальное может стать бессмысленным. Время реагирования сил охраны  $T$  определяет критическую точку обнаружения — это такая точка на маршруте нарушителя, после которой обнаружение несанкционированных действий (НСД) не позволит охране своевременно прибыть к месту перехвата. То же самое можно сказать на языке условия: в этой точке время реагирования сил охраны еще не больше минимального времени совершения НСД.

Модель нарушителя можно представить как совокупность стратегии действий нарушителя и матриц навыков: матрицу вероятностей  $P$  и матрицу времен  $T$  (1). Элементом матрицы вероятностей  $P_{ij}$  является вероятность обнаружения НСД при преодолении элемента СФЗ  $i$ -го типа, с использованием  $j$ -го навыка из набора навыков нарушителя [3].

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & \dots & p_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & \dots & p_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$T = \begin{pmatrix} t_{11} & \dots & t_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{m1} & \dots & t_{mn} \end{pmatrix}$$

Аналогично и для других критериев.

Таким образом, компоненты СФЗ можно описать матрицами. А сам объект можно представить в виде графа — матрицы смежности. Вершины графа — области на объекте, где совпадают три наши основные характеристики системы физической защиты.

Задача анализа СФЗ состоит в том, чтобы определить наличие таких путей, где вероятность своевременного обнаружения будет больше минимально заданной вероятности обнаружения.

Для решения такой задачи можно использовать алгоритм Дейкстры и найти все пути из множества точек начала движения — векторы определенного вида. Далее на каждом векторе находим критические точки обнаружения и сравниваем их сумму с временем реакции охраны в критической точке обнаружения. Сумма не должна превышать время реакции. Итоговая оценка вероятности своевременного обнаружения будет являться вероятностью обнаружения нарушителя до критической точки обнаружения (КТО) и рассчитывается по формуле (2):

$$T_{i\dot{a}} = 1 - \prod_{j=1}^k (1 - P_j) \quad (2)$$

Вероятность обнаружения  $P_j$  берется из матрицы вероятностей навыков нарушителя. Выбранная вероятность должна быть минимальной из всего набора вероятностей обнаружения НСД при преодолении элементов СФЗ в зоне однородности. При показателе вероятности не больше минимального найденная вероятность - путь - будет критической. По наличию или отсутствию критических путей делается вывод о достаточности или недостаточности мероприятия по физической защите объекта.

## 2. Система контроля и управления доступом в виде графа

На рис. 1 представлены области однородности с графом объекта [3].

Теория графов позволяет представить субъект доступа в системе контроля и управления доступом, так как субъект перемещается между зонами через точки доступа. Перемещения субъекта можно трактовать как ветви графа. В качестве вершин графа могут быть представлены или зоны, или точки доступа. Какой выбор сделать?



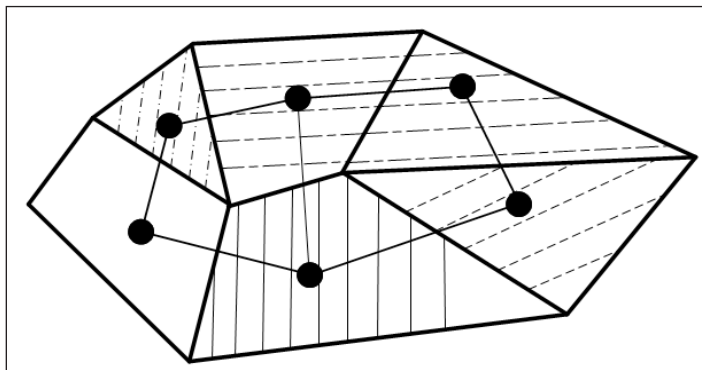


Рис. 1. Области однородности с графом объекта

Предположим, система контроля и управления доступом (СКУД) однозначно фиксирует факты регистрации в точках доступа. Но факты прохода через точку доступа могут не всегда регистрироваться. Поэтому в общем случае при регистрации субъекта доступа в точке доступа возникает неопределенность: где же реально находится субъект, в какой зоне? В качестве факта можно принять только то обстоятельство, что субъект зарегистрировался в  $i$ -й точке доступа. Таким образом, целесообразно выбрать в качестве вершин графа точки доступа.

В СКУД граф может быть:

- неориентированным, если точка доступа допускает корректные перемещения в любом направлении;
- ориентированным, если перемещение через точку доступа допускается только в одном направлении;
- смешанным.

Если граф можно нарисовать на плоскости так, что его ребра пересекаются только в вершинах, граф называется планарным. Основная часть СКУД может быть представлена именно такими графами.

Порядок графа определяется числом вершин, т. е. точек доступа [4].

Приведем пример объекта, имеющего 2 этажа, план которого показан на рис. 2.

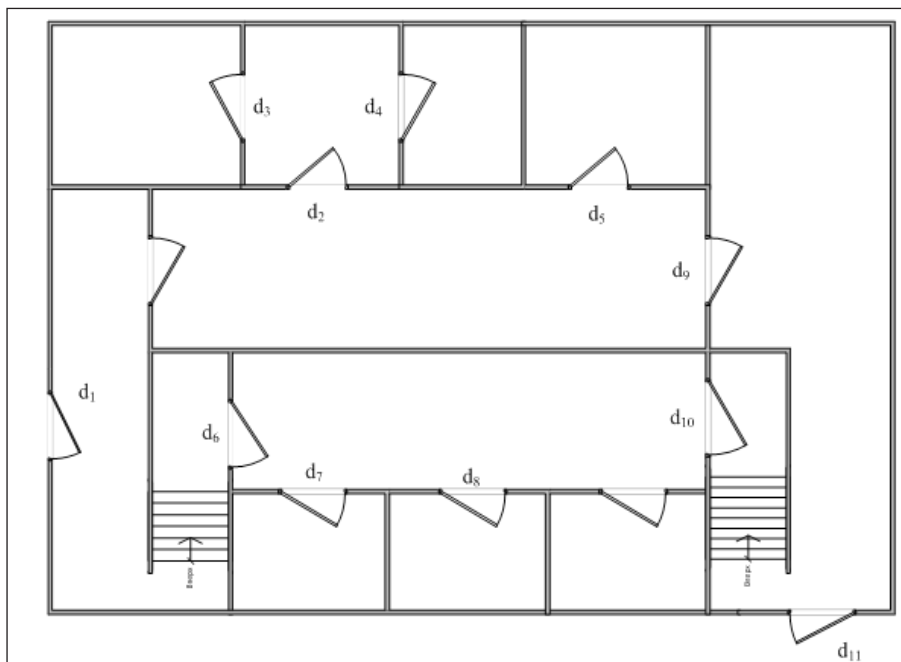


Рис. 2. План контролируемого объекта



А вот так может выглядеть граф, определяющий взаимосвязь точек доступа для этого помещения.

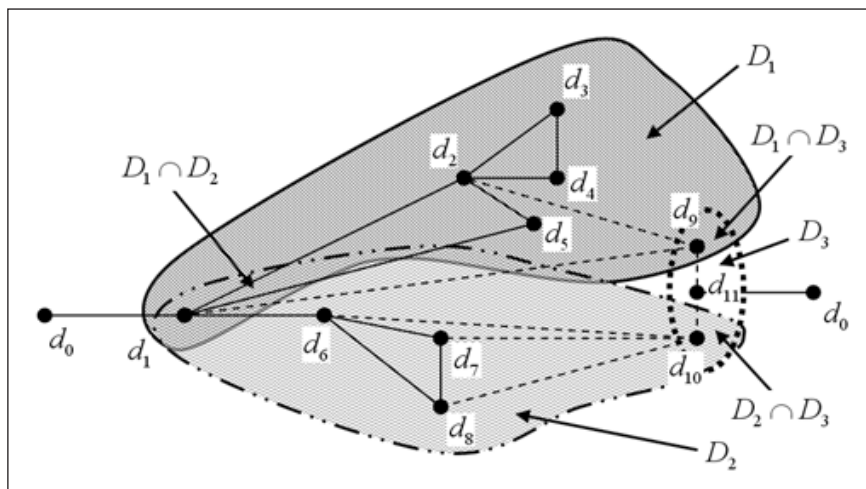


Рис. 3. Граф СКУД с параллельно связанными зонами

### 3. Методы нечеткой логики для разработки СФЗ

Неопределенность и недостаточность знаний об угрозах, которые могут воздействовать на объект, и, соответственно, типы нарушителей и способы их действия, наличие проблемы выбора наиболее информативных показателей защищенности объекта, необходимость анализа и оценки существенного количества составляющих ущерба, проблема получения достоверных исходных данных перерождены в профессиональное суждение, которое тоже может быть субъективным. Иными словами, все исходные данные основаны на нечетких экспертных оценках. А следует принять решение. Поддержка принятия решения реализована в виде ряда программных комплексов. Наиболее известными являются EASI и ASSESS [5].

EASI — простой и удобный метод оценки эффективности в СФЗ на заданном пути при определенных угрозах и состоянии самой системы. Модель рассчитывает вероятность прерывания, исходя из анализа взаимодействия обнаружения, задержки, реагирования.

ASSESS — последняя разработка Национальной лаборатории САНДИЯ, включающая самую современную методiku — учет угрозы изнутри. Используется в Министерстве энергетики США. Ранжируются пути нарушителя на предприятии по степени угрозы. Рассматривается возможность столкновения сил реагирования с нарушителями и определяется вероятность нейтрализации последних. Использован алгоритм EASI.

## 4. Модель работы СФЗ на основе четких множеств

### 4.1. С четкими соответствиями

Смысл модели состоит в том, что модель СФЗ рассматривается как взаимодействие конечного количества множеств, например, семи:

- множества источников угроз;
- множества зон объекта защиты;
- множества средств охраны;
- множества приоритетов угроз;
- множества важности зон объекта;
- множества эффективности средств защиты;
- множества стоимостей средств защиты.



Угроза — любое проявление намерения нанести любого рода вред.

Виды угроз — диверсия, терроризм, хищение материальных ценностей, хищение информации. Обозначим множество угроз  $X$ .

Возможность возникновения угрозы находится в зависимости, например, от внутривнутриполитической обстановки в регионе. Для каждого вида угроз можно определить приоритетность угрозы. Это множество обозначим  $R$ .

Объект обозначим как множество  $Y$  непересекающихся зон — потенциальных целей. Каждой зоне необходимо задать относительную важность —  $S$ . Множество средств защиты —  $Z$ . Множество стоимостей —  $T$ . Степени эффективности противостоять угрозам — множество  $L$ . Итак, каждому множеству ставятся в соответствие отображения.

Далее производится расчет соответствия и по полученным коэффициентам можно делать вывод о необходимых средствах защиты, которые должны быть установлены в каждой зоне объекта.

#### 4.2. С нечеткими соответствиями

Исходные данные — набор множеств — похожи на предыдущую задачу, но соответствия ставятся нечетко, так, например, множества угроз, зон объекта и элементов СФЗ могут образовывать композицию нечетких соответствий.

И в том, и в другом случае полученные результаты позволяют делать вывод о необходимых средствах защиты, которые должны быть установлены в каждой зоне объекта. При этом порог, меньше которого мы не можем применять средства СФЗ, определяется нами самими. Поэтому определенный элемент допущения присутствует и в моделях с четкими множествами.

### Заключение

Как видим, спектр используемых математических аппаратов для решения задач проектирования систем физической защиты достаточно широк и позволяет сделать выбор на наиболее приоритетном направлении, следуя профессиональному суждению. А опыт позволит скорректировать и это суждение. Такой итерационный процесс позволит постепенно выработать оптимальные и короткие пути решения задач СФЗ. Итак, все разнообразие применяемых математических методов в задачах проектирования СФЗ основано на профессиональном суждении, ряде допущений и условностей и процессе математического приближения к цели.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Боровский А. С., Тарасов А. Д. Использование методов нечеткой логики для моделирования объектов и процессов систем физической защиты // Материалы IV Международной научно-технической конференции ИТНОП-2010. С. 21–28. г. Орел. 2010.
2. Дураковский А. П., Крахмалев А. К. Интегрированные системы безопасности на основе биометрических технологий. Опыт применения // Бизнес и безопасность в России. 2011. Январь. № 57. С. 53–59.
3. Вергейчик А. В., Кушнир В. П. Моделирование систем физической защиты // Доклады ТУСУРа. 2008. Июнь. № 2 (18). Ч. 1. С. 7–8.
4. Волковицкий В. Д., Волхонский В. В. Системы контроля и управления доступом. СПб.: Экополис и культура, 2003. — 164 с.
5. Гарсия М. Проектирование и оценка систем физической защиты / Пер. с англ. Воропаева В. И., Зудина Е. Е., Костылева К. А., Баяндина Н. И.; под ред. Магауенова Р. Г. М.: МИР: ООО «Издательство АСТ», 2002. — 386 с.

